



M E M O R I A S

XVIII

S I M P O S I O

LATINOAMERICANO

DE CAFICULTURA

Costa Rica
1997



Icafe

IICA  IICAFOMECAFE



392

MEMORIAS DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE INSTITUTOS DE INVESTIGACION EN CAFECULTURA

IICA

MEMORIAS
XVIII
SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



IICA
BIBLIOTECA VENEZUELA
- 9 JUN 1999
RECIBIDO
Costa Rica

1997
BIBLIOTECA VENEZUELA
29 NOV. 2007

Icafe

IICA / IROMECAFE

IICA
SECRET A11SC9705

**1 XVIII SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA
MEMORIA**

Serie de ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos
ISSN-0253-4746 A1/SC-97-05
San José, Costa Rica
Setiembre 1997

Autor: *IICA/PROMECAFE*

Coordinación Editorial: *ICAFE*

Compiladores: *Echeverri Jorge
Zamora Luis*

Diagramación electrónica: *Editorama, S.A.*

Diseño de portada: *Neográfica*

Impresión offset: *Editorama, S.A.*

C010449



641.3373

S612m Simposio Latinoamericano de Caficultura (18a. : 1997 : San
José, Costa Rica)

Memorias. -- 1a. ed. -- San José, C. R.:

EDITORAMA, 1997.

542 p. : il. ; 25 cm. -- (Serie memorias)

A la cabeza de la portada: IICA, PROMECAFE

ISBN 9977-88-043-3

1. Café - América Latina. 2. Café - Enfermedades y
plagas. 3. Café - Congresos, conferencias, etc. 4. Café -
Cultivo. I. Título

Las ideas y planteamientos de las conferencias y artículos técnicos presentados en esta Memoria, son propios de los autores y no necesariamente representan el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA y el Instituto del Café de Costa Rica. Todos los documentos contenidos son reproducción idéntica de la presentada por los autores o expositores, en cuanto su contenido y redacción. Pueden ser reproducidos o citados dando el crédito correspondiente a sus autores, al PROMECAFE y al ICAFE de Costa Rica.

Hecho el depósito de ley

00002200

PRESENTACION

Nos es grato presentar este documento que constituye la memoria de conferencias magistrales, trabajos de investigación y conclusiones sobre el tema de sostenibilidad, relativos a la caficultura actual de latinoamérica y en especial de la región de Centroamérica, México, Jamaica y República Dominicana (PROMECAFE); los cuales fueron presentados en el XVIII Simposio sobre Caficultura Latinoamericano que tuvo lugar en San José, Costa Rica, del 16 al 18 de septiembre de 1997.

Este evento convocado por el Consejo Directivo de PROMECAFE fue organizado y realizado por el Instituto del Café de Costa Rica-ICAFE, a través de una comisión específica, contando con el apoyo de la Secretaría Ejecutiva de PROMECAFE, la Agencia de Cooperación Técnica del IICA en Costa Rica, de varias instituciones y empresas vinculadas a la caficultura, y con la participación de destacados especialistas quienes con sus presentaciones enriquecieron el acervo científico y tecnológico de la producción, comercio e industria moderna del café, todo lo cual contribuye significativamente al desarrollo de este importante rubro de la economía de la región.

Cabe destacar que el ICAFE a través de la Comisión Organizadora del Simposio ha tenido la acertada decisión de dedicar este foro al tema de "Competitividad y Calidad en Armonía con la Naturaleza", lo cual en verdad acredita la gran importancia que las instituciones cafetaleras miembros de PROMECAFE están asignando a la conservación de la base de recursos naturales que sustenta la caficultura, mediante sistemas de producción sostenibles, y al mejoramiento de la calidad y competitividad de los cafés suaves ofrecidos por nuestros países al mercado mundial del grano.

Esperamos por lo tanto que este foro, cuya memoria aquí presentamos, sea de utilidad y beneficio para quienes se dedican a las distintas actividades en la cadena productiva del café.

San José, Costa Rica. Septiembre 1997

José Roberto Hernández
Secretario Ejecutivo
PROMECAFE

INTRODUCCION

Para el Instituto del Café de Costa Rica, la organización del XVIII SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA, significó una experiencia llena de satisfacciones positivas.

Desde el momento que el Consejo Directivo de PROMECAFE ofreció a Costa Rica la organización de este evento, el ICAFE acogió con gran beneplácito el ofrecimiento y desde ese momento se formó una comisión interinstitucional para definir los objetivos que se deseaban alcanzar en esta relevante actividad.

Fue así que la organización se fijó los objetivos de ofrecer al sector cafetalero internacional y nacional un Simposio del más alto nivel en el cual se realizara una capacitación y actualización de los aspectos tecnológicos y de mercado más importantes de la caficultura mundial. Para lograr este objetivo, se invitaron a diferentes investigadores y profesionales relacionados con la generación tecnológica en materia cafetalera, a nivel mundial, a presentar sus resultados de investigación, para que fueran clasificados, revisados y seleccionados por la comisión científica que se formó para este fin.

Se recibieron más de cien trabajos y la selección no fue nada fácil, debido a la calidad e importancia de cada uno de ellos. Esta cantidad de información permitió que la selección realizada ofreciera un alto valor científico.

En la primera parte de esta memoria se presentan las charlas magistrales que se exponen en este evento y en la segunda parte, se presentan los artículos de los trabajos presentados en charla corta y poster clasificados según sus áreas temáticas.

Quisiéramos dejar constancia de nuestro agradecimiento a cada autor por el apoyo recibido al enviar sus trabajos y nuestras excusas para aquellos que, lamentablemente, no quedaron incluidos en las Memorias del Simposio.

Esperamos que este documento sirva no solo para seguir la presentación de los trabajos expuestos en el plenario como de aquellos incluidos en los poster, sino como una herramienta de consulta para los técnicos de los países cafetaleros.

Luis E. Zamora Quirós

**Jefe, Investigación y Transferencia de Tecnología en el Cultivo del Café
INSTITUTO DEL CAFE DE COSTA RICA**



TABLA DE CONTENIDO

	PAG.
PRESENTACION	III
INTRODUCCION	V
 I. CONFERENCIAS MAGISTRALES	
☉ APORTE DE LA CAFICULTURA AL DESARROLLO DE AMERICA LATINA.	3
- XVIII SYMPOSIUM LATINOAMERICAN OF COFFEE WORLD COFFEE ECONOMY: SITUATION AND OUTLOOK.	13
☉ BIOTECNOLOGIAS Y TECNICAS DE REPRODUCCION DE MATERIALES GENETICOS PROMISORIOS.	25
- EL BENEFICIADO ECOLOGICO DEL CAFE	51
- RESISTENCIA DE LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO AL ENDOSULEAN	65
 II. TRABAJOS DE INVESTIGACION	
MANEJO DEL CULTIVO:	
- MANEJO SELECTIVO DE MALEZAS PARA LA CONSERVACION DEL SUELO EN CAFE JOVEN: EVALUACION DE SISTEMAS QUIMICO/MECANICO Y MECANISMO SIN Y CON <i>Arachis pintoi</i>	85
- ESTUDIO DE SISTEMAS DE PODA TOTAL POR LOTE	93
- MODELAJE DE VARIOS SISTEMAS DE PODA DE CAFÉ: EFECTOS SOBRE EL PATRÓN DE PRODUCCIÓN	99
- EDAD DE INICIO DE LA PODA DEL CAFETO EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE CENTRAL (1000 m.s.n.m.)	105
- PRODUCCION Y CALIDAD DE ABONO PRODUCIDO POR MEDIO DE <i>Eisenia foetida</i> (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA), SU CAPACIDAD REPRODUCTIVA EN TRES DENSIDADES Y SEIS SUBSTRATOS	109
- ACUMULACION Y DESCOMPOSICION DE BIOMASA EN EL SUB-SISTEMA MALEZA BAJO TRES MANEJOS EN UN CAFETAL DEL PACIFICO DE NICARAGUA	115
- COMPORTAMIENTO DEL CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.); BAJO SISTEMA DE ASOCIO CON FRIJOL COMÚN (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.); EN CUATRO AÑOS DE ESTUDIO	125
- EVALUACION INTEGRAL DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CAFE EN VERACRUZ, MEXICO	135
- EVALUACION DE LAS EDADES PARA EL TRANSPLANTE DE ALMACIGO DE CAFE (<i>Coffea arabica</i>) CULTIVAR CATURRA	141
- ESTUDIO DE LA PODA DE BANDOLA A DOS ALTURAS DEL EJE ORTOTROPICO EN EL CAFETO	147
- EVALUACION DEL ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO INICIAL DE CUATRO ESPECIES MADERABLES ASOCIADAS CON CAFE	151
- EFECTOS DE SOMBRA DE ERYTHRINA POEPPIGIANA SOBRE COFFEA ARABICA VARS. CATURRA Y CATIMOR	157
 NUTRICION DEL CAFE:	
- EVALUACION DEL EFECTO DE LAS MICORRIZAS EN ALMACIGOS DE CAFE	165
- ESTUDIO DE SISTEMAS FERTILIZACIÓN ORGÁNICA VERSUS FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (COFFEA ARÁBICA) EN LA ZONA DE ALAJUELA	171
- EVALUACION DEL EFECTO DEL LOMBRICOMPOST DE BOVINO COMO ABONO EN ALMACIGO DE CAFE	177
- FERTILIZACION DE CAFE A PLENA EXPOSICION SOLAR Y CON SOMBRA REGULADA	183

- FACTORES NUTRICIONALES ASOCIADOS A LA EXPRESIÓN DE LA CORCHOSIS RADICAL EN CAFÉ	191
- EFECTO DE DOSIS Y FRACCIONAMIENTOS DEL NITROGENO EN EL RENDIMIENTO DEL CAFE (<i>Coffea arabica</i> L) EN 3 FINCAS DE NICARAGUA	205
- RESPUESTA DE LA ACIDEZ DE UN SUELO A LA APLICACIÓN DE HI-CAL-MAG EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFETO	211
- FUENTES Y EPOCAS DE APLICACION DE MAGNESIO EN CAFE (<i>Coffea arabica</i>)	215
- EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE POTASIO SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE Y LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES	219
- EVALUACION DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CULTIVADOS DE CAFE DEL CANTON DE ATENAS, COSTA RICA	223
GENETICA Y MEJORAMIENTO	
- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ENSAYOS REGIONALES POR EL MÉTODO DE MANDEL (1961) Y CRUZ MEDINA (1992) UNA HERRAMIENTA PARA SER UTILIZADA EN EXPERIMENTOS CON CAFÉ. (COFFEA SPP.)	231
- EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE VARIEDADES DE <i>Coffea canephora</i> y <i>Coffea libérica</i> PROCEDENTES DEL JARDÍN DE ESPECIES Y VARIEDADES DE PROCAFE (EL SALVADOR) Y CATIE (COSTA RICA)	239
- COMPARACION DE HIBRIDOS F1 CON VARIEDADES DE COFFEA ARABICA	245
- UTILIZACIÓN DE LA EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN MEDIO LÍQUIDO PARA LA PROPAGACIÓN MASAL DE LOS HÍBRIDOS F1 DE COFFEA ARABICA	253
- PRUEBA COMPARATIVA DE LAS CUALIDADES ORGANOLEPTICAS DE LA BEBIDA DEL CATIMOR T5175, VARIEDAD COSTA RICA 95, CATURRA Y CATUAI, EN OCHO REGIONES CAFETALERAS DE COSTA RICA	263
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS	
- CORCHOSIS DE LA RAIZ DEL CAFETO Y ALTERNATIVAS DE MANEJO	271
- CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS HONGOS DE SUELO EN CONDICIONES DE CAMPO EN CAFETALES ESTABLECIDOS	281
- PLANES DE MUESTREO NUMERICO Y BINOMIAL SECUENCIAL PARA EL DAÑO CAUSADO POR EL MINADOR DE LA HOJA DEL CAFETO EN GUATEMALA	287
- EVALUACION DE LA INTERACCION DEL NEMATODO <i>Meloidogyne</i> sp. CON EL HONGO <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp., EN EL SISTEMA CAFE	291
- "DETERMINACION DEL POTENCIAL DEPREDADOR Y PARASITARIO DEL CONTROLADOR BIOLÓGICO <i>Cephalonomia stephanoderis</i> BETREM (Hymenoptera: Bethyilidae) PARA SUPRIMIR A LA BROCA DEL CAFE, <i>Hypothenemus hampei</i> Ferr. A DIFERENTES DENSIDADES"	297
- FLUCTUACION POBLACIONAL DE LA BROCA DEL GRANO DEL CAFETO (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr) EN DOS ZONAS CAFETALERAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA	303
- RESULTADOS COMERCIALES DEL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFETO <i>Hypothenemus hampei</i> CON CONIDIA WG, UNA FORMULACION DE	317
- EVALUACIÓN DE DOS AISLAMIENTOS DE VERTICILLIUM SP COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO DE LA ROYA (H. VASTATRIX) DEL CAFETO (COFFEA ARABICA L.), EN CONDICIONES DE INVERNADERO	327
- EVALUACION DE <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) Y <i>Verticillium</i> sp PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFE EN NICARAGUA	333
- EVALUACIÓN DE AGROQUÍMICOS PARA COMBATIR ATAQUES	

DE (<i>Rosellinia sp</i>) EN EL CULTIVO DEL CAFÉ	339
- EVALUACION DE CLORPIRIFOS PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFE (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.)	345
- RESPUESTA A EXTRACTOS DE CEREZAS DE CAFE UTILIZADOS COMO ATRAYENTE PARA HEMBRAS INTERCOSECHA DE LA BROCA DEL FRUTO <i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.	349
- MANEJO ECOLÓGICO DE LA BROCA DE CAFÉ EN NICARAGUA	353
- PRODUCTORES, EXTENSIONISTAS E INVESTIGADORES DESARROLLANDO JUNTOS EL MANEJO ECOLÓGICO DE PLAGAS	369
- ENCUESTA-DIAGNOSTICO SOBRE LA ROYA ANARANJADA DEL CAFETO EN HONDURAS	379
- EFECTO DE COBERTURAS VIVAS DE LEGUMINOSAS EN EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL CAFÉ	387
- ESTUDIO DEL EFECTO DEL pH ALCALINO EN LA ATOMIZACIÓN PARA EL CONTROL DEL OJO DE GALLO (<i>Mycena citricolor</i>)	393
BENEFICIADO:	
- WASTE MANAGEMENT COFFEE INDUSTRY BOARD	403
- CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y MOLECULAR DEL AGENTE CAUSAL DE LA CRESPERA DEL CAFÉ EN COSTA RICA	409
- DESARROLLO DEL TANQUE RECOLECTOR DECANTADOR, COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA EN LA RECIRCULACION DE AGUAS DEL BENEFICIADO HÚMEDO	411
- INFILTRACIÓN Y EVAPORACIÓN DE AGUA DEL LAVADO DEL CAFÉ EN EL BENEFICIO EL 77, CHALCHUAPA, EL SALVADOR	415
- THE POTENTIAL USE OF COFFEE PULP IN FISH CULTURE	419
- SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS LÍQUIDOS DEL CAFÉ EN EL SALVADOR	425
- RECTOR ANAEROBIO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO, SAN JUANILLO, NARANJO, COSTA RICA	429
- ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARACTERIZACIONES DE EFLUENTES PARA EL DIMENSIONAMIENTO ADECUADO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO	435
- LA NORMA ISO 14000 Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA CAFETALERA	443
- DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BENEFICIO ECOLÓGICO EN UNA COOPERATIVA DE PEQUEÑOS CAFICULTORES	453
SOSTENIBILIDAD	
- MANEJO INTEGRADO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN COSTA RICA	461
- SOMBRA O SOL PARA UN CAFETAL SOSTENIBLE: UN NUEVO ENFOQUE DE UNA VIEJA DISCUSION	471
- EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE INTERPOLACIÓN ESPACIAL EN EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL	477
- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIADO CON FANGOS ACTIVOS	485
- DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS ENTRE LA TEMPORADA SECA Y LLUVIOSA DE LOS RÍOS ASINO Y NEJAPA Y SU RELACIÓN CON LA AGROINDUSTRIA DEL CAFÉ	493
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y ECONOMIA DEL CULTIVO:	
- EL CAFE ORGANICO. ¿ES RENTABLE SU PRODUCCION? UN ESTUDIO DE CASO DE NITROGENO	501
- COMITES DE CAFICULTORES, NUEVA METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN DEL CAFICULTOR AL TRABAJO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, FUNDACIÓN PROCAFE, EL SALVADOR, C.A.	505
- EVALUACION DE CINCO FUNGICIDAS PARA EL COMBATE DEL OJO DE GALLO (<i>Mycena citricolor</i> Berk & Br.) EN VARIAS REGIONES DE COSTA RICA	509
- EVALUACION DE LINEAS DE CATIMOR DE LA SERIE T-8600; EN EL CANTON DE SAN CARLOS, COSTA RICA	515



INDICE POR AUTORES

	PAG.
PRESENTACION	III
INTRODUCCION	V
I. CONFERENCIAS MAGISTRALES	
- <i>Jiménez C, Alvaro</i> ; Aporte de la calficultura al desarrollo de América Latina.	3
- <i>Soudieu, Denis</i> ; XVIII Symposium Latinoamerican of Coffee World Coffee Economy situation and outlook	13
- <i>Berthonly, Mark</i> ; Biotecnologías y técnicas de reproducción de materiales promisorios en <i>Coffea Arabica</i>	25
- <i>Vázquez M. Rolando</i> ; El beneficiado ecológico del café	51
- <i>Brun, L.O; Suckling, D.M.</i> ; Resistencia de la broca del fruto del cafeto al endosulfan	65
II. TRABAJOS DE INVESTIGACION	
MANEJO DEL CULTIVO:	
- <i>Aguilar, Amílcar; et al.</i> Manejo selectivo de malezas para la conservación del suelo en café joven: evaluación de sistemas químico y mecánico sin y con <i>Arachis pintoi</i> . CATIE,UNA, UNICAFE, Nicaragua	85
- <i>Campos C., Elécer; et al.</i> Estudio de sistemas de poda total por lote ICAE, Costa Rica ..	93
- <i>Somariba, Eduardo</i> . Modelaje de varios sistemas de poda de cafeectos sobre el patrón de producción. CATIE Turrialba, Costa Rica.	99
- <i>Mora, A., Orlando; Cisneros D., Bernal</i> . Edad de inicio de la poda del cafeto en la zona media del Valle Central (1000 m.s.n.m.). ICAFE, Costa Rica	105
- <i>Rodríguez, Angel R.; Pineda, C. Roberto</i> . Producción y calidad de abono producido por medio de <i>Eisenia foetida</i> lombriz roja californiana, su capacidad reproductiva en tres densidades y seis substratos. IHCAFE, Honduras	109
- <i>Aguilar Víctor; Staver, Charles</i> . Acumulación y descomposición de biomasa en el sub-sistema maleza bajo tres manejos en un cafetal del pacífico de Nicaragua. Un Nacional Agraria. Nicaragua	115
- <i>Cisneros S. Orlando; Blanco Moisés</i> . Comportamiento del café (<i>Coffea arabica</i> L.); bajo sistema de asocio con frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L); en cuatro años de estudios. Un Nacional Agraria. Nicaragua.	125
- <i>Escamilla P. Esteban et al.</i> Evaluación integral de dos sistemas de producción de café Veracruz. México. Centro Regional Univesitario Oriente UACH México	135
- <i>Rodríguez A. Oscar; Obando J.J.</i> Evaluación de las edades para el transplante de almácigo de café (<i>Coffea arabica</i>) cultivar Caturra. ICAFE Costa Rica	141
- <i>Cisneros D Bernal</i> . Estudio de la poda de bandola a dos alturas del eje ortotrópico en el cafeto. ICAFE, Costa Rica	147
- <i>Montenegro Julio; Ramírez Guillermo</i> . Evaluación del establecimiento y crecimiento de cuatro especies maderables asociadas con café. MAG-ICAFE Costa Rica	151
- <i>Muschle Reinhold G.</i> Efectos de la sombra de <i>Erythrina poeppigiana</i> sobre <i>Coffea arabica</i> var Caturra y Catimor. CATIE/GTZ Costa Rica	157
NUTRICION DEL CAFE:	
- <i>Mariscal D., Emilio; et al.</i> Evaluación del cafeto de las micorrizas en almácigos de café. ANACAFE Guatemala	165
- <i>Alfaro A., Ronny</i> . Fertilización orgánica versus fertilización química en el cultivo del café (<i>Coffea arabica</i>) en la zona de Alajuela. ICAFE, Costa Rica	171
- <i>Hernández G., J. Danilo; Villalobos, C.</i> Evaluación del efecto del lombricompos de bovino como abono en almácigo de café. Univesidad Nacional, Costa Rica	177
- <i>Ramírez R., Jorge</i> . Fertilización de café a plena exposición solar y con sombra regulada. ICAFE Costa Rica	183
- <i>Bertsch, Floria; et al.</i> Factores nutricionales asociados a la expresión de la corchosis radical en café. Universidad de Costa Rica, Costa Rica	191
- <i>Cáceres D., Víctor H.</i> Efecto de dosis y fraccionamiento del nitrógeno en el rendimiento del café (<i>Coffea arabica</i> L) en 3 fincas de Nicaragua.	205

- <i>Torres A., Gilberto.</i> Respuesta de la acidez de un suelo a la aplicación de Hi-Cal-Mag en la producción del café. PROCAFE El Salvador	211
- <i>Alfaro A. Ronny.</i> Fuentes y épocas de aplicación de magnesio en café. ICAFE, Costa Rica	215
- <i>Ramírez M. L. Guillermo, et al.</i> Efectos de diferentes niveles de potasio sobre la producción de café y la incidencia de enfermedades. ICAFE, Costa Rica	219
- <i>Alpizar S. José María, et al.</i> Evaluación de la fertilidad de los suelos cultivados de café del Cantón de Atenas, Costa Rica	223

GENETICA Y MEJORAMIENTO

- <i>Osorio, F Omar, et al.</i> Análisis de estabilidad de ensayos regionales por el método de Mandel (1961) y Cruz Medina (1992). Una herramienta para ser utilizada en experimentos con café (<i>Coffea Spp</i>). IHCAFE, Honduras.	231
- <i>Peña, Xenia et al.</i> Evaluación de la resistencia de variedades de <i>Coffea canephora</i> y <i>Coffea libérica</i> , procedentes del jardín de especies y variedades de PROCAFE (El Salvador) y CATIE (Costa Rica). PROCAFE, El Salvador	239
- <i>Bertrand, B.; et al.</i> Comparación de híbridos F1 con variedades de <i>Coffea arabica</i> . CIRAD/PROMECAFE, Costa Rica	245
- <i>Etiennes, Hervé; et al.</i> Utilización de la embriogénesis somática en medio líquido para la propagación masal de los híbridos F1 de <i>Coffea arabica</i> . CIRAD PROMECAFE. Costa Rica	253
- <i>Astua, Gerardo; Aguilar, Germán.</i> Prueba comparativa de las cualidades organolépticas de la bebida del Catimor T5175, variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuai en ocho regiones de Costa Rica, ICAFE, Costa Rica	263
- <i>Chaves A., Víctor.</i> Evaluación de líneas de Catimor de la serie T-8600; en el cantón de San Carlos, Costa Rica	515

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

- <i>García P., Pablo,</i> Corchosis de la raíz del café y alternativas de manejo. UNICAFE, Costa Rica	271
- <i>Cienfuegos, Ruth E., Ramírez, Rene.</i> Caracterización de la problemática de los hongos de suelo en condiciones de campo en cafetales establecidos. PROCAFE, El Salvador	281
- <i>Villacorta, A.; et al.</i> Planes de Muestreo Numérico y Binomial Secuencial para el daño causado por el minador de la hoja del Café en Guatemala. Instituto Agronómico de Parana, Brasil	287
- <i>Munguía M.; Matute I., López C.</i> Evaluación de la interacción del nemátodo <i>Meloidogyne sp.</i> con el hongo <i>Fusarium oxysporum f.sp.</i> , en el sistema del café	291
- <i>González G., César O.; et al.</i> Determinación del potencial depredador y parasitario del controlador Biológico <i>Cephalonomia stephanoderis</i> Betrem (<i>Hymenoptera: Bethyilidae</i>) para suprimir la broca del café, <i>Hypothenemus hampei</i> Ferr. a diferentes densidades. IHCAFE, Honduras	297
- <i>Guzmán, Ramón; et al.</i> Fluctuación poblacional de la broca del grano del café (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr. (en dos zonas cafetaleras de la República Dominicana. Univeridad Autónoma Santo Domingo, UASD, República Dominicana	303
- <i>Murillo L., Alberto; Landínez, Rubén D.</i> Resultados comerciales del manejo integrado de la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i> con conidia WG, una formulación de <i>Beauveria bassiana</i> . AGREVO S.A. Colombia	317
- <i>Monzón Arnulfo.</i> Evaluación de do aislamientos de <i>Verticillium sp</i> con agente de control biológico de la Roya (<i>H Vastatrix</i>) del café (<i>Coffea arabica</i> L) en condiciones de invernadero. Un Nacional Agraria Nicaragua	327
- <i>González, M.; Cajina, D.; et all.</i> Evaluación de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) y <i>Verticillium sp</i> para el manejo en la roya del café en Nicaragua. Un Centro Americana/CATIE-INTA/MIP (NORAD) Nicaragua	333
- <i>Rivera M. Alfredo. Pérez F. Bautista</i> Evaluación de agroquímicos para prevenir ataques de <i>Rosellinia sp</i> en el cultivo del café. PROCAFE El Salvador	339
- <i>García G. Armando.</i> Evaluación de cloropirifos para el control de Broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.) ANACAFE, Guatemala	345
- <i>Velasco P., Hermenegildo; et all.</i> Respuesta a extractos de cerezas de café utilizados con atrayente para hembras inter cosecha de la broca del fruto (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr. Centro Regional Universitario Oriente UACH, México	349
- <i>Guaray F.; et all.</i> Manejo ecológico de la broca de café en Nicaragua. CATIE-INTA-MIP (NORAD)	353

- <i>Monterrey J., et all.</i> Productores extensionistas e investigadores desarrollando juntos el Manejo Ecológico de Plagas	369
- <i>Avelino Jacques, et all.</i> Encuesta en diagnóstico sobre la roya anaranjada del café en Honduras. IHCAFE/CIRAD/PROMECAFE Honduras	379
- <i>Herrera S. Isabel.</i> Efecto de coberturas vivas de leguminosas en el control de nemátodos fitoparásitos del café. Un Nacional Agraria Nicaragua	387
- <i>Mora, Orlando.</i> Estudio del Ph alcalino en la atomización para el control del ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i>)	393
- <i>Moreira, Lisela; et al.</i> Caracterización biológica y molecular del agente causal de la Crespeta del Café en Costa Rica	409
- <i>Echeverri R., Jorge H.; Zamora Q., Luis.</i> Evaluación de cinco fungicidas para el combate del ojo de gallo (<i>Mycena citricolor Berk & Br.</i>) en varias regiones de Costa Rica	509

BENEFICIADO:

- <i>Waugh Timon.</i> Waste Management by The Coffee Industry Board Coffee Industry Board, Jamaica	403
- <i>Estuardo S., Manual.</i> Desarrollo del tanque recolector decantador, como alternativa tecnológica en la recirculación de aguas del beneficiado húmedo. ANACAFE, Guatemala	411
- <i>Lardé, Gerardo; Saravia L. Alonso.</i> Infiltración y evaporación de agua del lavado del café en el beneficio "El 77", Chalchuapa, El Salvador, PROCAFE, El Salvador	415
- <i>Ulloa R., J.B.</i> The potential use of coffee pulp in fish culture Universidad Nacional de Costa Rica	419
- <i>Lardé, Gerardo; et all.</i> Situación actual de los desechos líquidos del café en El Salvador. PROCAFE El Salvador	425
- <i>Wasser Rich.</i> Reactor anaerobio para el tratamiento de las aguas residuales del Beneficio San Juanillo, Naranjo, Costa Rica. ICAFE/SNE/ Ministerio de Salud Pública/A y A/Costa Rica	429
- <i>Quesada Guido M.</i> Análisis Estadístico de caracterizaciones de efluentes para el dimensionamiento adecuado de plantas de tratamiento. TEBAG INTERNACIONAL S.A. Costa Rica	435
- <i>Quesada Guido M.</i> La norma ISO-14000 y su impacto en la industria cafetalera. TEBAG INTERNACIONAL S.A. Costa Rica	443
- <i>Mencia Víctor E. Amaya Gilberto.</i> Diseño e implementación de un beneficio ecológico en una cooperativa de pequeños caficultores. ATIUCAFE El Salvador	453

SOSTENIBILIDAD

- <i>López, A.; Enríquez, G.</i> Manejo integrado de los residuos agroindustriales En Cota Rica. IICA, Costa Rica	461
- <i>Muschler, Reinhold G.</i> ¿Sombra o sol para un cafetal sostenible?: un nuevo enfoque de una vieja discusión CATIE/GTZ, Costa Rica.	471
- <i>Osorio G., F. Omar.</i> Evaluación de técnicas de interpolación espacial en el análisis de información ambiental. IHCAFE, Honduras.	477
- <i>Storti Ferrari, Magherita.</i> Tratamientos de aguas residuales del beneficiado con hongos activos. TECNOBIO, Italia.	485
- <i>Cienfuegos, Ruth E.; et al.</i> Descripción de los cambios químicos y biológicos entre la temporada seca y lluviosa de los ríos Asimo y Nejapa y su relación con la agroindustria del café. PROCAFE, El Salvador.	493

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y ECONOMIA DEL CULTIVO:

- <i>Hruska, Allan J.; Gladstone, Sarah M.</i> ¿Café orgánico es rentable su producción? Estudio de caso de nitrógeno. Protección Vegetal. ZAMORANO. Tegucigalpa. Honduras.	501
- <i>Muñoz A. J.; Torres C.E.</i> Comités de caficultores nueva metodología de integración del caficultor al trabajo de transferencia de tecnología fundación PROCAFE. El Salvador C.A. PROCAFE El Salvador	505

I. CONFERENCIAS MAGISTRALES

- APORTE DE LA CAFICULTURA AL DESARROLLO DE AMERICA LATINA.
Alvaro Jiménez Castro
- XVIII SYMPOSIUM LATINOAMERICAN OF COFFEE WORLD COFFEE ECONOMY: SITUATION AND OUTLOOK.
Denis O. Seudieu
- BIOTECNOLOGIAS Y TECNICAS DE REPRODUCCION DE MATERIALES GENETICOS PROMISORIOS.
Marc Berthonly
- SIMPOSIUM DE CAFICULTURA "COMPETITIVIDAD Y CALIDAD EN ARMONIA CON LA NATURALEZA".
Rolando Vasquez Morera
- RESISTENCIA DE LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO AL ENDOSULEAN.
L. O. Brun and D. M. Suckling



APORTE DE LA CAFICULTURA AL DESARROLLO DE AMERICA LATINA

Alvaro Jiménez Castro¹

INTRODUCCION

El cultivo del café se inició en América Latina en la primera mitad del siglo dieciocho (en Brasil se introdujo en 1727) y muy poco tiempo después adquirió gran importancia en los países situados entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio. Las cifras históricas de lo que ha significado la exportación del café en los países latinoamericanos, es prueba del gran aporte que la caficultura ha dado al desarrollo de la América Latina. A precios FOB esta cifra alcanzó a \$8.735 millones en el año cafetero 1994-95.

Esa importancia también la muestra el peso que ha tenido el café dentro del total de las exportaciones, así por ejemplo, en 1962, justo antes de comenzar a operar el Convenio Internacional este producto significaba el 71.7% de las exportaciones de Colombia, el 57.9% de las de Guatemala, el 55.8% en El Salvador, el 53.0% en Brasil, el 52.1% en Costa Rica y el 48.7% en Haití. Las políticas de diversificación de las exportaciones han bajado esa importancia, hasta situarlas en 1995 en un 20.1% en el caso de Colombia, en un 22.7% (año 94) en Guatemala, en un 28.0% en El Salvador, en un 5.2% en Brasil, en un 16.1% en Costa Rica y en un 22.7% en el caso de Haití.

Originalmente pensé en mostrar esa importancia con base en la variación que el peso de la producción cafetalera históricamente ha tenido dentro de las exportaciones. Sin embargo, renuncié a meterme en esos análisis, dada las limitaciones de tiempo.

Además, esas cifras macroeconómicas no necesariamente reflejan la importancia de este sector en el desarrollo de cada país, me explico, en todos los países latinoamericanos la exportación de café, dentro del total de las exportaciones, se ha reducido sustancialmente, pero el cultivo del café sigue siendo de gran importancia para muchas regiones en donde la producción cafetalera se constituye en el centro de la vida social y económica de las mismas, como muy bien lo cita el Dr. Belisario Betancur, expresidente colombiano (1): "el café ha sido un cultivo familiar y por él han vivido y sobrevivido millones de familias en los lujosos Andes como agregados, como aparceros, como arrendatarios o como propietarios independientes en un contexto de vida hogareña y adusto..."

Pensé que para nosotros, los países cafetaleros, y para los mismos productores, resultaba más interesante analizar el comportamiento de la oferta, enfatizando

¹ Profesor, Escuela Economía Agrícola, Universidad de Costa Rica

esas 3 grandes variables de producción, excedentes y precios y sobre las causas que mayormente han afectado esas variables. En el hoy, esas tres variables tienen profundas raíces históricas, cuyo conocimiento puede resultar interesante para los presentes y les puede ayudar a comprender mejor la actual coyuntura cafetalera.

COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LOS PRECIOS DEL CAFE

Tradicionalmente los precios de los productos básicos no combustibles han venido descendiendo con respecto a los de las manufacturas, con lo cual han desmejorado las relaciones de intercambio comercial de los países en desarrollo (suplidores de productos básicos) con respecto a los desarrollados (productores de manufacturas). Sin embargo, de acuerdo con el Dr. F. Gerard Adams, profesor de Economía y Finanzas de la Universidad de Pensilvania (2) ello no es válido para los productores de bebidas tropicales, como café, té y cacao, para quienes los términos de intercambio comercial han mejorado en lo que va del presente siglo. Hasta principios de los 90, los precios altos del café no se trasladaron a los productores, ya que buena parte de esos incrementos fueron retenidos por el Estado vía impuestos, o por retenciones de los entes públicos encargados del mercadeo de este producto. Con la fuerte reducción de los impuestos que gravaban a este artículo y la desestatización del comercio del café que se viene presentando en esta década, los ingresos del productor se han ligado más a los precios internacionales, y en consecuencia, en la producción del café hoy se refleja más la ley de las ventajas comparativas.

Sin embargo, la respuesta del agricultor a las elevaciones de los precios no es inmediata, por ello, en el análisis de la oferta del café debe tenerse presente que la planificación de la nueva producción toma entre cinco y siete años, según el Dr. F. Gerard Adams (2) o entre cinco y ocho años según el Dr. Roberto Junguito (3).

Como consecuencia de lo anterior, la producción mundial de café muestra una tendencia ciclica, con ciclos de 20 a 25 años que, de acuerdo con el modelo de Cobweb, citado por Benoit Daviron (4), economista del Centre International de Recherche Agronomique pour le Developpement de Francia, que son debidos a las demoras de respuesta de la oferta a las evoluciones del precio.

LA DEMANDA DE CAFE

Desde hace más de un siglo el consumo aparente de café de los países importadores (importaciones) muestra una tendencia de crecimiento del 1.8% anual (Davirón, B., 4), sólo interrumpida por los dos guerras mundiales. Ese incremento mayormente se ha debido a un aumento del consumo per capita en los países industrializados más que a una ampliación del área de consumo, salvo el caso del Japón, en donde el consumo aparente pasó de 93 mil sacos en 1957 a 6 millones

en el año cafetero 1994-95. En todo este texto el término saco corresponde a 60 kilogramos de café verde o sus equivalentes.

En este análisis también debe tenerse presente que el consumo del café se encuentra ligado con el crecimiento del ingreso, pero siempre con elasticidades muy por debajo de uno, ya que en los países industrializados los incrementos de los ingresos mayormente se dedican a la adquisición de productos y servicios no alimenticios.

Para esta década del 90 el Banco Mundial estima el consumo mundial aparente con una tasa de crecimiento cercana al uno por ciento anual.

LA OFERTA DE CAFE DE 1950 A 1962

Seguidamente vamos a analizar el comportamiento histórico de la oferta del café, a partir de la segunda mitad del presente siglo.

La cosecha mundial exportable 1949-50 alcanzó a 29.7 millones de sacos, de la cual América Latina aportaba un 85.1%, África un 13.9% y Asia y Oceanía un 1.0%. El consumo mundial aparente de los países se encontraba en 31.2 millones, es decir, que la producción era ligeramente menor al consumo, con existencias en los países productores de apenas 9.3 millones de sacos (equivalente a 3.5 meses de consumo de los países importadores). Ver cuadro 1.

Esa situación de un crítico equilibrio entre la producción y el consumo de café y de un bajo nivel de existencias, elevó los precios (ver cuadro 2) con el subsecuente estímulo para el incremento de las áreas cafetaleras en todo el mundo. Este incremento fue mucho mayor en las colonias africanas, ya que los países europeos (Reino Unido, Francia y Bélgica) pensaron que así mejoraría la situación de estas colonias cuando les dieran la independencia. Para la cosecha 1962-63, antes de comenzar a operar el Convenio Internacional, la producción mundial exportable se había elevado a 53.4 millones de sacos y África ya había triplicado su producción (15.3 millones) y ya aportaba el 28% de la producción mundial exportable. Eso trajo el más explosivo crecimiento de la producción cafetalera mundial de toda la historia, cuyas consecuencias todavía las sentimos en este año de 1997.

Ya en 1954 se previó una seria crisis de la actividad cafetalera que hizo que los gobiernos de los países productores comenzaran a buscar soluciones.

Debemos recordar que la producción cafetalera, por tratarse de un cultivo permanente, muestra una clara tendencia cíclica que a su vez genera una curva cíclica de los precios (opuesta a la de la producción, pero con un desfase originado por el tiempo que se requiere para consumir las existencias acumuladas en los países productores). Se preveía que la baja de los precios que ya se había iniciado en abril de 1954 se prolongaría por unos 10 años.

Ante ese panorama, en Quitandinha, Brasil en noviembre de 1954, en la reunión de Ministros de Economía del Consejo Interamericano Económico y Social (CIES) se aprobó la resolución No. 34, que encargó a un Comité Especial hacer "un estudio detallado de la situación mundial del café y de sus perspectivas".

Cuadro 1. Café. Existencias, producción exportable y exportaciones. Años cafeteros 1949-50 a 1999-00 (1) en millones de sacos de 60 kilogramos (2)

COSECHA	EXISTENCIAS	PRODUCCION	EXPORTACION	EXISTENCIAS	OBSERVACION
	AL INICIO	EXPORTABLE	NETA	AL FINAL	
1949-50	10.8	29.7	31.2	93	
1954-55	9.1	33.9	29.2	13.8	HELADA
1956-57	17.5	45.4	36.2	18.2	
1959-60	40.4	66.4	43.8	63.6	INICI CONV.
1963-64	81.3	47.5	50.8	78.0	HELADA
1964-65	78.0	35.9	41.7	72.2	HELADA
1966-67	86.8	44.0	48.6	82.2	HELADA
1968-69	79.5	43.5	53.3	69.7	
1962-70	69.7	50.7	54.9	65.5	HELADA
1970-71	65.5	39.8	51.2	54.1	HELADA
1973-74	49.2	46.6	60.0	35.8	
1974-75	35.8	63.4	54.9	44.3	HELADA
1976-77	39.0	42.7	56.0	25.7	
1979-80	25.1	61.9	61.5	25.5	
1984-85	40.8	68.4	71.9	37.3	SEQUIA BRAS
1986-87	41.8	58.2	66.7	33.3	5 CUOTAS
1989-90	50.2	75.9	83.1	43.0	
1994-95	34.6	75.2	69.0	40.8	HELADA
1995-96	40.8	64.8	73.5	32.1	
1996-97	32.1	75.7	81.8	26.0	
1997-98	26.0	77.6	83.6	20.0	

- (1) Para cada 5 años. Si un período fue afectado por helada o por cambio de cuotas se incluye el período anterior. Se incluyen cosechas afectadas por heladas y por sequía en Brasil. Se incluyen además los años atípicos por cambios en el sistema de cuotas.
- (2) Fuente: De 1949-50 a 1959-60: Curso sobre Economía Cafeeira, Joao Oliveira Santos (5). De 1963-64 a 1997-98 United States Department of Agriculture (FAS junio 1997).

El estudio elaborado al efecto y que se tituló "La Economía del Café y su Futuro", predijo un desequilibrio entre la producción y el consumo mundial en el corto plazo. En abril de 1956 el CIES aprobó un proyecto de convenio internacional de café a pesar de que el representante de los Estados Unidos expresó que su gobierno no podría participar en las negociaciones ni en el convenio.

La cosecha 1957-58 excedió en mucho a la demanda, con lo cual resultó evidente que en el futuro se acumularían grandes excedentes que deprimirían el mercado; por ello se llegó a la conclusión que era necesario un convenio. En abril de 1958 el Gobierno de los Estados Unidos había comenzado a cambiar sus políti-

cas sobre la comercialización de los productos básicos, el señor John Foster Dulles, Secretario de Estado, durante las ceremonias del Día de las Américas en Washington, expresó: "...el Gobierno de los Estados Unidos se da cuenta de las posibles consecuencias de fluctuaciones violentas en los precios de las exportaciones latinoamericanas y constantemente busca medidas que contribuyan a una solución de los problemas económicos".

En junio de 1958 se extendieron invitaciones a los principales países productores y consumidores de café para que tomaran parte en un grupo de estudio, el cual, después de un largo período de trabajo, permitió que entre el 9 de julio y el 28 de setiembre de 1962, en la sede de las Naciones Unidas se discutiera el proyecto, dando como resultado la aprobación del Convenio Internacional del Café, 1962.

LA OFERTA DE CAFE DE 1963 A 1989

El Convenio de 1962 comenzó a operar en 1963 y de ahí en adelante se han promulgado convenios en 1968, 1976 y 1983.

En términos generales, estos convenios han seguido un mismo patrón: operan cuando la oferta de café es mayor que la demanda, y en ese escenario, para evitar que la ley de la oferta y la demanda produzca una baja de los precios del café, se buscan "precios equitativos para los consumidores y remuneradores para los productores", limitando la oferta mediante cuotas de exportación. Las metas de precio establecidas durante la vigencia de estos cuatro convenios no fueron capaces de lograr "un razonable equilibrio entre la oferta y la demanda mundiales de café", como lo establecían los objetivos de esos Convenios, *sino que más bien propiciaron una producción mayor que el consumo, con la subsecuente acumulación de excedentes.*" (Jiménez , A.6.).

Como consecuencia de la vigencia de estos 4 convenios se rompió el comportamiento cíclico de la producción de que hablamos anteriormente (de 20 a 25 años según el modelo de Cobweb) y nos mantuvimos con un período de sobreproducción de 41 años, sea de la cosecha 1953-1954 a la 1994-95. Este es el período de sobreproducción de café más largo en toda la historia. La reducción de existencias al final de las cosechas 1989-90 a 1994-95 que se aprecia en el cuadro 1, se debe al traslado de existencias de los países productores a los países consumidores y no a que se hubiese terminado el ciclo de sobreproducción.

Ya esta tesis ampliamente había sido desarrollada por el autor en su publicación: Costa Rica y el Nuevo Convenio Internacional del Café, en febrero de 1993 (6). Por cierto, sobre esto de metas de precios realistas para evitar la sobreproducción, ha sido brillante el pensamiento que siempre ha mantenido el gran Maestro Dr. Arturo Gómez Jaramillo, como Gerente General de la Federación de Cafeteros de Colombia, que siempre abogó porque las metas de precios que anualmente negociábamos no fueran desmedidamente altas, como para seguir incentivando la producción y continuar con un perjudicial desbalance entre producción y consumo mundiales de café. El tiempo ha venido a darle la razón a don Arturo.

Se encuentra también dentro de ese mismo pensamiento lo expresado por el Dr. Alfonso López Michelsen (7) expresidente de Colombia, cuando en febrero de 1977 expresaba la conveniencia de "que los productores de un artículo de consumo popular resolvieran trabajar por la virtual congelación temporal de su precio, antecedente que nos pondría en condiciones de limitar igualmente cualquier descenso en el porvenir".

Sólo circunstancias fortuitas como fueron las heladas y la sequía de Brasil, que ocasionaron millonarias pérdidas de café en ese país, lograron atenuar la tendencia de una creciente acumulación de excedentes. Debe recordarse que durante la vigencia de estos cuatro convenios en Brasil hubo heladas de mediana intensidad en 1962, 1963, 1964, 1969, 1972, 1978 y 1979, de severa intensidad en 1965, 1966 y 1981 y de una severísima intensidad en 1975, además de una severa sequía en 1986 (Jiménez, A. 5).

El cambio del cultivo del café a otras áreas, que ha ocurrido en el Brasil, hace que en los últimos años el efecto de las heladas sea menor, con lo cual ha dejado de operar ese factor de atenuación de la acumulación de excedentes de café.

En el cuadro 1 puede apreciarse el comportamiento de la producción y de las existencias mundiales de café en el período de vigencia de los cuatro convenios cafeteros.

LA OFERTA DE CAFE DE 1989 A 1997

El Convenio Internacional de Café de 1983 tenía vigencia hasta setiembre de 1989. Acorde con el artículo 68 de dicho pacto, a partir de octubre de 1987 se iniciaron las negociaciones para un nuevo convenio y, como no se llegó a acuerdo alguno, el 4 de julio de 1989 se suspendieron las cláusulas económicas (cuotas y franjas de precios) y se entró a un mercado libre.

Los estudios que desde dos años antes habían realizado Takamasa Akiyama y Panayotis N. Varangis del Banco Mundial, estimaban que la suspensión de las cuotas lanzaría al mercado gran parte de las existencias que mantenían los países productores (estimadas por el autor en 57 millones) y ello erosionaría los precios, como en efecto sucedió, que pasaron de 143.06 centavos de dolar la libra en abril de 1989, a 77.40 en agosto del mismo año (para los arábicas otros suaves spot Nueva York), ver cuadro 2. Esa cifra de 57 millones de existencias se calcula sumando a los 43 millones con que cerró el año 1989-90, los 12 millones de sacos que se exportaron de más en ese período y que representaron un traslado de existencias de países productores a países consumidores.

Esa fuerte baja de los precios del café, que repito, había sido muy acertadamente calculada por los doctores Akiyama y Varangis, debería ocurrir en la segunda mitad del 89 y en el 90 y el precio debería situarse cerca de los 90 centavos, como realmente ocurrió. Después de ese período los precios se recuperarían, sin llegar a los niveles que se hubieren obtenido con el convenio de cuotas, para si-

tuarse en el período 1991-1994 en un nivel cercano a los 135 centavos de dólar. Sin embargo, en el período 1991-1992 los precios se situaron muy por debajo de los previsto (ver cuadro 2). Las causas de esa gran diferencia, a juicio del autor, son debidas a que las autoridades cafetaleras de los países productores mantuvieron la política, un poco ilusoria, de buscar un nuevo convenio internacional con participación de los países consumidores, y, para fortalecer la posición de negociación de sus respectivos países, aceleraron exportaciones (que sirvan de base para fijar las nuevas cuotas del buscado nuevo convenio) e inclusive incrementaron sus estimados de cosecha exportable.

Ya esta hipótesis del autor fue recogida por el Dr. Mario Samper en su libro Crisis y Perspectivas del Café Latinoamericano (8).

LA OFERTA DE CAFE DE 1997 AL 2000

La terminación de los convenios cafeteros en julio de 1989 (como instrumentos reguladores del mercado), dió por terminado los 26 años en que esos instrumentos "propiciaron una producción mayor que el consumo, con la subsecuente acumulación de excedentes", según, se indicó en el numeral 5. Ello nos colocó en un mercado libre, en el cual logicamente se inicio el tradicional ciclo de reducción de la producción, con la subsecuente disminución de existencias en manos de los países productores. Ello nos coloca en una situación favorable para el resto de este siglo, en donde el consumo mundial aparente, calculado por el autor con base en datos del Banco Mundial, crecerá a una rata cercana al uno por ciento anual y con una producción mundial menor al consumo y que crecerá a una tasa anual de 1.4%, según la misma fuente (6).

Ello determinará una tendencia de moderada elevación de los precios en los próximos 3 o 4 años, tanto a precios corrientes como a precios constantes. Para este fin de siglo, según el Banco Mundial (6) el precio de los arábicos otros suaves, spot Nueva York, se situaría ligeramente abajo de los 200 centavos la libra, a precios corrientes.

En conclusión, el próximo siglo se iniciará con una actividad cafetalera con gran importancia para el desarrollo de los países de América Latina y lo que es más importante, con un papel protagónico para muchas regiones de nuestro Continente

Cuadro 2. Precios del café otros arábicos suaves en centavos de dólar por libra, ex dock Nueva York promedios anuales.

AÑO	PRECIO	HECHOS RELEVANTES CON PRECIO RESPECTIVO
1949	34.88	
1950	46.47	
1951	48.40	
1952	48.65	
1953	57.35	
1954	77.18	
1955	59.31	NOVIEMBRE 64.67 HELADA
1956	69.76	
1957	60.30	
1958	49.90	
1959	42.82	
1960	41.49	
1961	37.55	
1962	35.86	
1963	35.47	
1964	47.17	INICIO CONVENIO
1965	45.08	
1966	42.12	
1967	39.20	
1968	39.33	
1969	39.78	
1970	52.01	
1971	44.99	
1972	50.33	HELADA
1973	62.30	
1974	65.84	
1975	65.41	AGOSTO 83.48
1976	142.75	DICIEMBRE 207.11
1977	234.67	ABRIL 317.68
1978	162.82	ENERO 206.16
1979	173.53	
1980	154.20	
1981	128.09	
1982	139.87	
1983	131.69	
1984	144.25	
1985	145.56	
1986	192.74	ENERO 235.30 SEQUIA BRASIL
1987	112.24	
1988	135.10	
1989	106.96	JULIO 85.91 SUSPENSION CUOTAS
1990	89.15	
1991	84.97	
1992	63.64	AGOSTO 52.42 NO NEGOCIACION CONVENIO
1993	69.91	ABRIL 56.88 NO NEGOCIACION CONVENIO
1994	148.53	JULIO 217.67 SETIEM. 220.10 HELADA
1995	149.30	MARZO 178.22
1996	119.89	MAYO 128.56

BIBLIOGRAFIA

- BETANCUR, B. et al., Café, Productos Básicos y Desarrollo Económico Internacional. Simposio Conmemorativo de los 60 años de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Editolaser S. en C. Bogota, Colombia, 1987. 186 pag.
- ADAMS, F.G. et al., Café, Productos Básicos y Desarrollo Económico Internacional. Simposio Conmemorativo de los 60 años de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Editolaser S. en C. Bogota, Colombia, 1987. 186 pág.
- JUNGUTTO, ROBERTO. Un Modelo de Respuesta en la Oferta de Café en Colombia. Monografía. Fedesarrollo. Bogotá, Colombia, 1974.
- DAVIRON, BENOTI e al. Crisis y perspectivas del Café Latinomaericano. San José, Costa Rica: ICAFE: UNA, 1994. 285 pág.
- OLIVEIRA SANTOS, JOAO. CURSO SOBRE ECONOMÍA CAFFEEIRA. Análise das Tendencias do Mercado Internacional do Café. Instituto Brasileiro do Café, Mayo de 1962. Mimeo. 112 pág.
- JIMÉNEZ, ALVARO. Costa Rica y el Nuevo Convenio Internacional del Café. San José, Costa Rica, 1993. Mimeo. 130 pág.
- LÓPEZ MICHELSEN, ALFONSO et al., Café, Productos Básicos y Desarrollo Económico Internacional. Editolaser S. en C. Bogotá, Colombia, 1987. 186 pág.
- SAMPER, MARIo et al. Crisis y Perspectivas del Café Latinoamericano. San José, Costa Rica.: ICAFE: UNA, 1994. 285 pág.
- WORLD BANK, International Trade División. Price Prospects for Major Primary Commodities. Volume II. Agricultural Products. Washington, December 1990. 371 pág.



XVIII SYMPOSIUM LATINOAMERICAN OF COFFEE WORLD COFFEE ECONOMY” SITUATION AND OUTLOOK¹

Denis O. Seudieur²

Mr. Chairman, Ladies and Gentlemen:

1. May I say at once how honoured I feel to have been invited to address the XVIII “**Simposio Latinoamericano de caféicultura**” of the ICAFE here in San José. As indicated in my CV summary I took over the position of Economist of the International Coffee Organization only last year. Apart from my regular reports to the Executive Board meeting, this Assembly represents the first major opportunity I have to speak in public on the subject of coffee market situation.
2. Coffee market constitutes an important part of the international economy. The economic structure of numerous nations is more heavily geared towards the production and export or handling or consumption of coffee. In general, primary commodities are special or important not only because their production and trade form the core of the national economy in a great number of third-world countries, and the export of these commodities provides the surpluses needed to finance economic diversification, but also because they provide the employment and income necessary for human welfare and survival. The development process in these countries is thus crucially dependent on state of these markets.
3. My purpose in these remarks is two-fold. First, I wish to outline the historical and recent development of the world coffee market with particular reference to the key variables of production, consumption, stocks and prices. Second, I will try to discuss some trends in the coffee market outlook.

¹ Charla Magistral presentada durante el XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica 16-19 de agosto de 1997.

² Doctor en Economía; 1991-1996 Técnico del Ministerio de “Commodities” en Costa de Marfil; actualmente: Senior Economist en la Organización Internacional del Café OIC., Londres.

A. STATISTICAL OVERVIEW OF COFFEE MARKET DEVELOPMENTS

4. **Table 1** summarises information on the key variables of the world coffee economy since the coffee year 1965/66.

PRODUCTION

5. **Chart 1** shows a global production and the production by type of coffee. The worldwide production of coffee has shown a steady increase despite periodic falls. It reached very high levels in 1987/88 and 1991/92 when total production was 98.4 and 99.2 million bags respectively. An historical analysis of production figures for the period since 1965/66 shows that overproduction is a recurrent feature in the history of coffee. **Chart 1** shows regular overproduction crises alternating with deficits linked to climatic conditions in exporting countries. In 1992/93 production sustained a significant setback, declining by over 11 percent from its 1991/92 peak of 99.2 million bags to 87.3 million bags. This setback has been attributed to the lower price levels. Continuous low prices tend to reduce the rate of replanting and levels of general maintenance, causing a decline in production and quality after few years. The 1994/95 coffee year also heralded a break in the previously persistent trend of production surpluses and burdensome stock accumulation which had been a characteristic feature of the world coffee economy since 1988/89. One of the main characteristic of the world coffee market is that supply fluctuations are primarily caused by the performance of the Brazilian crop.
6. **Charts 2** shows a global production of Arabica and Robusta per continent. World total production has been influenced by the performance of the Arabica group. These countries enjoyed a production growth rate of 1.6 percent annually. Output by the Robusta group increased by only 1.2 percent annually. It must be mentioned that some members of the Arabica group produce Robusta and vice versa. The production of Robustas shows an increasing trend during the period from 1980 to 1996 with Africa decreasing. The emergence of Brazil as a major supplier of Robusta means that the output of Robusta is now significantly greater than that implied by Robusta group figures. With the emergence of Vietnam as a major supplier, prospects elsewhere in Asia and probable recovery in African countries it could be expected that Robusta production will grow strongly and may be in relative over supply.

EXPORTS

7. **Chart 3** illustrates the evolution of exports by ICO exporting members since 1965/66. Exports have shown an upward trend despite some relative decline attributable to disruptions in world production. However, high levels of opening stocks in exporting countries helped to maintain exports.
8. **Chart 4** illustrates exports by the four coffee groups. Brazilian exports do not exhibit any overall trend as the growth rate since 1965/66 is slightly negative. They recovered following frosts of 1975, 1978, 1979 and 1981 and reached 20 million bags in 1984 and 1985 before falling sharply because of a drought in 1985. Since then, exports have been reasonably stable, though falling recently from the pick of 21.2 million bags. Brazilian exports have averaged 16.8 million bags annually over 17 years. The low of 9.6 million bags was in 1986 following a August-November 1985 drought.
9. Trade in Colombian Milds has increased by an annual average of 2.5 percent (slightly higher, 2.7 percent, for Colombia) but, as indicated in the chart, exports have recently fallen sharply from 1992 peak of 18 million bags. Exports of other Milds continue to rise, echoing the 17-year annual growth rate of 2.7 percent. The performance of Robustas has been less positive, though it should be noted that Brazil produces and exports substantial quantities of Conillon Robusta, challenging for second place in global terms. Exports of Robusta group have increased by an average 0.8 percent annually and, after dampened trade in the early 1990s, were 20 million bags in 1996.
10. Overall, growth in exports has been strongly positive;
 - General stagnation in Brazilian exports has been compensated by a strong performance by Colombian Milds and Other Milds. To a certain extent, future growth will reflect circumstances in Colombia.
 - Robustas have suffered from disruption caused by civil conflicts in some producing countries. However, new suppliers, Thailand and Vietnam have emerged and there are some signs of a strong recovery in Uganda, Côte d'Ivoire and Angola.

IMPORTS

11. **Chart 5** illustrates total imports by the United States and the European Union. Global imports fell sharply in 1977 following the huge rise in retail

price and the consequent decline in consumption. They picked in 1992, when they approached 80 million bags. Since then, they have declined, with the shortfall from consumption met by reductions in consumer stocks. This chart clearly indicates the difference in import performance by the United States and the European Union. Growth in the European Union has been strongly positive, almost 2.5 percent annually. By contrast, there has been a small negative trend in the United States, with imports declining by an average 0.7 percent annually. The disappointing trend in the United States has also been compensated by growth outside the European Union. Other ICO members, including Japan, have registered an annual growth rate of almost 4.7 percent and non-members, including countries in central and eastern Europe, have increased their imports by an annual 3.1 percent.

CONSUMPTION

12. **Chart 6** which illustrates trend of consumption since 1965/66 shows a steady increase both in importing and exporting countries. Consumption in importing countries grew at an annual rate of 0.89 percent from 1989/90 to 1995/96. It was 1.68 percent from 1980/81 to 1988/89. Domestic consumption also increased at a rate of 0.66 percent over the same period compared to the period 1980/81 to 1988/89. Domestic consumption of ICO exporting member countries accounted for 22.6 percent of the total world consumption in 1994, a slight increase compared with 1989 (22 percent). Brazil is far the largest consumer, accounting for over 40 percent of total green coffee consumption among exporting countries, followed by Indonesia (9.1 percent), Colombia (6.5 percent), Mexico (4.9 percent), Venezuela (3.9 percent) and Philippines (3.4 percent). Ethiopia is the African largest consumer.
13. Consumption in the United States has fallen by about 0.7 percent annually on average. This is indicated in **chart 6**, which also shows the trend growth for the European Union. By contrast to the United States, growth in the European Union has been positive, an average 1.8 percent annually during the 30 years. Above average growth has been achieved by Italy, 2.2 percent annually, and, outstandingly, by Spain, where consumption growth averaged almost 4 percent per year from 1967 to 1996.
14. It is unlikely that the substantial growth in incomes that occurred during the 1970s and 1980s will be repeated in the near future. Thus, we might expect to see some slowing in consumption growth with negative trends, largely associated with younger people, dampening progress. It may be necessary for everyone connected with coffee business to work even harder.

STOCKS

15. **Chart 7** shows the evolution of world stocks in importing and exporting countries since 1965/66. World stocks have been declining steadily since 1992/93. Stocks in importing countries have decreased substantially in recent years. The biggest reduction in world stocks occurred during the period from 1976 to 1979 coinciding with a sharp fall in world production. Stocks of green coffee in the principal importing countries, including stocks in free ports, were estimated at 7 million bags at the end of December 1996. This is a small reduction in relation to stocks held at the end of December 1995 but only about half of the stocks held in December 1994 and nearly one-third of the stocks held in December 1992.

SUPPLY/DEMAND BALANCE AND PRICES

16. **Table 2** summarizes the quantitative ratios of supply to demand on a calendar year basis since 1965 and **table 3** provides data that permit a comparison between the supply/demand ratio and its effect on the ICO composite price. Data on production and opening stocks in producing countries have been converted into a calendar year for ease of comparison. The world supply/world demand ratio continues to be low in comparison with previous years, particularly in 1991. World production has been below world consumption since 1993. The supply demand ratio is 0.96 in 1996 compared to 1.03 in 1991. A look at the data since 1980 indicates that the most important surplus occurred in 1987, leading to a fall in the composite price from 170.93 US cents/lb to 107.81 US cents/lb in 1987. Supply has consistently fallen short of demand since 1993. The chart 8 indicates the evolution of supply end demand since 1965.
17. **Chart 9** shows the evolution of the ICO composite price from 1965/66 to 1996/97. This historical record of the composite price reveals the cyclical phenomena and instability that characterize the coffee market. It will be seen that there were three major periods of rising prices alternating with periods of falling prices. The first and longest period extends from 1971/72 to 1976/77 with the steepest rise between 1975 and 1977. This first period of rising prices is attributable to the imbalance between supply and demand, aggravated by frosts in Brazil. Quotas were suspended in December 1972 and reintroduced in December 1980. The second period of higher prices was from 1981/82 to 1985/86. This period was also characterized by climatic problems in Brazil and other major producing countries. Once again, the quota system has been suspended since July 1989 and prices remained low until 1993. The third period began from 1993/94 to 1994/95 following the frost and drought in Brazil.

B. CURRENT SITUATION AND OUTLOOK

18. Overall, analysis of this historical evolution of coffee prices shows the key role played by fundamental supply and demand factors. The first three periods of rising prices (1971 to 1977, 1981 to 1986 and 1994 to 1995) were mainly the result of climatic events in Brazil. The first two periods were lengthy, corresponding more or less to the time required for new investments in coffee growing to become productive. On the other hand, the third period of rising prices, which also coincided with climatic events in Brazil (frost and drought) was shorter and seems to mark a change in the nature of the factors determining the behaviour of coffee prices. The recent increase in prices since January 1997, unlike the three earlier periods seems not to be attributable to supply problems.

19. I suppose that the critical question is how do I see the market in the future? I have no magic crystal ball and there are too many variables in the supply/demand equation for me to be specific. My general impression is that with supply still on the tight side, demand healthy but not over-strong and stocks close to the safety margins, market prices should remain firm for the next year or two around today's levels - that is to say, not too far from the averages of the 1980s but certainly with more short-run volatility. I think we can say that those levels permit coffee to sell at a price acceptable to the public. There can, of course, be no certainty that these prices will hold. Major climatic or environmental disasters can never be ruled out. That would force prices up. At the same time the current level of market prices could encourage an increase in production - there are already some signs of this occurring - and that could force prices down. By and large I would say that the odds favour relative stability in the near future.

20. There is one new market factor which can also disturb markets and complicate forecasting. I refer to the large funds available for speculation on commodity futures markets. These funds are often managed by persons who have no inherent attachment to a specific commodity such as coffee and little experience of it. Often their decisions are not based on the traditional fundamentals of the market but on considerations external to it, even rumours and on impulse. The adverse implications for price stability are obvious. This is an unwelcome aspect of the free market but one which it would seem we must learn to live with.

21. **On the production side**, however, I see other changes taking place of a more fundamental nature. The advent of free market conditions meant far more than the abolition of quotas and controls. Within the producing

countries there has been a widespread move away from control and parastatal bodies - the Coffee Boards, the Caisses and Institutos, which were created to bring local price stability and provide help to producers through extension services, have come to be considered too bureaucratic and costly and have been disappearing. As a consequence, marketing arrangements for coffee in many of these countries have changed. Farmers are more closely linked to movements in world prices and new channels for sales have had to be developed.

22. **There is another trend in production which might have future significance.** I refer to the change in supply of Robustas. This type of coffee has traditionally come from Africa. The far East is becoming an increasingly important supplier of Robustas, with Vietnam emerging as a new force in the market.
23. **World production is currently running at some 99.8 million bags, some 14.7 million bags higher than the volume for 1995/96.** This is mainly due to the recovery in Brazil where in crop year 1996/97 was 27.6 million bags, 75 percent higher than that of 1995/96 after two frosts in June and July followed by a prolonged drought. If these estimates are confirmed, supply in crop year 1996/97 will be just 2.1 million bags lower than the record level of 101.9 million bags reached in crop year 1991/92 and will be the second highest level in this decade.
24. **Since coffee bushes take six to eight years to reach normal yield it is often assumed that supply of coffee is price inelastic over the short term,** however, producers may influence productivity through more complete harvesting and better maintenance. Farmers, however, do not reduce production in short term in response to a price fall, because the fixed costs of production, in particular those costs associated with establishment, form a large proportion of total costs. The first saving to be made involve material inputs and hired labour which leads to a fall in quality of coffee harvested. Large capital-and-cost intensive estates are first to face the problem of low prices, whereas small-holders, using their own labour and fewer inputs can at least temporarily continue production. Generally speaking, all producers continue to harvest as long as the price of coffee is higher than the cost of harvesting (variable costs). In some producing countries, only with continuing falls in price does the harvest stop and can speak of a dormant production area. Such areas remain planted but are not harvested while prices remain low, if prices occurs the trees are taken into production again. In other words, with prices low and the national coffee agencies fading, there is a general lack of funds for coffee formers to invest in good husbandry and the overall improvement of the product.

25. **On the demand side** there appears to have so far only a slight increase in consumption in the East European markets. It may expand as economies strengthen but for the moment growth is slow and is being offset by weakness in some traditional markets. In fact overall demand (including consumption in the producing countries themselves) is about 98 millions bags (60 kilograms each bag) and the trends is flat. It is difficult to be confident about a surge in demand in the immediate future given the uncertainty world financial situation affecting consumer confidence and the intense competition which coffee faces from soft drinks and other beverages in both the youth and more adult markets. There are some positive areas, notably in the relatively small quality sector. Here we see signs that the gourmet style preferences of discerning consumers are being reflected in growing interest among some major roasters in producing specialist coffees. Whether mass marketing in this field is just around the corner remains to be seen.

26. **It will be useful to note that the principal factors affecting consumption are as follows:**

- **Retail price:** If the real, inflation adjusted, retail price should fall then consumption will rise, and vice versa. Consumption during most of the 1970s, 1980s and early 1990s benefited from a steady reducing real retail price. The effect of changes to retail price will vary between countries and within countries. For instance, we might expect that the price effect would be stronger in countries where coffee is less well established and competes closely with alternative beverages. Moreover, prices rises will impinge more strongly on the poorer sections of the community and act as the equivalent to a reduction in income.
- **Incomes:** Consumption over the last 30 years has also benefited from rises in real incomes, (inflation adjusted), and the consequential rise in personal consumption expenditure. Though it may be some years before we see the full benefit, the improved economies of central and eastern Europe and other countries in Europe, Latin America and the Far East will lead to an upsurge in coffee consumption. As with prices, the income effect will vary within countries. Normally, the proportionate expenditure on food and beverages fall as incomes rise. One reason is that many members of the higher income groups have some degree of saturation. It could be expected that improved incomes for the lower income groups would lead to very substantial increases in consumption.

- **Trends:** There is a negative trend in the United States associated with changes to lifestyle. Many years ago, the ICO conducted some research into the coffee consumption of young people. The changing trend in their consumption of meals was thought to be responsible for some losses in consumption. Briefly, they had partly abandoned the traditional family meal, where coffee was an integral part. They had replaced this with snack eating, especially of spicy foods. Coffee was thought of as a less suitable accompaniment than carbonated soft drinks. In the United States and in other countries, negative trends are associated with urbanisation when young people leave their family home and move to big towns and cities. Urbanisation can also be positive, mainly in the less established markets.

ESTABLISHED MARKETS

- 27. Among established or traditional markets, Germany is of course the largest European consumer and the world's second consumer after the United States of America by volume. Germany is highly developed market which is sensitive to price movements. In spite of the high overall per capita consumption of 7.4 kg per annum in 1995 there is still scope for catching up with national levels of consumption in the Eastern part of the country. This together with a trend towards market segmentation into new products such as espresso, flavoured soluble, organic and origin gourmet, points to a continued growth rate of some 1.4 percent a year in the period 1995 to 2000 with a trend target consumption of 10.7 million bags by the end of the century from 10 million in 1995.**
- 28. Turning to the United States, clear indications are now emerging that the continued positive growth in the specialty sector is at last having an impact on overall volume of consumption, leading to prospects of a reversal of the declining trend that has been a characteristic of the market since early 1960s. Whereas consumption declined from 21.9 million to 17.5 million bags from 1965 to 1995 a growth rate of one percent a year from 1995 to 2000 should lead to consumption reaching some 18.4 million bags by the latter year, with the value of the specialty sector exceeding US\$ 3 billion.**
- 29. Encouraging trends can also be detected in some European markets, although in some countries such as Belgium there have been declines. In Spain, growth has been income related but substantial, rising from 800,000 bags in 1965 to 1.8 million in 1985 and 2.8 million in 1995. With an expected growth rate of 1.4 percent per annum, consumption by 2000 should reach the three million bags level. In Italy too there has been steady**

growth, with consumption progressing from 2.1 million bags in 1965 to 4.6 million in 1995. Per capita consumption at 4.9 kg in 1995 is still below Northern European levels but continued growth at around 2.3 percent a year should lead to consumption levels above 5 million bags by 2000. An important feature of the Italian coffee industry is the international success of Italian espresso. Japan has been the big success story of the last 30 years, with consumption progressing from 500,000 bags in 1965 to 6.2 million in 1995. Although there are clear signs of levelling off, a modest continuing rate of growth of 0.6 percent should still take consumption up around 6.4 million bags by 2000.

EMERGING MARKETS

30. **It is the liberalized or liberalizing markets of Eastern Europe and the Far East that prospects for coffee are most exciting.** In Poland for instance, consumption per capita at 2.2 kg in 1994 is still substantially below to its German neighbour, although it has increased to 1.4 million bags from only 300,000 in 1965. Here the annual growth rate currently exceeds 11 percent, leading to predictions of total consumption of around 2.2 million by 2000, with substantial involvement in the market by Western roasters.
31. **In Russia, severe economic and distribution problems remain,** together with traditionally tea-oriented consumer. Nevertheless current high annual growth rates of nearly 12 percent are likely to continue, bringing consumption in 2000 up to around 2.7 million bags, with excellent prospects for further progress. I very hope that this movement will be further stimulated by the promotional programme which the ICO Promotion Fund is developing for this market.
32. **Probably the most exciting long-term prospects are for consumption in China.** Not only is there a continued drive towards economic liberalization but is estimated that around 100 million Chinese have the necessary purchasing power to drink coffee on a regular basis. Again this is a target for action by the ICO Promotion Fund. Although the country remains very much a tea-drinking area the analogy with Japan also traditionally a tea consumer, shows that this need not hinder the introduction of coffee too much, and that soluble is, initially, the probable key to market. Possible growth rates are shown by movements from 1985, when net imports were about 10,000 bags, to 1995, when they reached nearly 200,000. On this basis consumption should reach anywhere between 0.5 and 1 million bags by 2000, but it is more likely to be towards the upper end of this range. With the success of educational/promotional campaigns and continued

economic progress a target of 5 million bags by 2005 is by no means out of the question.

33. **High growth rates can also be seen in other emerging markets** such as the Middle east and North Africa. Net imports by Turkey doubled from 1985 to 1995 from 70,000 to 140,000 bags while in Israel growth in the same decade was even higher, from 200,000 to 450,000 bags. In Algeria net imports in 1994 reached 1.6 million compared with only 200,000 in 1965.

DOMESTIC CONSUMPTION IN EXPORTING COUNTRIES

34. **Domestic consumption in exporting countries** has increased by 1.3 million bags to 23.8 million bags in the 1996/97 season. The outlook for consumption in exporting countries is, not surprisingly in view of the diversity of conditions, somewhat mixed. Brazil remains the largest consumer with consumption expected by the local roasters to achieve a 15-million bags target by the year 2000. An other growth area is Indonesia, reflecting current growth patterns in the Far east. Domestic consumption increased from 1.2 to 2.2 million bags between 1985 and 1994, with the annual growth rate up to 2000 running at over 8 percent annually. This implies consumption in 2000 of around 3.4 million bags. India, currently consuming one million bags, will also be a country to look at.
35. **In trying to access the future behaviour of prices**, there is one very wild card in the pack – I refer to the commodity exchanges or futures markets. Here, I consider that there has been a change of character with large-scale commodity funds being invested more in response to financial considerations such as movements in exchange rates and less in response to technical questions related to coffee itself. Swings may occur which have little to do with the realities of supply and demand. Price fluctuations on the exchange, which seem to be particularly pronounced in the coffee market, are making the drawing up of contracts difficult for both the importer and the exporter. Clearly the futures markets have an important role to play in allowing traders to hedge against losses but I believe that in the coming years we will see efforts being made to correct the current situation. Highly volatile prices are determined to both exporters and importers in trade deals and questions are already being asked as to what can be done.
36. **I foresee supply out-stripping demand before the century** is out and, to put it bluntly, I fear we could well be entering the danger period of a boom-bust cycle. There is plenty of encouragement for farmers to increase

production at today's prices. It is possible to see high crop levels being achieved, especially where there is available capital and land to take advantage of modern farming methods, coupled with new technology in such things as plant breeding and pest and disease control. There are signs that new plantings and restoration of frost damaged trees will soon push production levels in Brazil back to the 25-30 million bags mark. Elsewhere, including Africa, we hear reports that production is recovering. In the far East, where economies have reputation for growth, Vietnam is emerging as a serious producer and other countries are recording larger crops. China remains an unknown quantity as a potential producer. With or without it, we must be alert to the danger of a slump in market prices inside of five years.

37. **The coming millennium promises to be busy exciting and challenging.** Coffee has proved itself over the centuries to be a very resilient commodity. The beverage market is, however, highly competitive and we cannot afford the luxury of being cautious and conservative. We must be prepared to accept changes and we must be prepared to work together to ensure that the changes when they are introduced are those which ensure coffee remains universally popular drink of the highest quality.

38. It has given me great pleasure to address you. I would like to say in conclusion that if a golden future for coffee is to be secured in this new world in which we are operating, we need to meet two conditions. In the first place, the exporting and importing countries must, with mutual trust, enter into a constructive dialogue on the main issues confronting the coffee market. In the second place, they must decide upon practical goals and work together to ensure that the necessary policies are implemented to achieve these goals, combining the flexibility of a free market with the desired equilibrium of supply and demand, without the introduction of cumbersome bureaucracy. I am confident that the ICO has an important part to play in putting these policies into effect.

Thank you

BIOTECNOLOGIAS Y TECNICAS DE REPRODUCCION DE MATERIALES PROMISORIOS EN COFFEA ARABICA¹

Dr. Mark Berthonly²
CIRAD--CP Francia

RESUMEN

Para muchos cultivos tropicales, la diversidad genética existente no ha sido realmente o suficientemente utilizada. Esto por varias razones: técnicas no apropiadas, recursos financieros, tiempo.

Desde más de 20 años grandes esfuerzos han permitido desarrollar "nuevas técnicas que permiten un conocimiento más profundizado del organismo vivo y su mejor utilización".

Dichas técnicas llamadas "Biotecnologías" permiten al inicio del segundo milenario no solamente nuevas estrategias de investigaciones, pero también que sea más eficiente dicha investigación agronómica.

Hoy día frente a los problemas que encuentra la caficultura latino-americana, como la susceptibilidad a la mayoría de las plagas y enfermedades y la baja adaptabilidad de las variedades liberadas, la competencia internacional, y los problemas económicos del mercado, los productores no pueden esperar por lo menos 30 años, a veces más, para tener a su disposición una nueva variedad.

Para responder a dichas necesidades como la productividad, la resistencia y la calidad de taza, es necesario utilizar la diversidad genética existente en los individuos de Etiopia.

Entonces, eso significa que es necesario salir del esquema "tradicional" de mejoramiento genético (variedades), para empujar una estrategia dirigida hacia la creación de híbridos F1 y su propagación por vía vegetativa.

Hoy día eso es posible gracias a los grandes progresos realizados en biotecnologías en general, y más específicamente en biología molecular (estudio de la diversidad genética), en cultivos de tejidos (micropropagación de híbridos F1), y en ingeniería genética (resistencia a los insectos).

Gracias a la utilización de las biotecnologías, se podía definir nuevos enfoques y metas para la caficultura, y se espera así poder responder más rápidamente a las necesidades de los productores.

¹ Trabajo presentado como conferencia magistral en el XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura, San José, Costa Rica, Setiembre 16 al 18 de 1997.

² Técnico del CIRAD--CP 2477 Av du Val de Monferrand BP 5035, 34032 Montpellier, Francia.

A. GENERALIDADES

El café es uno de los productos agrícolas más importantes en el mercado internacional. De esta actividad depende la economía de más de 50 países productores. Cultivado en $11,2 \times 10^6$ ha, y produjo, en 1990, $5,4 \times 10^6$ toneladas de café oro (Café Cacao, Thé, 1992).

El café consumido en el mundo está principalmente producido por dos especies cultivadas: *Coffea arabica* y *Coffea canephora* representan respectivamente el 75 y el 25% del mercado mundial.

C. arabica está producido en regiones tropicales de altitud (500 a 2500 msnm). Representa la única especie tetraploide ($2n = 44$ cromosomas) y autogama del género *Coffea*. *C. arabica* produce un café de calidad y con reducido contenido de cafeína. No obstante, es por lo general sensible a las enfermedades como la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) y la antracnosis de los frutos (*Colletotrichum coffeanum* (CBC), principales enfermedades de esta especie.

La metodología de mejoramiento de *C. arabica* es la aplicada por lo general a las especies autogamas. Tiene por base la obtención de descendencias puras por selección genealógica después de la recombinación de caracteres aportados por los padres.

Recientemente, la existencia de la heterosis fue señalada en *C. arabica* en India (Srinivasan y Vishveshwara, 1978), en Kenia (Van der Vossen y Walyaro, 1981) y en Etiopía (Ameha, 1983).

Se trató de aprovechar híbridos F1 multiplicados por vía vegetativa pero sin éxito, dado que los métodos convencionales de propagación no permitieron más que reducidas tasas de multiplicación (Van der Vossen, 1985).

La multiplicación vegetativa desempeña por lo tanto un papel importante en la selección de los cafetos. Permite la propagación y la explotación de las estructuras genéticas heterocigotas. También puede reducir el número de ciclos de selección. En efecto, en el cafeto, cultivo perenne, crear una variedad requiere como mínimo 35 años. La multiplicación vegetativa puede por lo tanto encontrar su aplicación en clones seleccionados de *C. canephora*, en híbridos interespecíficos como el Arabusta, o bien en híbridos intraespecíficos de *C. arabica* tal como el Riuru 11.

La técnica de multiplicación vegetativa más utilizada en el cafeto es el esqueje. Sin embargo, debido al dimorfismo de los ejes vegetativos, el número de esquejes ortotrópicos que puede producir un cafeto se halla muy limitado. En el marco de una multiplicación a gran escala, la poca disponibilidad de esquejes puede llevar a plazos considerables para la divulgación de un nuevo clon. Además, el esqueje hortícola exige la instalación de jardines clonales, lo que implica diversas limitaciones entre ellas en el mantenimiento y las superficies utilizadas (Deus y Descroix, 1984).

En este contexto, la puesta a punto de técnicas de multiplicación *in vitro* presenta un gran interés para incrementar la tasa de multiplicación y permitir una difusión rápida de los híbridos o de los clones seleccionados.

Desde hace algunos años, varios autores (Staritsky, 1970; Sondahl y Sharp, 1977; Dublin, 1980, 1982; Pierson *et al.*, 1983; Yasuda *et al.*, 1985; De García y Menendez, 1987; Berthouly *et al.*, 1987) mostraron que el micro esqueje y la embriogénesis somática pueden aplicarse al café.

La embriogénesis somática aparece como una alternativa interesante y más económica para la multiplicación de plantas seleccionadas. Además de constituir un modelo interesante para estudios fundamentales, su aplicación más promisoría es la multiplicación de plantas a gran escala (Ammirato, 1987).

Distintos estudios sobre el café permitieron evidenciar la aptitud de esta especie para la embriogénesis somática y para el desarrollo de los embriones en plántulas. No obstante, la tasa de multiplicación seguía siendo muy baja para una multiplicación a gran escala. En efecto, De García y Menendez (1987) que trabajan sobre la embriogénesis somática en medio sólido mencionan como producción "record" 60 a 65 embriones por explante después de 14 semanas de cultivo.

Con el fin de explotar el relevante potencial de la embriogénesis somática y de reducir así el costo de producción de las plántulas, su aplicación en medio líquido resulta necesaria. En efecto, la posibilidad de cultivar suspensiones celulares puede permitir el "scaling-up" y la producción masiva de embriones en bioreactor. En otras especies, los resultados son muy promisorios. Pétiard *et al.* (1987) relatan una capacidad de producción de 80.000 embriones de zanahoria por litro y por día en un bioreactor de 10 litros.

Hasta ahora no existe un método comercial de multiplicación *in vitro* del café.

B. ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO GENETICO DE *C. ARABICA*

B.1. Generalidades

Las plantaciones de *C. arabica* en los países productores de América Central y de Asia del Sur y del Sureste fueron constituidas originalmente a partir de un número muy limitado de plantas (Coste, 1968). En consecuencia y debido a su carácter autogamo, los *C. arabica* cultivados tienen una base genética limitada. Charrier (1980, 1985) hizo especialmente énfasis en el interés por prospectar cafetos espontáneos así como su conservación y su integración en los programas de mejoramiento.

Las prospecciones de la FAO en 1964 y del ORSTOM en 1966, han contribuido a la ampliación de la base genética de numerosas colecciones de *C. arabica* con cafetos de origen subespontáneo del suroeste etíope (Charrier, 1985).

La aparición de más de 40 mutantes en las plantaciones de Brasil contribuyó a la creación de nuevas variedades tales como Margogyne, Cera y Caturra (Carvalho, 1988). Entre estos mutantes, varios presentan un interés práctico para el mejoramiento de esta especie (Van der Vossen, 1985). Por ejemplo, el mutante Caturra caracterizado por un crecimiento compacto fue utilizado en varios programas de mejoramiento. Su tamaño reducido per-

mite cultivarlo en altas densidades e incrementar asimismo la productividad.

B.2. Criterios y métodos de selección

En el caso de *C. arabica*, se enfocaron los criterios de selección en la adaptación a las condiciones ecológicas regionales, en el rendimiento y la calidad. En un pasado reciente, los trabajos fueron orientados principalmente hacia la creación de variedades resistentes a la roya anaranjada y a la antracnosis de los frutos. Estas dos enfermedades constituyen el problema fitosanitario más serio para *C. arabica*.

La metodología tradicional seguida para seleccionar *C. arabica* fue principalmente la hibridación y luego la selección genealógica y la selección por retro cruzamiento (Charrier, 1985; Bettencourt y Rodríguez, 1988). Las variedades así logradas son suficientemente homogéneas para permitir una multiplicación por semilla. Así, prácticamente se instalaron todas las plantaciones de *C. arabica* con semilla (Van der Vossen, 1985).

Un descubrimiento interesante que subrayar, es la existencia de la heterosis en el café *C. arabica*. Fue referido en India (Srinivasan y Vishveshwara, 1978), en Kenia (Van der Vossen y Walyaro, 1981) y en Etiopía (Ameha, 1983). La heterosis puede explotarse para la creación de variedades híbridas F1, lo que modificaría radicalmente la estrategia clásica de selección (Charrier, 1985).

Los ensayos de multiplicación por vía vegetativa tradicionales de híbridos F1 no tuvieron éxito. La producción de híbridos se realiza mediante cruzamiento manual controlado de los padres (Van der Vossen, 1985).

B.3. La selección para la resistencia a las enfermedades

Los programas de investigación sobre el café en Brasil, en Colombia, en India, en Portugal y en América Latina, se dirigen principalmente hacia el mejoramiento de las variedades cultivadas mediante transferencia de los factores de resistencia de *Hemileia vastatrix* (Bettencourt, 1982).

La fuente de resistencia más utilizada es el híbrido de Timor, oriundo de la introgresión natural de *C. arabica* por los *C. canephora* indonesios. Este híbrido posee 4 genes mayores de resistencia procedente de *C. canephora* (Bettencourt y Rodríguez, 1988).

El cruzamiento del híbrido de Timor con el mutante enano Caturra Rojo dio la variedad Catimor, la cual se estudia en varios centros de investigación del mundo (Bettencourt, 1982). El híbrido de Timor entró en otras combinaciones y llevó a la obtención de las variedades Catimor y Sarchimor (Bettencourt, 1983).

En el café, el retro cruzamiento se utiliza para la introducción de caracteres (resistencia a las enfermedades, vigor, caracteres del fruto, etc...) que le faltan a la variedad interesante utilizada como padre recurrente.

El Catimor, variedad resistente a la roya anaranjada, logrado por el "Centro

de Investigacao das Ferrogens do Cafeeiro" (CIFC) fue retro cruzado con la variedad Catuaí para transmitirle el carácter de vigor (Carvalho, 1988). En efecto, varios investigadores señalaron la falta de vigor en los Catimores (Bettencourt, 1982; Zamarripa, 1986).

En el transcurso de los últimos 25 años, el Instituto Agronómico de Campinas en Brasil desarrolló la variedad Icatu, derivada de un cruzamiento artificial entre un *C. arabica* tetraploide y un *C. canephora* tetraploide logrado por tratamiento con colchicina. El híbrido F1 fue retro cruzado con Mundo Novo y también con otras variedades de *C. arabica*, tales como Bourbon Amarillo y Catuaí. Las poblaciones de Icatu más eficientes son derivadas de S2 o S3, de BC2 y BC3 (Carvalho, 1982, 1988).

La variedad Icatu contiene genes de resistencia a la roya pero también al CBD y a los nemátodos (Carvalho, 1988). Actualmente, la selección de varias descendencias de Icatu parece muy adelantada a tal punto que debe examinarse su divulgación (Eskes, 1991).

Estudios sobre el control genético de la resistencia indicaron la existencia de por lo menos nueve genes dominantes de resistencia a *Hemileia vastatrix* (Bettencourt y Rodríguez, 1988). La resistencia incompleta a *C. arabica* a *H. vastatrix* fue objeto de investigaciones. Los resultados logrados en Brasil muestran la existencia de una resistencia horizontal en poblaciones de *C. arabica* y de *C. canephora*, variedad Kouillou (Eskes, 1983). La antracnosis de los frutos (CBD) es una enfermedad muy grave de *C. arabica* cultivado en las zonas altas, húmedas y frías, de Africa Central y Oriental. La CBD no se encuentra en los países de América Latina pero las condiciones climáticas de altitud son comparables a las regiones de cultivo del café de Africa del Este (Van der Vossen, 1985). Esta enfermedad presenta por lo tanto un fuerte peligro potencial para el cultivo del café de América.

El programa de selección para la resistencia al CBD siguió dos estrategias diferentes. En Kenia, el programa de mejoramiento iniciado en 1971, consistió en la introgresión de resistencia al CBD procedente del germoplasma de *C. arabica* salvaje en variedades regionales tomando la precaución de mantener calidad y la productividad del café típico de Kenia.

Los trabajos llevados a cabo en Etiopía se dirigieron hacia la selección y la multiplicación de genotipos resistentes al CBD seleccionados entre poblaciones seminaturales del centro de diversidad genética de *C. arabica*. La productividad y la calidad tuvieron el segundo rango en estos trabajos (Van der Vossen, 1985).

Estudios realizados por Van der Vossen y Walyaro (1980) indicaron que la resistencia al CBD está controlada por dos genes mayores de la variedad Rume Sudan (un gen dominante R y un gen recesivo K), y por un gen del híbrido de Timor (T), de dominancia incompleta.

Cabe anotarse que también se verificaron avances de mejora genética de los cafetos para la resistencia a los nemátodos, *Meloidogyne* sp y la resistencia

a las minadoras de las hojas *Perileucoptera coffeella* (Eskes, 1991). Desde 1991 se ha iniciado en América Central un programa de mejoramiento genético en base a la creación de híbridos F1 de *C. arabica*.

B.4. La hibridación interespecífica

La hibridación interespecífica fue utilizada en el café para la transferencia de caracteres particulares a las variedades regionales. El tipo de mejoramiento genético en América y en África fue dirigido en el híbrido interespecífico entre *C. arabica* y *C. canephora* con dos objetivos principales pero diferentes acorde al país: mejorar la calidad del café robusta e introducir el vigor y la resistencia a las enfermedades de robusta a *C. arabica*.

En Costa de Marfil, Capot (1972) emprendió la hibridación entre estas dos especies con el objetivo de reunir en un nuevo café, rusticidad, productividad y resistencia a la roya de *C. canephora* y valor organoléptico y bajo contenido de cafeína de *C. arabica*.

Pudo superarse el obstáculo de la esterilidad causado por los diferentes niveles de ploidia al cruzar genitores *C. arabica* por genitores *C. canephora* autotetraploides, logrados después de tratamiento con colchicina. Por selección clonal, dentro de estos híbridos heterogéneos, se seleccionaron varias formas interesantes al nivel agronómico y se difundieron bajo el nombre de Arabusta.

En Brasil, se encuentra otro ejemplo del uso de la hibridación interespecífica, donde se consiguió transferir a *C. arabica* caracteres de resistencia a la roya anaranjada y a los nemátodos, procedente de *C. canephora*. Por selección de los individuos equilibrados, después de 4 a 5 ciclos de backcross con el padre *C. arabica*, asimismo se crearon cafetos tetraploides fértiles y resistentes, llamados Icatu Vermelho e Icatu Amarelo (Carvalho, 1988).

La hibridación interespecífica ofrece un gran potencial de mejoramiento genético relacionado con numerosas especies de *Coffea*. Estas poseen caracteres originales e interesantes de arquitectura, de floración y de fructificación, de adaptación pedoclimática, de comportamiento frente a enfermedades y parásitos y, de valor cualitativo del café.

Híbridos como Congusta resultan del cruzamiento *C. canephora* x *C. congensis* y aparecen como un material interesante por sus características agronómicas (Charrier y Berthaud, 1988).

Con el objetivo de mejorar la especie *C. canephora* cultivada, se lleva igualmente a cabo un programa de hibridación interespecífica en Costa de Marfil que deja intervenir especies como *C. congensis*, *C. eugenioides*, *C. liberica* y *C. dewevrei* (Louarn, 1987).

B.5. Mejoramiento no "convencional"

Los progresos realizados en biotecnologías permiten pensar en una nueva estrategia de mejoramiento genético: *la transformación genética*.

Es la incorporación de "un gene" en una célula. Dicha técnica esta utilizada por el momento para la resistencia contra los insectos, pero puede ser utilizado por otros problemas como la calidad.

El desarrollo de una técnica de micropropagación vegetativa, como la embriogénesis somática, ha permitido poner más énfasis en dicha técnica.

C. LAS TECNICAS DE REPRODUCCION DE MATERIALES PROMISORIOS

C.1. Las semillas:

En la naturaleza, el cafeto se reproduce por semillas. En cultivo, el cafeto puede ser multiplicado mediante técnicas arborícolas tales como el esqueje y el injerto (Coste, 1968). Para la multiplicación vegetativa, se pueden utilizar más que tallos ortotropos con motivo del dimorfismo vegetativo de los cafetos. Cualquier esqueje de plagiotropo lleva a un cafeto de porte rastreando sin interés práctico (Coste, 1968).

La multiplicación vegetativa se práctica sobre todo en *C. canephora* y el híbrido arabusta debido a la imposibilidad de reproducción conforme por vía sexuada de los individuos escogidos. En *C. arabica*, en cambio, donde la reproducción conforme puede lograrse por semillas, la multiplicación vegetativa en condiciones hortícolas se utiliza menos. Además es más primorosa, por lo menos para el esqueje.

C.2. El esqueje:

Esta técnica conocida en el cafeto desde hace mucho tiempo (Coste, 1968) es actualmente más utilizada (Deuss y Descroix, 1984; Cambrony, 1989) en *C. canephora*.

Se preparan los esquejes a partir de entrenudos de chupones ortotropos tomados en clones dando buenos resultados. El tallo se corta a los 4-5 cm por debajo de cada nudo y justo encima de la base de los pecíolos. Los segmentos comprenden un nudo y 2 hojas cortadas por la mitas o en la tercera parte de su largo. Estos segmentos se seccionan luego longitudinalmente para obtener asimismo 2 esquejes clivados que llevan cada uno una hoja (Boudrand, 1974). Después de tratamiento de la base con un producto auxínico, los esquejes se colocan en tanques de esqueje. El substrato de arraigo puede ser arena, aserrín, parche de arroz.

La tasa de enraizamiento varia acorde a los clones, al estado fisiológico de los esquejes y al período del año (Cambrony, 1989). Así Boudrand (1974) con clones de *C. canephora* relata un arraigo medio del 60 al 90% de los esquejes puestos en tanques. Cambrony (1989) refiere una tasa de éxito del 60% después de 8 semanas y del 80% después de 12 semanas. También señala que en un proyecto de instalación, habida cuenta de las incertidumbres del medio ambiente normal de un vivero, el rendimiento medio por contar

sería del 50%. La producción anual de un jardín clonal de *C. canephora* es de 150 a 200 esquejes por pié, o sea 2,7 millones a 3,6 millones de esquejes por hectárea y por año (Cambrony, 1989).

C.3. El injerto:

Más a menudo se reserva esta técnica a las manipulaciones del material vegetativo en los centros de investigaciones. Couturon y Berthaud (1979) mencionan que en Costa de Marfil, los investigadores del ORSTOM practican corrientemente el injerto, con miras a mejorar el crecimiento de ciertas especies y de ciertos híbridos o reducir la duración de las generaciones. No obstante, cabe señalarse que en ciertos países latinoamericanos, tal como Guatemala, el injerto de *C. arabica* en *C. canephora* es una práctica muy utilizada para controlar los nemátodos.

Las técnicas de injerto utilizadas son muy clásicas: injerto de púa por rajadura, injerto por aproximación (Coste, 1968; Cambrony, 1989). Couturon y Berthaud (1979) instrumentaron la técnica de injerto de embriones de cafetos, cuyos interés principal es la recuperación de material que no se hubiera podido salvar en condiciones normales de germinación de las semillas. Esta técnica permite el desarrollo de ciertos híbridos entre especies de cafetos genéticamente apartados.

D. LAS BIOTECNOLOGIAS APLICADAS A *C. ARABICA*

D.1. Generalidades

La biotecnología es un conjunto de "técnicas aplicadas a un organismo, parte de un organismo, entidades sub-celulares, o proceso biológico".

Desde más de 20 años dichas técnicas son cada día más utilizadas en la agricultura, para tratar de responder más rápidamente a los problemas que enfrenta dicha agricultura moderna.

D.2. Técnicas de micropropagación *in vitro*

Por las técnicas de cultivo *in vitro*, se conocen dos vías de multiplicación vegetativa del café: el micro esqueje y la embriogénesis somática.

D.2.1. Micropropagación mediante microestacas:

Generalidades

La técnica de micro esqueje del café fue desarrollada por Dublin (1980, 1984) y Custers (1980). El principio de esta técnica tiene por base la del esqueje hortícola pero realizado *in vitro* cuyo objetivo es favorecer la caulogénesis.

Tiene por finalidad de inducción *in vitro* de yemas axilares existentes al nivel de los nudos ortotropos, su desarrollo y su multiplicación en serie. Esta técnica comprende tres fases esenciales:

- Instalación del material vegetativo *in vitro* y obtención de micro tallos ortotropos: fase más delicada y difícil debido a una pululación de bacterias y de hongos unos días después de la instalación de los explantes en el medio, y la producción de los fenoles. Todos estos factores llevan a una muerte más o menos rápida de los explantes
- Multiplicación en serie de estas plántulas clonales
- Enraizamiento y aclimatación de estas plántulas clonales.

La técnica

Inducción *in vitro* de yemas axilares

Los explantes provienen de tallos ortotropos de plantas en invernadero, en vivero o en el campo. Por lo general se utilizan los 4 a 5 primeros nudos.

Multiplicación *in vitro* de los micro tallos oriundos de la inducción de yemas axilares

Unas 12 a 14 semanas después de la puesta en cultivo, las yemas axilares desbordadas evolucionan en tallos suficientemente desarrollados (3 a 4 pares de hojas), para ser tomados y subdivididos en tanto micro esquejes.

Se utiliza una sola citokinina, la B.A.P. (Benzilaminopurina) en diferentes concentraciones de 0,5 a 3 mg/l.

Se observa que demasiado fuertes dosis de citokinina incrementan el número de micro tallos pero reduce el tamaño de los entrenudos, lo que representa un problema para la multiplicación de estas plántulas clonales.

Los micro esquejes se siembran por 4 en un frasco de 5 cm. de Ø y 20 cm. de altura. Cada 90 días estas plántulas clonales se subdividen nuevamente: se logra un promedio de 30 a 35 micro esquejes por maceta, o sea un promedio de 7 a 9 micro esquejes por explante.

Aclimatación de las plántulas clonales (Lámina 2 y 3)

Unas 10 semanas después de su puesta en cultivo, las plántulas clonales tienen un desarrollo suficiente para ser tomadas y transferidas en un medio de arraigo ya sea sólido, ya sea líquido. En medio sólido, las raíces no desarrollan pelos absorbentes. Resulta preferible hacer la inducción del medio de Murashige y Dkoog, adicionados de vitaminas de Morel y de sacarosa a 10 gr./l. Dos auxinas: el A.N.A. (ácido naftaleno acética) y el A.I.E. (ácido indolbutírico) se utilizan en dosis respectivas de 50 mg/l a 100 mg/l y de una citokinina (25 mg/l). Esta inducción se hace en medio líquido no estéril durante 24 horas.

Aclimatación

Después de la inducción radicular en laboratorio, la aclimatación se hace directamente en vivero en un substrato esterilizado a la calor y compuesto de 3 volúmenes de tierra, 2 volúmenes de arena, 1 volumen de pulpa de café envejecido u otro producto químico o mantillo.

Se realiza en general bajo "túnel" plástico durante 1 mes y bajo sombra (25% de la luz). Se logra una retoma de las plántulas clonales de más del 95%.

D.2.2. Micropropagación mediante embriogénesis somática

Generalidades

La célula vegetal posee una característica importante, la totipotencia, que demuestra que cada célula contiene todo el potencial genético para formar un nuevo individuo genéticamente idéntico a la célula madre.

La embriogénesis somática se define como el desarrollo de embriones a partir de células somáticas. Estos embriones somáticos se desarrollan al pasar por las fases (globular, codiforma, torpilla, cotiledonario) idénticas a las del embrión zigótico (Ammirato, 1987). Estos embriones poseen una estructura bipolar (meristemas radicular y caulinar).

Este modo de reproducción asexual, que existe al estado natural en ciertas especies (Tisserat *et al.*, 1979) fue desde los años 1960 ampliamente estudiado mediante el cultivo *in vitro*. Los primeros ejemplos de embriogénesis somática fueron señalados por Steward *et al.* (1958) y por Reinert (1958) a partir de células de *Daucus carota*. Treinta años después, la embriogénesis somática fue descrita en más de 130 especies perteneciendo a 30 familias diferentes (Thorpe, 1988).

La técnica

Los primeros trabajos de embriogénesis somática sobre el café fueron publicados por Staritsky (1970). Consiguió el desarrollo de cales vigorosas a partir de explantes de tallos de *C. arabica*, *C. canephora* y *C. liberia*, pero solo los cales de *C. canephora* se diferenciaron en embriones somáticos y plántulas.

Sharp *et al.* (1973), trabajando sobre distintos explantes de *C. arabica*, relatan que el potencial morfológico varía acorde al explante utilizado. Así, los cales logrados a partir de tallos plagiotropos no son morfológicos, los oriundos de hojas forman raíces, los oriundos de anteras forman proembriones y los logrados a partir de tallos ortotropos forman plántulas.

Investigaciones realizadas en el transcurso de los últimos veinte años permitieron concluir que la embriogénesis somática puede ser inducida a partir de explantes de origen variado:

Tallos (Dublin, 1980; Staritsky y Van Hasselt, 1980),

- Hojas (Herman y Hass, 1975; Sondahl y Sharp, 1977; Dublin, 1981; Yasuda *et al.*, 1985),
- Ovulos (Lanaud, 1981)
- Anteras (Ascanio y Arcia, 1987)
- Protoplastas (Spiral y Pétiard, 1991; Acuna y Pena, 1991)
- Hojas (Berthouly y Michaux-Ferriere)

Estos resultados demuestran la aptitud de esta especie para la regeneración. No obstante, depende mucho de la naturaleza y del origen del explante. Así,

existe una gran diferencia de reacción entre tallo o hoja o entre especies, por ejemplo, entre *C. canephora* o *C. arabica* (Staritsky y Van Hasselt, 1980).

Para conseguir la diferenciación de los diversos tipos de explantes, se utilizó una gran variedad de secuencias de medios nutritivos. De manera general, la embriogénesis somática puede lograrse acorde a 2 estrategias:

- En una sola fase por cultivo de los explantes en un medio único. En este caso el medio puede contener ya sea una citokinina sola (Dublin, 1981; Yasuda *et al.* 1985), ya sea una auxinia y una citokinina en asociación (Dublin, 1980; Pierson *et al.*, 1983).
- En dos fases por cultivo de explantes en un primer medio de cultivo para iniciar una proliferación de cales, y luego en un segundo para desarrollar células embriogenas en embriones (Sondahl y Sharp, 1977; Dublin, 1984, Berthouly y Michaux-Ferriere 1996).

Sondahl y Sharp (1977) describen dos secuencias de diferenciación morfo-genética a partir de explantes foliares de *C. arabica* que fueron llamadas "High Frequence Somatic Embryogenesis" (HFSE) y "Low Frequence Somatic Embryogenesis" (LFSE).

"LFSE" está caracterizada por la aparición de embriones aislados bien constituidos (1 a 10 por explante) observados después de 13-15 semanas en el medio de inducción. En "HFSE", los embriones se desarrollan a partir de cal friable, este mismo oriundo de un cal primario. Los embriones aparecen más tardíamente que en el caso de LFSE (16 a 20 semanas). En los cultivos de tipo "HFSE", la cantidad de embriones varía de 50 a 100 embriones (Sondahl y Sharp, 1977).

Dublin (1980, 1984) menciona que el proceso de embriogénesis somática en el género *Coffea* se distribuye acorde a 3 fases:

La fase de caulogénesis se desarrolla en la oscuridad (4 semanas) en un medio que contiene reguladores de crecimiento: una o dos auxinas (2,4 D, A.I.B) solas o en combinación, y una citokinina (BAP, 2ip).

- La fase de diferenciación se desarrolla a la luz indirecta en medio que contiene una citokinina sola (BAP) o en asociación con una auxina (2,4 D). Esta fase dura 8 a 10 semanas.
- La fase de desarrollo de los embriones en un medio que contiene A.I.A y kinetine al BAP solo. Esta fase dura 10 semanas. En este medio los embriones se desarrollan hasta la formación de plántulas de 3 a 4 pares de hojas aptas a la transferencia en invernadero.

Staritsky y Van Hasselt (1980) publicaron el primer trabajo sobre la embriogénesis somática en medio líquido en *C. canephora*. Tiene por base la explotación de embriogénesis adventiva. En este método, se utiliza el cal logrado en medio semisólido (6-8 semanas) para iniciar el cultivo en medio líquido. Los primeros embriones (500-1000) aparecen 8 a 10 semanas después de la transferencia en medio líquido. Las producciones ulteriores de embriones se consiguen entonces por brote de los embriones y por formación de novo a partir de los agregados celulares. Estos autores notan la ne-

cesidad de estudiar los aspectos cuantitativos del procedimiento y los problemas de aclimatación de las plántulas *in vitro*.

Poniendo de lado los trabajos anteriores, otros autores utilizaron el medio líquido para la fase de diferenciación, para mejorar la embriogénesis somática (De Pena, 1983). No obstante, no consiguieron suspensión celular mantenida por trasplante regular.

El empleo de suspensiones celulares embriogénicas de café fue relatado ya sea con el objetivo de una producción masiva de embriones (Zamarripa *et al.*, 1991), ya sea como material de inicio para el aislamiento de protoplastas y su regeneración ulterior (Spiral y Pétiard, 1991; Acuna et Pena, 1991)

Factores importantes para la embriogénesis somática:

La formación de embriones somáticos parece ser el resultado de una interacción muy estrecha entre diversos factores. Así, Rangaswamy (1986) relata que casi 50 sustancias perteneciendo a unas 10 clases de compuestos orgánicos e inorgánicos, jugos naturales, extracto de plantas y algunos factores físicos se describieron como pudiendo influenciar la embriogénesis somática.

- * ciclo de selección de nuevas variedades (híbridos F1 después 10 años),
- * Multiplicar masivamente genotipos seleccionados por embriogénesis somática (variedad nemaya).

Abrir nuevas estrategias Medios de cultivo:

Entre los componentes del medio de cultivo más estudiados, se puede citar las auxinas. En efecto, el proceso de la embriogénesis se inicia muy a menudo en un medio que contiene auxinas, más corrientemente 2,4-D (Ammirato, 1983). También se conocen las citokininas para desempeñar un papel en la maduración de los embriones somáticos: Fujimura y Komamine (1975) observaron una especificidad de las necesidades en citokinina: la zeatina favorece la embriogénesis de las suspensiones celulares de *Daucus carota*, mientras que la BAP y la kinetina la inhiben. Por otro lado, la BAP se menciona como teniendo influencia en la embriogénesis somática de *Coffea arabica* y del híbrido Arabusta (Dublin, 1981; Yasuda *et al.*, 1985).

El ABA desempeña un papel en la maduración y la germinación de los embriones (Ammirato, 1977). Se puede citar a título de ejemplo el efecto favorable del ABA en la maduración y la germinación de los embriones somáticos de *Glycine max* (Ranch *et al.*, 1985) y de picea abies (Boulay *et al.*, 1988). En cambio, Tisserat y Murashige (1977a) indican que el ABA inhibe la inducción de los embriones somáticos de *Daucus carota*.

También se ha descrito a menudo la importancia del nitrógeno y de ciertos ácidos aminados. El nitrógeno desempeña un papel esencial a la vez en la iniciación y en la maduración de los embriones (Ammirato, 1983). Los ácidos aminados, y especialmente la glutamina, parecen desempeñar un papel

particular (Ammirato, 1983). La prolina mejora la embriogénesis en *Zea mays* (Armstrong y Green, 1985). En la soya (*Glycine max*), la glutamina, la alanina y la asparagina son factores importantes para el crecimiento de suspensiones embriogenas (Finer y Nagasawa, 1988).

La sacarosa es la fuente de carbono más eficaz (Gautheret, 1959) aunque otros azúcares mostraron efectos favorables. Por ejemplo, la maltosa estimula la embriogénesis somática en *Daucus carota* (Kinnersley y Hender-son, 1988) y *Glycine max* (Obendorf y Slawinska, 1988).

Medio Ambiente gaseoso y físico

La diferenciación puede también controlarse mediante la concentración de oxígeno disuelto. En *Daucus carota* y *Triticum aestivum* concentraciones reducidas de oxígeno favorecen la embriogénesis somática. Al contrario, los cultivos de *Medicago sativa* necesitan concentraciones altas de oxígeno para la diferenciación embrionaria (Stuart *et al.*, 1987).

Se menciona a menudo el papel del etileno en la embriogénesis (George y Sherrington, 1984).

Tisserat y Murashige (1977b) relatan que el etileno inhibe la iniciación de los embriones de *Citrus reticulata* y de *Daucus carota*.

Se mencionaron hace de eso mucho tiempo los efectos en la embriogénesis somática de otros factores del medio ambiente como la luminosidad y la temperatura (Ammirato, 1983).

Densidad celular

La densidad celular fue señalada como un parámetro relevante para el crecimiento de las suspensiones celulares. Halperin (1967) menciona que la producción de embriones somáticos de muestra perforación está influenciada por la densidad celular. Por debajo de un umbral crítico la maduración de embriones se halla inhibida.

Hari (1980) muestra, para una suspensión de zanahoria, que existe una relación lineal entre la densidad celular a la inoculación y el número de embriones producidos y los cultivos de células, de muy baja densidad o, al contrario, muy alta no expresan la totalidad de su potencial embriogénico. Este autor muestra que el crecimiento de embriones somáticos por debajo de un umbral mínimo de densidad puede mejorarse al agregar un medio "acondicionado".

Más recientemente, Ozawa y Komamine (1989) indican que la densidad de los agregados celulares es uno de los factores más importantes para la regeneración de suspensiones celulares de *Oriza sativa* L.

En el marco de este trabajo hemos observado que la densidad de inoculación es un parámetro primordial por determinar para una producción óptima de embriones somáticos de café.

Genotipo

La regeneración de plantas a partir de los cultivos celulares fue mencionada como dependiente del genotipo para varias especies como *Medicago sp* (Brown y Atanassov, 1985), *Glycine max* L. (Parrot *et al.*, 1989), *Pisum sativum* L. (Kysely y Jacobsen, 1990), *Brassica oleracea* (Phippen y Ockendon, 1990) y *Vitis vinifera* (Rajasekaran y Mullins, 1983).

Meijer y Brown (1985) hacen informe de que de 19 genotipos de 4 subespecies de *Medicago sativa*, solamente 8 formaron embriones somáticos. Brown y Atanassov (1985) observan una variabilidad importante entre 76 cultivares de alfalfa *Medicago sp*, sometidos a prueba por su aptitud a la embriogénesis somática.

La lista de los factores citados previamente no es, claro está, exhaustiva pero refleja no obstante la diversidad de los parámetros que intervienen en la embriogénesis somática, diversidad que demuestra la complejidad de la manifestación de la totipotencia celular.

Multiplicación vegetativa por embriogénesis somática de masa. Principio y estado de la técnica

La multiplicación de células embriogenas en suspensión permite una propagación de las plantas a gran escala (Ammirato, 1983).

La utilización de la embriogénesis somática en medio líquido como técnica de multiplicación necesita el dominio de diferentes pasos implicados en el procedimiento. Este procedimiento puede repartirse en 4 fases principales (Pétiard *et al.*, 1992).

Establecimiento de las cepas celulares embriogenas,

- Multiplicación y conservación de las cepas,
- Producción de embriones somáticos en bioreactor,
- Desarrollo de los embriones somáticos y conversión en plántulas

Establecimiento de las suspensiones celulares embriogénicas

El establecimiento de las suspensiones embriogenas comprende por lo general 2 fases: inducción de cales embriogenos en medio semisólido e instalación de suspensiones celulares por transferencia de estos callos en medio líquido. La primera etapa, que consiste en lograr callos, se realiza por lo general en un medio semi-sólido que contiene una auxina asociada o no con una citokinina (Ammirato, 1983) para permitir la adquisición de la competencia a la embriogénesis.

El genotipo, la composición del medio, las condiciones de cultivo son factores importante para lograr cultivos embriogénicos (Ammirato, 1983; Thorpe, 1988).

En la segunda etapa, el cal embriogeno se traslada en medio líquido con una densidad de inoculación y un medio específico para cada cultivo, para conseguir una población de tejidos que pueda mantenerse mediante trasplantes regulares. (Van Boxtel y Berthouly 1996).

El medio y las condiciones de cultivo utilizados pueden influenciar la morfología celular y producir diferentes tipos celulares que coexisten en el cultivo. A título de ejemplo, los cultivos indiferenciados de muestra de perforación están constituidos de 2 tipos celulares. El primero está constituido de células meristémicas de pequeño tamaño, de citoplasma denso con granos de almidón. El segundo tipo corresponde a células parenquimatosas aisladas, de gran tamaño fuertemente alargadas y muy vacuolizadas. Solo el primer tipo celular es al origen de los embriones.

En ciertos casos, el tamaño de los agregados parece correlado con la capacidad embriogena. Así, para la muestra de perforación, se inicia la embriogénesis después de seleccionar agregados, cuyo tamaño está incluido entre 50 y 100 cm. Esta fracción se conoce por ser más embriogena. En cambio, en *Ipomoea batatas*, los embriones se forman a partir de los agregados de tamaño superior a 180 cm.

Multiplicación y conservación de suspensiones

La multiplicación y conservación de suspensiones se realizan habitualmente mediante trasplante regular. La frecuencia de los trasplantes y la densidad de inoculación necesarias al mantenimiento de una cepa se determina para cada una de ellas. En general, la frecuencia es de aproximadamente una a tres semanas.

Una limitación importante para la aplicación comercial de este procedimiento es la pérdida del potencial embriogeno observado en el transcurso de los trasplantes sucesivos (Smith y Street, 1974). La duración de mantenimiento de este potencial es diferente acorde a las especies.

Para paliar esta limitación, se deben integrar estrategias de conservación (crioconservación, disecación) en el procedimiento (Pétiard et al., 1992). La técnica de crioconservación fue aplicada para las cepas embriogenas de diferentes especies como *Picea glauca*, *saccharum* sp, *Daucus carota* y *Coffea canephora*.

Producción de embriones somáticos en medio líquido

La multiplicación a gran escala implica que se domine la producción de embriones somáticos en medio líquido. La optimización de esta fase debe tomar en cuenta la tasa de multiplicación y la calidad de los embriones producidos que son factores importantes desde el punto de vista aplicado.

El desarrollo de embriones somáticos a partir de una suspensión celular se logra mediante transferencia de cierta cantidad de tejidos en un medio de expresión. Este medio se halla generalmente desprovisto o con muy baja concentración de auxina (Ammirato, 1983).

El método de cultivo más común para suspensiones es en frascos de Erlenmeyer (100 o 250 ml), método muy práctico en el marco de una optimización. No obstante, para una producción de embriones somáticos a gran escala, la utilización de bioreactor puede resultar indispensable. Además, el

bioreactor permite medir y controlar diferentes parámetros como las concentraciones de oxígeno, de dióxido de carbono, el pH, y también una automatización más fácil del procedimiento (Pétiard et al., 1992).

La utilización del bioreactor para la producción de embriones somáticos tomó el vuelo en los últimos años pero sigue siendo todavía limitada a algunas especies. Se mencionan ensayos de factibilidad y de "scaling-up" para *Daucus carota*, para *Medicago sativa* y para *Poinsettia*. El número reducido de trabajos es comprensible, dado que el cultivo en bioreactor implica en primer lugar un buen dominio de la embriogénesis somática en medio líquido pero también unos conocimientos especializados en genio bioquímico.

El paso del frasco de Erlenmeyer al bioreactor puede producir una reducción de la eficacia de los cultivos. Así Zamarripa (1989) en un ensayo de "scaling-up" en una suspensión celular de café, relata una producción de embriones en bioreactor 20 veces inferior a la observada en frasco de Erlenmeyer. Stuart et al., (1987) logran en bioreactor 1600-6600 embriones de *Medicago sativa* por gama de cales, mientras que logran 3000-20000 en frasco de Erlenmeyer.

Desarrollo de los embriones somáticos y conversión en plántulas

La última fase de este procedimiento de multiplicación es el desarrollo de los embriones en plántulas aptas al cultivo en vivero o en campo. Esta fase se desarrolla normalmente en medio semisólido. Redenbaugh (1990) indica, que para la producción de semillas artificiales, la calidad de los embriones y su frecuencia de conversión en plántulas deben optimizarse.

Stuart et al. (1987) notan que la utilización de bioreactores afecta la tasa de conversión en plántulas de los embriones. Así, la conversión de los embriones de *Medicago sativa* producidos en bioreactor no es más que el 2 al 3% contra el 70 al 90% de conversión para embriones logrados en medios semisólido.

En caso de modificarlos, el desarrollo de embriones somáticos puede provocar anomalías ulteriores. Los autores subrayan que una de las dificultades mayores para aplicar esta técnica es el control de la calidad de los embriones.

En conclusión, cada etapa presenta problemas diferentes para los cuales deben realizarse un estudio detenido y una optimización adelantada para tomar el procedimiento cualitativa y económicamente viable.

Semillas artificiales:

El concepto de "semillas artificiales" implica que se utilicen embriones somáticos cubiertos con cápsulas para la propagación a gran escala de los genotipos interesantes al nivel agronómico (Redenbaugh et al., 1986). Una de las estrategias consiste en envolver los embriones somáticos en un gel de alginato adicionado con elementos nutritivos esenciales para asegurar la germinación de los embriones. El todo estaría protegido de la disecación

por una capa protectora formada de un film de resina, soluble en agua (Redenbaugh *et al.*, 1986).

Las “semillas artificiales” permitirían por lo tanto asociar las ventajas prácticas de la semilla (resistencia, conservación) y las relacionadas con la multiplicación vegetativa del material seleccionado.

El empleo de “semillas artificiales” para la multiplicación en masa presenta no obstante ciertas limitaciones. Implica necesariamente un dominio de la embriogénesis somática que permite una alta producción de embriones de buena calidad. Ahora bien, a la fecha, muchas especies tienen una baja aptitud ya sea a la formación de embriones somáticos, ya sea a su conversión en plántulas.

La aplicación de esta tecnología “semillas artificiales” implica por lo tanto la instrumentación de las diferentes etapas (regeneración por embriogénesis somática, “scaling-up”, conservación, semillas en píldoras). Para esto, en 1987, se inició un programa de investigación que reunía las empresas Limagrain, Rhone Poulenc Agrochimie y Francereco-Nestlé, las metas eran los híbridos de tomate, los porta--semillas de muestra de perforación y el cafeto (Pétiard, comm. pers.).

Los genotipos interesantes por multiplicar mediante “semillas artificiales” serán los que presentan un alto valor genético añadido, tales como híbridos de especies hortícolas o hortelanas (tomate, melón, apio) o especies perennes (árboles forestales, frutales o tropicales) o aún individuos dando resultados particularmente buenos oriundos del cultivo *in vitro*, por ejemplo de la transformación genética (Monnier, 1988).

Inmersión temporaria:

En CIRAD se ha desarrollado una nueva técnica llamada “inmersión temporaria”. Dicha técnica utiliza un nuevo recipiente producido por el CIRAD, y permite utilizar el medio líquido.

Con este sistema se puede producir, en el mismo recipiente, embriones aclimatables como lo ha demostrado el Dr. H. Etienne en su trabajo realizado en el CATIE y cuyos resultados serán presentados en este XVIII Simposio.

D.3. Mejoramiento no convencional

En 1993 los investigadores de la NESTLE en Francia obtuvieron por la primera vez plantas de café transgénicas, utilizando *Agrobacterium rhizogenes*. Dicha bacteria tiene la facultad de transferir en las células vegetales una parte de su ADN.

En base:

- Estos resultados (NESTLE)
- Identificación de genes de *Bacillus thuringiensis* (trabajo de tesis desarrollada en el Cirad)
- El desarrollo de una técnica de embriogenesis somática

Se ha iniciado un programa de cooperación entre la Nestle y el Cirad desde 1994. El objetivo de dicho programa es desarrollar una técnica de transformación genética para la introducción de genes de resistencia a diferentes insectos del café: minador de la hoja y broca.

Actualmente se ha logrado obtener más de 100 plantas transgénicas diferentes con genes de resistencia al minador de la hoja.

E. POTENCIALIDADES Y PERSPECTIVAS DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN CAFE

E.1. Potencialidades

Acortar el ciclo de selección para *C. arabica* mediante:

- La multiplicación conforme *in vitro* de híbridos (F1, F2, retrocruzamiento)
- Haplometodo (androgénesis)

Multiplicación rápida de genotipos de *C. canephora*, o la multiplicación hortícola plantea problemas (regiones de media altitud).

Transformación genética:

Obtención de resistencias a los insectos (ejemplo: utilización de genes de *Bacillus thuringiensis* para controlar la minadora de las hojas y la broca).

- Obtención de plantas masculinas-estériles (para producir de semillas F1 de *C. arabica*)
- Obtención de resistencia a los herbicidas

E.2. Perspectivas:

Cual es el futuro de las biotecnologías? Eso depende exclusivamente de la decisión de cada país.

Pero hay que tener en cuenta actualmente, que son técnicas importantes para el desarrollo de la agricultura de mañana en general, y de la caficultura en particular.

Por esto hay que saber:

Que la biotecnología una técnica al servicio del investigador o del fitomejorador: eso significa que si no hay cambio en las estrategias de mejoramiento no hay interés en las biotecnologías.

- * Que con la transformación genética es un nuevo concepto del mejoramiento, y que tanto el investigador de mañana, como el "público" debe ser preparados.
- * Que las biotecnologías no van a resolver todos los problemas de la agricultura
- * Que debido a estas nuevas tecnologías existe varias preguntas tanto al nivel nacional como internacional.

Qué tipo de técnicas? Qué legislaciones o reglas? Qué tipo de plantas transgénicas?

F. CONCLUSION

Hoy día, las biotecnologías hacen parte entera de la agricultura moderna. Al inicio del segundo “milenario”, hablar de investigaciones agronómicas sin hablar de biotecnologías, parece inconcebible, porque es cierto que dicha tecnología abre nuevas expectativas.

En el caso de la caficultura moderna, el uso de la biotecnología debería permitir:

- * Responder más rápidamente a los problemas planteados por los productores acortados, por ejemplo, el de mejoramiento genético, por transformación genética (resistencia al minador de la hoja, o la broca)

Pero, es muy importante tomar en cuenta:

- * Que dichas “herramientas biotecnológicas” pueden ser utilizadas solamente si hay un real cambio de mentalidad en la estrategia de investigaciones,
- * Que la biotecnología no va a resolver todos los problemas, pero viene y debe ser considerada como un apoyo a las investigaciones,
- * Que “negar” las biotecnologías en café es negar el “progreso”.

BIBLIOGRAFIA

ACUÑA J.R., DE PENA M., 1991. Plant regeneration from of embryogenic cell suspensions of *Coffea arabica* L. cv. Caturra, *Plant Cell Reports*, 10: 345-348.

AMEHA M., 1983. Heterosis in crosses of indigenous coffee selected for yield and resistance to coffee berry disease. I. First bearing stage. *Acta Horticultural*, 140: 155-161.

AMMIRATO P.V., 1977. Hormonal control of somatic embryo development from cultured cells of caraway: Interactions of abscisic acid, zeatin and gibberellic acid. *Plant Physiol.* 59 579-586.

AMMIRATO P.V., 1983. Embryogenesis. Ing: *Handbook of Plant Cell Culture: Techniques for propagation and Breeding*. D.A. Evans, W.R. Sharp, P.V. Ammirato et Y. Yamada, eds., Macmillan Publishing Compagny, New York, 1: 82-123.

AMMIRATO P.V., 1987. Organized events during somatic embryogenesis. In:

Plant Biology Plant Tissue and Cell Culture, C.E. Green, D.A. Somers, W.P. Hackett, D.D. Biesboer, ed. New York, Alan R. Liss, Inc., 3: 57-81.

ARMSTRONG C.L., GREEN C.E., 1985. Establishment and maintenance of friable, embryogenic maize callus and the involvement of L-proline. *Planta*, 164: 207-214.

ASCANIO E.C.E, ARCIA M.M.A., 1987. Haploids from anther culture in *Coffea arabica* L. In: *International Congress de Plant Tissue Culture, Tropical Species*; (Bogota, 21-25 Sept.) Abstract p. 68.

BERTHOULY M. y MICHAUX-FERRIERE, 1996. High frequency somatic embryogenesis y *Coffea canephora*: Induction conditions and histological evolution. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 44: 169-176.

BERTHOULY M., GUZMAN N., CHATELET P., 1987. Micropropagation *in vitro* de diferentes lignees de *Coffea arabica* V. catimor. In *12 eme Colloque Scientifique International sur le Café* (Montreux, 29 juin-3 juillet), ASIC, Paris, p. 462-467.

BETTENCOURT A.J., 1982. Variedades de café arabica resistentes a la roya y perspectivas para su utilización en la caficultura del futuro. In: *V Simposio Latinoamericano sobre caficultura* (San Salvador, El Salvador); IICA, traducción del portugués por J.J. Echeverri, 20 p.

BETTENCOURT A.J., 1983. Características agronómicas de selecoes derivadas de cruzamientos entre híbrido de Timor e as variedades Caturra, Villa Sarchí e catuai. In: *Simposio sobre Ferrugens do Cafeeiro* (Oeiras, 17-20 Octubre), Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro, Oeiras: 353-373.

BETTENCOURT A.J., RODRIGUES C.J.J.R., 1988. Principles and practice of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. Chapter 6 in *Coffee: Agronomy*, R.J. Clarke, R. Macrae, eds., Elsevier Applied Science Publishers LTD, England, 4, 199-234.

BROWN D.C.W, ATANASSOW A., 1985. Role for genetic background in somatic embryogenesis in *Medicago*. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 4: 111-112.

CAMBRONY H.R., 1989. Le cafeir. In: *Le Technicien d'Agriculture Tropicale*. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., 166p.

CAPOT J., 1972. L'amélioration du cafeier en Cote d'Ivoire: les hybrides "arabusta". *Café Cacao Thé*, 16 (1): 3-18.

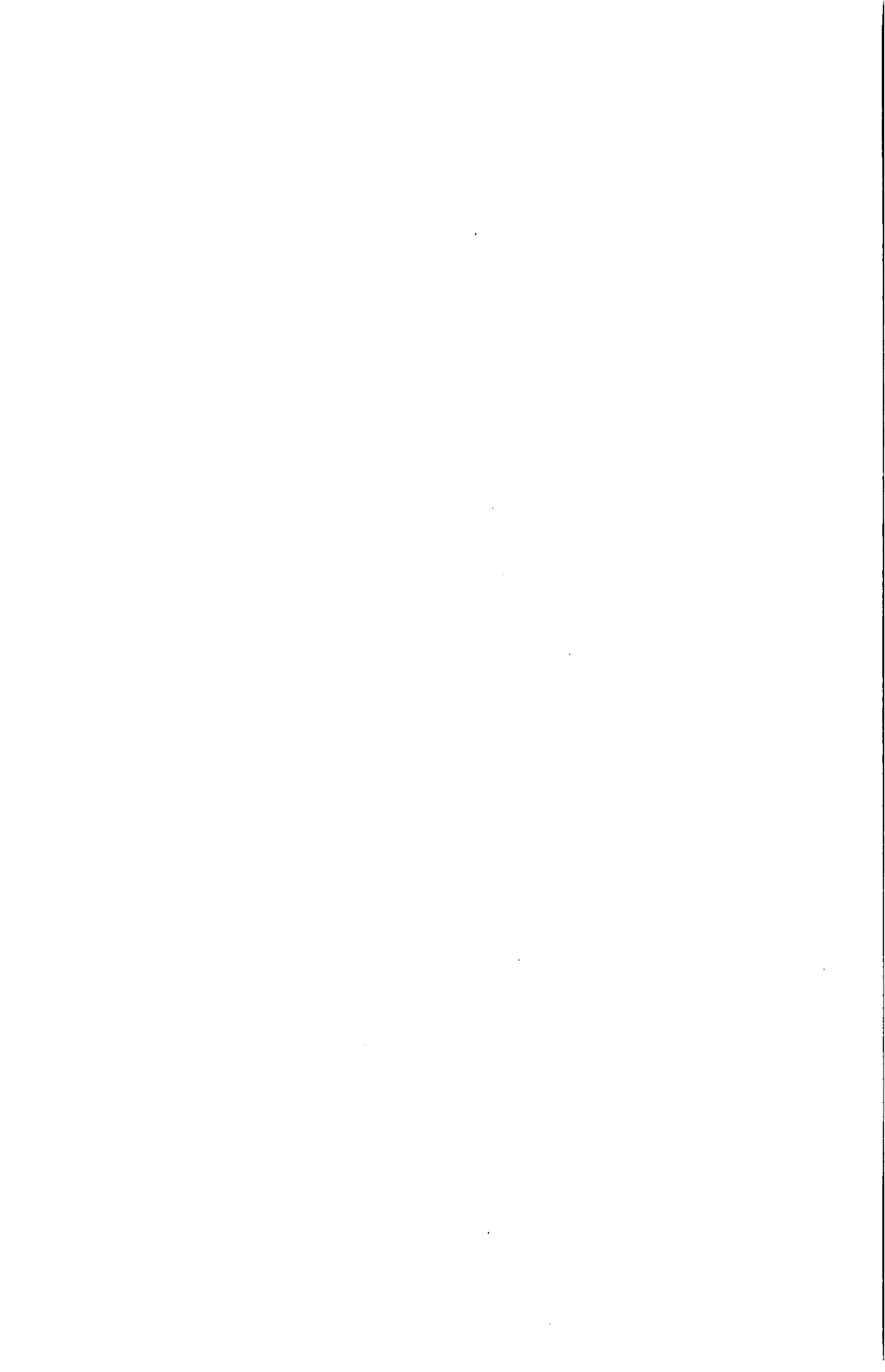
- CAPOT J., 1975. Obtention et perspectives d'un nouvel hybride de caféier en Cote d'Ivoire: L'Arabusta. In: *7ème Colloque Scientifique International sur le Café* (Hambourg, Allemagne, 9-14 juin), ASIC, Breme, 449-457.
- CARVALHO A., 1982. Melhoramento do cafeeiro cruzamentos entre *C. arabica* e *C. canephora*. In *10ème Colloque Scientifique International sur el Café* (Salvador-Bahia, 11-14 octobre), ASIC, Paris, 363-368.
- CARVALHO A., 1988. Principles and practice of coffee plant breeding for productivity and quality factors: *Coffea arabica*. Chapter 4. In: *Coffee; Agronomy* R.J. Clarke, R. Macrae, eds, Elsevier Applied Science Publishers LTD, England, 4: 129-160.
- CHARRIER A., 1977. La structure génétique du genre *Coffea*; ses conséquences pour l'amélioration des caféiers cultivés. In: *8ème Colloque Scientifique International sur le Café* (Abidjan, 28 novembre-3 decembre), ASIC, Paris, 399-405.
- CHARRIER A., 1980. La conservation des ressources génétiques du genre *Coffea*. *Café Cacao Thé*, 24 (4): 249-256.
- CHARRIER A., BERTHAUD J., 1988. Principles and methods in coffee plant breeding: *Coffea canephora* Pierre. Chapter 5. In: *Coffee; Agronomy* R.J. Clarke, R. Macrae, eds., Elsevier Applied Science Publishers LTD, England, 4: 167-195.
- COSTE R., 1968. Le caféier. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 310 p.
- COUTURON E., BERTHAUD J., 1979. Le greffage d'embryons de caféiers. *Café Cacao Thé*, 23 (4): 267-270.
- CUSTERS J.B.M., 1980. Clonal propagation of *Coffea arabica* L. by nodal culture. In: *9ème Colloque Scientifique International sur le Café* (Londres, 16-20 juin), ASIC, Paris, 589-596.
- DE GARCIA E., MENENDEZ A., 1987. Embriogénese somática a partir de explantes foliares del cafeto "catimor". *Café Cacao Thé*, 31 (1): 15-22.
- DE PENA M., 1983. Somatic embryo induction and plant regeneration from *Coffea canephora* and *Coffea arabica*. In: *Simposio sobre Ferrugens do Cafeeiro* (Oeiras, 17-20 octobre), Centro de Investigacao des Ferrugens do Cafeeiro, Oeiras, Portugal, 494-512.

- DUBLIN P., 1980. Multiplication végétative *in vitro* de l'arabusta. *Café Cacao Thé*, 24, (4): 281-289.
- DUBLIN P., 1982. Culture de tissus et amélioration génétique des caféiers cultivés. In: *10ème Colloque Scientifique International sur le Café* (Salvador-Bahia, 11-14 octobre), ASIC, Paris, 433-459.
- DUBLIN P., 1984. Techniques de reproduction végétative *in vitro* et amélioration génétique chez les caféiers cultivés. *Café Cacao Thé*, 28 (4): 231-244.
- ESKES A.B., 1983. Characterization of incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in *Coffea canephora* cv Kouillou. *Euphytica*, 32: 632-648.
- ESKES A.B., 1991. Compte-rendu de mission, Instituto Agronomico Campinas, SP, Brésil (8-18 janvier), IRCC/CIRAD, Montpellier, France, 5 p.
- FINER J.J., NAGASAWA A., 1988. Development of an embryogenic suspension culture of soybean (*Glycine max* Merrill.). *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 15: 125-136.
- FUJIMURA T., KOMAMINE A., 1975. Effets of various growth regulators on the embryogenesis in a carrot cell suspension culture. *Plant Science Letters*, 5: 359-364.
- HALPERIN W., 1967. Population density effects on embryogenesis in carrot-cell cultures. *Experimental Cell Research*, 48: 170-173.
- HARI V., 1980. Effect of cell density change and conditioned media on carrot cell embryogenesis. *Z. pflanzenphysiol.*, 96: 227-231.
- HERMAN B., HAAS G.J., 1975. Clonal propagation of *Coffea arabica* L from callus culture. *HortScience*, 10 (6): 588-589.
- KYSELY W., JACOBSEN H.J., 1990. Somatic embryogenesis from pea embryos and shoot apices. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 20: 7-14.
- LOUARN J., 1987. Possibilités d'amélioration de l'espèce cultivée *Coffea canephora* Pierre par hybridation inter spécifique avec les caféiers africains diploïdes: données cytogénétiques sur les hybrides F1. In: *12ème Colloque Scientifique International sur le Café* (Montreux 29 juin-3 juillet), ASIC, Paris, 441-452.
- MEIJER E.G.M., BROWN C.W., 1985. Screening of diploid *Medicago sativa* germplasm for somatic embryogenesis. *Plant Cell Reportes*, 4: 285-288.

- MONNIER M., 1988. Embryongenèse zygotique et somatique. *In Cultures de Cellules, Tissus et Organes Végétaux, Fondements Théoriques et Utilisations Pratiques*, J.P. Zryd, de., Presses Polytechniques Romandes, Lasusanne, 119-134.
- OZAWAK., KOMAMINEA A., 1989. Establishment of a system of high-frequency embryogenesis from long-term cell suspension cultures of rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.*, 77: 205-211.
- PARROT W.A., WILLIAMS E.G., HILDEBRAND D.F., COLLINS G.B., 1989. Effect of genotype on somatic embryogenesis from immature cotyledons of soybean. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 16: 15-21.
- PETIARD V., COURTOIS D., MASSERET B., DELAUNAY P., FLORIN B., 1987. Existing limitations and potential applications of plant cell cultures. In: *Proceedings 4th European Congress on Biotechnology* (Amsterdam), O.M. Neylssl, R.R. Van der Meer, K.C.A.M. Lyubeen, eds, Elsevier Science Publisher B.V., 157-169.
- PHIPPEN C., OCKENDON D.J., 1990. Genotype, plant, bud size and media factors affecting anther culture of cauliflowers (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). *Theor. Appl. Genet.*, 79: 33-38.
- PIERSON E.S., VAN LAMMEREN A.A.M., SCHEL J.H.N., STARITSKY G., 1983. *In vitro* development of embryoids from punched leaf discs of *Coffea canephora*. *Protoplasma*, 115 208-216.
- RAJASEKARAN K., MULLINS M.G., 1983. Influence of genotype and sex-expression on formation of plantlets by cultured anthers of grapevines. *Agronomy*, 3 (3): 233-238.
- RANCH J.P., OGLESBY L., ZIELINSKI A.C., 1985. Plant regeneration from embryoderived cultures of soybeans. *In vitro Cellular and Development Biology*, 21: 653-658.
- RANGASWAMY N.S., 1986. Somatic embryogenesis in angiosperm cell tissue and organ cultures. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)*, 96 (4): 247-271.
- REDENBAUGH K., 1990. Application of artificial seed to tropical crops. *HortScience*, 25 (3) 251-255.
- SHARP W.R., CALDAS L.S., CROCOMO O.J., MONACO L.C., CARVALHO A., 1973. Production of *Coffea arabica* callus of three polidy levels and subsequent morphogenesis. *Phyton*, 31 (2): 67-74.

- SMITH S.M., STREET H.E., 1974. The decline of embryogenic potential as callus and suspension cultures of carrot (*Daucus carota* L.) are serially subcultured. *Ann. Bot.*, 38: 223-241.
- SONDAHL M.R., SHARP W.R., 1977. High frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explants of *Coffea arabica* L. *Z. Pflanzphysiol. Bd.*, S. 81: 395-408.
- SPIRAL J., PETIARD V., 1991. Protoplast culture and regeneration in *Coffea species*. In *14ème Colloque Scientifique International sur le Café* (San Francisco, 14-19 juillet), ASIC, Paris, :383-391.
- SRINIVASAN C.S., VISHVESHWARA S., 1978. Heterosis and stability for yield in arabica coffee. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 38 (3): 416-420.
- STARITSKY G., 1970. Embryoid formation in callus tissues of coffee. *Acta Bot. Neerl.* 19, (4): 509-514.
- STARITSKY G., VAN HASSELT G.A.M. 1980. The synchronised mass propagation of *coffea canephora in vitro*. In *9ème Colloque International sur le Café* (Londres, 16-20 Juin), ASIC, Paris, 597-602.
- STEWART F.C., MAPES M.O., MEARS K, 1958. Growth and organized development of cultured cells. II. Organization in cultures growth from freely suspended cells. *Am. J. Bot.*, 45 704-708.
- STUART D.A., STRICKLAND S.G., WALKER K.A., 1987. Bioreactor of alfalfa somatic embryos. *HortScience*, 22 (5): 800-803.
- THORPE T.A., 1988. *In vitro* somatic embryogenesis. *ISI Atlas of Science: Animal and Plant Sciences*, :81-88.
- TISSERAT B., MURASHIGE T., 1977 A. Repression of asexual embryogenesis *in vitro* by some plant growth regulators. *In vitro*, 13 (11): 799-805.
- TISSERAT B., ESAN E.B., MURASHIGE T., 1979. Somatic embryogenesis in Angiosperms. In *Horticultural reviews*. J. Janick, eds, AVI Publishing, Westport, Conn., 1: 1-78.
- VAN BOXTEL J. Y BERTHOULY M. 1996. High frequency somatic embryogenesis from coffee leaves: Factors influencing embryogenesis, and subsequent and regeneration in liquid medium. *Plant Cell, Tissue and organ Culture* 44:7-17.

- VAN DER VOSSSEN H.A.M., WALYARO D.J., 1980. Breeding for resistance to coffee berry disease in *Coffea arabica* II. Inheritance of the resistance. *Euphytica*, 29: 77-791.
- VAN DER VOSSSEN H.A.M., WALYARO D.J., 1981. The coffee breeding programme in Kenya a review of progress made since 1971 and plant of action for the coming years. *Kenya Coffee*, 46 (541): 113-130.
- YASUDA T., FUJII Y., YAMAGUCHI T., 1985. Embryogenic callus induction from *Coffea arabica* leaf explants by benzyladenine. *Plant Cell. Physiol.*, 26 (3): 595-597.
- ZAMARRIPA A., 1986. Selección preliminar de 13 progenies avanzadas de *Coffea arabica* L. "Catimor" con resistencia a *Hemileia vastatrix* Berk & Br. en Rosario Izapa Chiapas. *Tesis de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista*, Universidad Autónoma de Chiapas, Villaflores, Chiapas, México, 124 p.



EL BENEFICIADO ECOLOGICO DEL CAFE

Rolando Vázquez Morera'

A. INTRODUCCIÓN

La caficultura es una de las actividades económicas de mayor trascendencia en nuestro país.

El proceso de globalización ha provocado que las empresas se encuentren dentro de un esquema de alta competitividad, debido a que sus clientes externos e internos son más exigentes en todos los campos de la producción.

Entendemos esa competitividad, como la capacidad económica de una nación para lograr mejoras rápidas y sostenidas en los niveles de vida.

La agroindustria del café dentro de este proceso está llamada a elaborar este grano con el menor deterioro del medio ambiente en el entendido que estamos mejorando la calidad de vida de los individuos y respondiendo a los cambios que el entorno nos demanda..

La actividad cafetalera, es muy intensiva en todos sus campos, particularmente en el beneficiado de café. La misma ha representado una de las mayores fuentes de contaminación de las aguas.

El Instituto del Café de Costa Rica, consciente de la problemática en la que estaba inmerso el beneficiado costarricense, impulsó un plan voluntario para la reducción de la contaminación, el cual ha sido implantado por etapas en las plantas beneficiadoras. Este esquema ha permitido un desarrollo gradual de tecnología, y su respectivo traslado al sector beneficiador. Dicho plan se conoce como Convenio de Cooperación Interinstitucional, ya que fue acogido por las instituciones involucradas en el control de los vertidos de aguas residuales.

La etapas del Convenio de Cooperación Interinstitucional son:

- a. Registro y reducción de consumo de agua, recirculando las aguas de proceso dentro de las diferentes etapas del beneficio. Establecimiento de una eficiente separación de la pulpa y un procesamiento final adecuado de la misma. De igual forma se debe tener una sola descarga de las aguas servidas por beneficio, hacia el cuerpo receptor, con el objeto de facilitar el control.
- b. Disminución en un 50% los sólidos suspendidos en las aguas residuales y disponer adecuadamente de los lodos tratados; e implementar el despulpado en seco y el transporte no hidráulico de la pulpa.
- c. Reducción del 80% en la DQO, la DBO y los sólidos totales por medio del tratamiento anaerobio a los materiales disueltos.

' Jefe Depto. Beneficiado. CICAFFE/ICAFE. Apdo. 37-1000 San José, Costa Rica

B. CONTAMINACIÓN POR EL BENEFICIADO HÚMEDO CONVENCIONAL DEL CAFÉ:

B.1 Antecedentes

Costa Rica, nación conocida como productora de un excelente café, se enfrenta hoy día al reto de seguir produciendo y beneficiando sus cafés lavados de muy buena calidad sin contaminar el agua empleada en el beneficiado húmedo.

La conciencia conservacionista creciente en el ámbito nacional como internacional determinan nuestra obligación y nuestro compromiso de desarrollar una tecnología adecuada que nos permita tratar los 330 kilogramos de Demanda Química de Oxígeno generada por cada tonelada de café verde elaborado en el beneficiado húmedo convencional.

El hecho de que en la Gran Area Metropolitana, donde habita el 50 % de la población costarricense - 1.5 millones de personas - , solo el café produjera hace 4 años - antes de implementar el programa de descontaminación - una contaminación equivalente a la que produce una población de 6 millones de personas refleja la gravedad del problema y la necesidad imperiosa del cambio. En el beneficiado húmedo del café se generan tres diferentes contaminantes cuales son las aguas de despulpado, las aguas de lavado y la pulpa cuando la misma es vertida a los ríos.

Investigaciones nuestras establecen que la pulpa de café puede perder hasta un 26 % de su peso seco mientras es transportada fuera del beneficio. Esa pérdida de peso seco no solo es una importante fuente de contaminación sino que también representa un gran empobrecimiento de la misma, lo que limita seriamente su uso futuro. Hemos determinado que las aguas de despulpado en el beneficiado húmedo convencional aportan una carga contaminante de 160 gramos de D.Q.O. por kilogramo de café verde.

Otra de las fuentes de contaminación es el lavado de las mieles que rodean la semilla del café, operación que debe ser realizada previo al secado. Las aguas de lavado aportan 170 gramos de D.Q.O.

El beneficiado húmedo de un kilogramo de café verde provoca, mediante la generación de las aguas de lavado y de despulpado, una contaminación equivalente a la generada por 5.6 personas adultas por día.

La tercera forma de contaminación puede ser causada por el vertido de la pulpa o de fracciones de ella a las fuentes de agua y de producirse sería la más importante. La toma de conciencia creciente, la generación de nuevas tecnologías y la voluntad de nuestra sociedad está determinando que abandonemos la concepción negativa de manejo de desechos del café y visualicemos los mismos como valiosos subproductos. Esta forma de visualizar el problema es de gran importancia en la solución del mismo.

C. CONVENIO INTERINSTITUCIONAL PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIADO DEL CAFE

C.1 Formulación del Convenio Interinstitucional

La situación atrás señalada llevó al Instituto de Café de Costa Rica por medio de sus Centro de Investigaciones en Café a proponer un programa de descontaminación, el cual fue acogido por cuatro instituciones públicas convirtiéndose en un Convenio de Cooperación entre estas instituciones.

El Convenio en mención plantea un programa a ser realizado en 4 etapas cuya meta más importante es reducir la contaminación generada por esta agroindustria en un 80 % . El mismo establece como obligatorias diversas prácticas, las cuales involucran cambios importantes en el proceso de beneficiado - tecnología limpia - así como tratamientos orientados a la remoción de sólidos gruesos y suspendidos, dejando la tarea de la remoción de sólidos disueltos al tratamiento anaerobio.

Seguidamente aparecen las etapas previstas en el Convenio:

ETAPA I

REDUCCION DEL USO DEL AGUA EN EL BENEFICIO:

Antes de la firma del Convenio se empleaba 15.5 litros de agua por kilogramo de fruta beneficiada estableciéndose como obligatoria la meta de reducir ese consumo a una cuarta parte o sea 3.87 litros por kg. de fruta.

ETAPA II

RECUPERACION DE SOLIDOS PEQUEÑOS de las aguas residuales del beneficiado. En esta etapa se estableció como obligatorio el empleo de tamices finos construidos en acero inoxidable con alambres de forma trapezoidal los cuales permiten la recuperación de sólidos mayores a 0.75 mm. de grosor.

Se establece también como obligatorio en esta etapa la eficiente separación de la pulpa y la disposición final adecuada de la misma.

ETAPA III

DISMINUCION DEL 50 % DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS. Se implementa en esta etapa la construcción de tanques sedimentadores así como de pequeñas lagunas de lodos para la disposición de los sedimentos.

En esta misma etapa se establece como obligatorio el **DESPULPADO EN SECO** de las cerezas (no confundir con beneficiado en seco) así como el **TRANSPORTE NO - HIDRAULICO** de la pulpa.

ETAPA IV

TRATAMIENTO ANAEROBIO DE LAS AGUAS. Se establece aquí como meta la reducción de contaminantes en un 80 %, en términos de Demanda Química de Oxígeno y de Demanda Bioquímica de Oxígeno.

C.2 Observaciones sobre el Convenio y la puesta en marcha de las etapas.

El convenio no tiene rango de decreto ejecutivo y menos aun de ley, tal condición no ha impedido que el mismo sea implementado. No puede sin embargo el sector beneficiador ignorar la existencia de la Ley de Conservación de Vida Silvestre la cual regula el vertido de aguas a los ríos, sirviendo a la vez de acicate para el cumplimiento del convenio. Esta ley es emitida meses después de que se firmara el Convenio Interinstitucional.

En un estudio que realizara el Banco Interamericano de Desarrollo sobre la propuesta recogida en el Convenio se determina que *tal propuesta es viable técnica y economicamente.*

El Instituto del Café actúa como coordinador de las cuatro instituciones signatarias del convenio en lo concerniente a su cumplimiento.

El beneficiado actual en Costa Rica se caracteriza por ser centralizado donde 92 plantas beneficiadoras procesan 161 000 toneladas de café verde. Esta actividad hasta muy recientemente ha empleado grandes cantidades de agua en su fase húmeda.

La centralización del beneficiado en nuestro país, la disponibilidad de muy buenas vías de comunicación terrestre y telefónica permiten a los órganos fiscalizadores estar presentes y en plena comunicación con los señores beneficiadores, favoreciendo no solamente la supervisión del cumplimiento del Convenio en mención sino también la transferencia de tecnología.

C.2.1 La Recirculación del Agua

Esta práctica se plantea como obligatoria con el propósito de tornar viable el tratamiento de la contaminación generada por el beneficio. Se solicita al sector beneficiador bajar el consumo de agua de 15.5 litros por kilogramo de fruta a solo 3.87 litros.

La recirculación de las aguas no solo es obligatoria para lograr la viabilidad económica del tratamiento de las aguas residuales del café sino que de acuerdo a investigaciones nuestras, la recirculación disminuye la liberación de sólidos por la pulpa hasta en un 30 % (2), cuando la concentración de las aguas se ubica en 11 000 mg/l. Cuando esa concentración se ubica en 30 000 mg/l de D.Q.O. la liberación de contaminantes por la pulpa puede bajar hasta en más de un 50 %. La recirculación de aguas, inhibe la generación de contaminantes de la pulpa entre-

gando de esa forma una pulpa más rica para cualquier uso posterior que de ella se quiera hacer. Estas observaciones fueron particularmente interesante en las etapas en que todavía no era exigido el despulpado en seco y el transporte no-hidráulico de la pulpa.

Un área muy importante en la que tuvimos que laborar antes de recomendar la recirculación de aguas de despulpado es la influencia que esta práctica ejerce sobre la calidad del café. La investigación realizada demostró que nuestra principal preocupación sobre la posible aparición de olores o sabores extraños *no se presentaba* (1) No solo, no se presentaron problemas de olores o sabores extraños, sino que se confirmó que la recirculación de aguas del despulpado durante 1 y aún 2 días, le confirió al café mayores condiciones de acidez así como de aroma. La variable cuerpo no mostró diferencias entre la práctica convencional y la recirculación.

La recirculación ha bajado considerablemente los períodos de fermentación de las mieles que envuelven la semilla, tal como se esperaba que ocurriera. Esto representa una ampliación real de la disponibilidad de los tanques o pilas de fermentación, ya que el café va a ser evacuado de las pilas más rápidamente; ésto por su parte significa que se debe prestar mayor atención a la fermentación del café con el propósito de realizar el lavado de las semillas en el momento oportuno.

En algunas plantas beneficiadoras donde el agua es bombeada desde los ríos o bien donde el agua residual es bombeada hacia los ríos, la recirculación ha significado un importante ahorro energético pues el consumo de kilowatts se ha visto reducido.

Nos es muy grato señalar que la meta solicitada al sector beneficiador de utilizar tan solo 3.87 litros de agua por kilogramo de fruta beneficiada ha sido superada por algunos beneficiadores líderes ubicándose en el nivel de 1.55 litros por kilogramo de café en fruta.

C.2.2 El tamizado fino de las aguas

El segundo paso ya implementado en un 98 % de estos beneficios ha sido el establecimiento y operación de tamices tipo "V wire" los cuales son responsables de la retención de cualquier sólido del agua mayor de 0.75 milímetros de grosor. El trabajo realizado por estos tamices ya sea los de arco o bien los de forma cilíndrica, ha sido enormemente satisfactorio ya que están retirando grandes cantidades de sólidos gruesos de las aguas. Tanto las aguas de despulpado como las de lavado deben ser tamizadas.

Se han presentado algunos problemas de taponamiento de los tamices a causa del crecimiento bacterial en las rejillas así como por adherencias de sustancias mucilaginosas los cuales han sido resueltos lavando los mismos con el empleo de una solución de soda cáustica al 5 % , a razón de un litro por tamiz. Dicha limpieza debe ser realizada al menos cada dos días para permitir un desempeño eficiente de los tamices. Las lechadas de hidróxido de calcio realizan también una muy buena labor de desprendimiento de sustancias mucilaginosas. Es convenient-

te que la limpieza de los tamices se haga todos los días, inmediatamente después que se ha terminado el beneficiado.

La cantidad de sólidos recuperados por los tamices en beneficios donde todavía se practica el transporte de pulpa con agua, está relacionado con la eficiencia de los separadores pulpa-agua.

Algunos beneficiadores han utilizado los tamices trapezoidales de arco como desagüadores de pulpa en forma exitosa. Para quien no practica el despulpado en seco esa práctica representa un ahorro económico ya que realiza con un mismo aparato dos funciones diferentes.

C.2.3 El empleo de tanques sedimentadores

El empleo de tanques sedimentadores para la remoción de sólidos suspendidos fue obligatorio a partir de la cosecha 1995-1996. En dichos tanques el tiempo de retención hidráulica es de 1 hora.

Estos tanques deben ser diseñados para remover el 50 % de los sólidos suspendidos; cumplen además en muchos casos la función de tanques de trasiego de agua ya que desde ellos el agua es devuelta al beneficio para ser reutilizada.

Diariamente se deben evacuar los sedimentos y las natas y los mismos deben ser llevados a la laguna de lodos.

C.2.4 El despulpado en seco y transporte sin agua de la pulpa

La práctica del *despulpado en seco* forma parte del *beneficiado húmedo* del café y la misma se perfila como la forma más económica de provocar la atenuación mayor de la contaminación de las aguas, sin embargo, esta práctica supone el abandono del empleo de las separadoras de verde - las que han sido de gran aceptación en el beneficiado costarricense- y la instauración una vez más de los despulpadores de café de tambor o de disco.

La práctica de no permitir el contacto pulpa-agua es la técnica verdaderamente responsable de bajar la generación de contaminantes en más de un 50 %. Este despulpado en seco, significa sin embargo el rediseño de muchos de los beneficios y el empleo de transportadores mecánicos (e.g. helicoidales o bandas de hule). También significa el no poder usar agua para recuperar algunas semillas que se confunden con la pulpa cuando el mantenimiento de los equipos no es hecho oportunamente.

C.2.5 Tratamiento Anaerobio de las Aguas

El último paso del Convenio para la reducción de la contaminación de las aguas del beneficiado, lo constituye el tratamiento anaerobio por medio de reactores de

flujo ascendente o sistemas de lagunas. Posteriormente, en agosto de 1996 se crea un addendum a este Convenio, el cual permite el empleo de cualquier tecnología que reduzca la contaminación de las aguas, por debajo de la norma de descarga costarricense para ésta actividad.

Sin embargo, el autor sigue considerando que los sistemas anaerobios representan al momento, la mejor opción para el tratamiento de las aguas residuales del café.

En ese campo, el ICAFE ha promovido varias investigaciones cuyo objetivo primordial ha sido la determinación de los parámetros de diseño, ya que dichas aguas son particularmente difíciles de tratar. Tales investigaciones, han permitido generar información acerca de los costos de inversión y mantenimiento de los sistemas de tratamiento.

Durante la cosecha 1996-1997, el esfuerzo conjunto del ICAFE, el beneficio San Juanillo de Naranjo y la Embajada Real de los Países Bajos, permitieron realizar el diseño, la construcción y operación de un reactor anaerobio de flujo ascendente, ubicado en el beneficio San Juanillo de Naranjo. Para tal fin fue contratada la empresa consultora holandesa BTG, para que desarrollara técnicamente el proyecto.

Este reactor tiene una capacidad de 400 m³ y la posibilidad de tratar la contaminación generada por de hasta **100 ton café fruta / día**. Además, el sistema posee un tanque de captación de cuyo almacenamiento son 200m³, el cual equivale al 50% del volumen diario de aguas residuales. El reactor tiene un tanque de recirculación con el fin de aprovechar la alcalinidad residual y el biogás generado del proceso se utiliza como combustible.

A continuación se muestran algunos datos relevantes, en torno a el reactor anaerobio de San Juanillo de Naranjo:

Tabla 1. Características y Dimensiones relevantes del Reactor Anaerobio

Capacidad de Procesamiento de café	100 ton café fruta / día 8890 ton café fruta / año
Volumen de agua residual	400 m ³ / día
Concentración de agua residual	Hasta 10000 mg/l D.Q.O.
Eficiencia medida (materia orgánica)	82.6%
Producción de Biogas	544 m ³ / día, 2800 m ³ / semana
Acidez pH	6.1 entrada - 6.7 salida
Alcalinizante empleado	NaOH

Finalmente se puede anotar los siguientes aspectos, como resultado del monitoreo llevado a cabo durante toda la cosecha:

- Debido al estricto control, el proceso tuvo una buena estabilidad de operación.
- Pese a los contratiempos sufridos (intoxicación del sistema, fugas, insuficiencia en transferencia de los intercambiadores), el sistema logró buenos resultados en la reducción de la contaminación, llegando a pasar de 6500 a 1140 mg DQO / l, esto representa una eficiencia promedio de un 82.6%.
- Los costos de inversión fueron de US \$113776, lo que representa una inversión igual a US \$284 por m³.
- Los costos operativos de los dos módulos de los reactores anaerobios fue igual a US \$0.54 / 254 kg café fruta, lo cuales corresponden en un 80% a la neutralización con soda cáustica.

También en esa misma cosecha (96-97) a solicitud del ICAFE y con recursos de CAPRE-GTZ, el Instituto Tecnológico de Costa Rica realizó una evaluación de tres sistemas de lagunas anaerobias y uno aerobio.

Los sistemas de tratamiento evaluados, presentan características bastante disímiles en aspectos hidráulicos y de operaciones. Los resultados de esa evaluación muestran eficiencias que van de 50 % (para los sistemas más nuevos) hasta un 93 % (para sistemas maduros) en términos de demanda química de oxígeno.

De los sistemas evaluados, el que alcanzó los mejores resultados fue la laguna anaerobia del beneficio El General ubicada en Pérez Zeledón, donde la eficiencia en DQO fue en promedio igual a 93% y en DBO igual a 94%.

A continuación se muestran algunos datos relevantes de la Laguna anaerobia del beneficio El General

Tabla 2. Características de la laguna anaerobia del Beneficio El General durante el periodo de evaluación

Beneficio	
Volumen diario de café	76 - 200 ton café fruta / día
Depulpado y Transporte de Pulpa	Seco
Desmucilaginado	Mecánico
Laguna	
Area laguna	7500 m ²
Volumen de laguna	15000 m ³
Caudal promedio	529 m ³ / día
Tiempo de Retención	28 días
Consumo de agua por fanega	0.66 m ³ / 254 kg café fruta
Carga orgánica por hectárea	14959 kg DQO / día

Es necesario tomar en cuenta que este beneficio ha efectuado cambios en el proceso tales como despulpado en seco, transporte no hidráulico de la pulpa, así como el desmucilaginado mecánico de la miel del fruto. Estas prácticas han disminuido en al menos un 50% la contaminación y también han permitido concentrar las mieles favoreciendo su tratamiento.

Algunas observaciones sobre lagunas anaerobias:

- Los costos para lagunas sin impermeabilizar son de US \$4.68 / m³ e impermeabilizada de US \$7.66 / m³. El volumen de la laguna está en función del consumo de agua así como del tiempo de retención hidráulica establecido.
- La neutralización se efectúa con cal, lo que representa una disminución en los costos de operación, respecto de la soda cáustica.
- Este tipo de tratamiento requiere un área mucho mayor respecto de los reactores.
- Requiere controles bastante menos exhaustivos para su operación que el reactor.
- Soporta choques de carga hidráulica así como orgánica.
- La neutralización insuficiente de la laguna reduce la eficiencia del sistema y permite la aparición de fuertes olores.

Uno de los beneficios evaluados utilizó un sistema de tratamiento aerobio, el cual incorpora aire por medios mecánicos. Las aguas de esta laguna son enviadas nuevamente al proceso, donde son utilizadas en el despulpado del café y en el primer lavado.

Los resultados de este tratamiento particular, señalan que el mismo ha tenido características de un proceso de lodos activados con aireación extendida por su forma de operación, sin embargo el sistema no ha logrado tener oxígeno disuelto en el agua, debido a las concentraciones que se manejan normalmente en el beneficio por su alta recirculación.

Este tipo de tratamiento demanda que el sistema trabaje al menos un mes más posterior a la cosecha lo que significa que se deba incurrir en altos costos energéticos. Para entonces la concentración de contaminantes en la laguna se encuentra muy por debajo de la normativa vigente de descarga de aguas residuales.

D. SITUACIÓN ACTUAL DEL CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

Al presente año, la mayor parte de las etapas del Convenio ya han sido implantadas, sin embargo, está por terminar de ejecutarse la última etapa contenida dentro del mismo como lo es el tratamiento final.

Hasta el momento el sector cafetalero ha invertido en el tratamiento de las aguas una suma aproximada a los \$3500 millones de colones y se espera que solamente para la última etapa la inversión sea similar.

La situación actual del Convenio de Cooperación a Diciembre de 1996, se presenta a continuación en una tabla resumen que muestra todas las etapas y el avance ejecutado:

Cuadro 1. Cumplimiento del Tratamiento Primario a Diciembre de 1996

ETAPA	EJECUCION
Recirculación	100%
Tamizado Fino (0.75mm)	100%
Tanque Sedimentador y Laguna de Lodos	91%

Cuadro 2. Cumplimiento de los Cambios en el Proceso a Diciembre de 1996

ETAPA	EJECUCION
Disposición adecuada de la pulpa	100%
Despulpado en Seco y Transporte No-Hidráulico de la Pulpa	74%

Cuadro 3. Cumplimiento del Tratamiento Secundario a Diciembre de 1996

ETAPA	EJECUCION
Lagunas Anaerobias	24%
Reactor Anaerobio	5%
Lagunas Aireadas	4%

De las etapas anteriores, los cambios en el proceso han significado cerca de un 40% en reducción de la contaminación, lo que valida una vez más el uso de las tecnologías limpias como base de cualquier plan de competitividad que una empresa quiera emprender para el futuro.

E. VALORIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFE

En Costa Rica, durante el último quinquenio se han producido un promedio anual de 900 000 toneladas de café en fruta por año. La producción de ese café conlleva la generación de 350 000 toneladas de pulpa por año, de 150 000 toneladas de mucílago así como de 40 635 toneladas de pergamino o cascarilla. Los dos primeros subproductos tienen un gran potencial de contaminación.

E.1 Pulpa del Café

La pulpa de café está compuesta por el epicarpio y parte del mesocarpio del fruto. La misma cuando es llevada a los depósitos, posee cerca de un 85 % de humedad. La pulpa de café contiene - entre otras cosas - cantidades importantes de cafeína la que representa cerca del 0.8 % de su peso seco. Investigaciones realizadas por una compañía transnacional indican lamentablemente que, la extracción de esa cafeína no es rentable. La cafeína de la pulpa de café se degrada muy rápidamente si se permite una fermentación aerobia.

Antes de la firma del Convenio la pulpa se disponía en algunas partes de las plantaciones de café en grandes montículos donde se dejaban varios años hasta su total descomposición, no lográndose ningún provecho de ese subproducto. Al presente cerca de un 50 % de esa pulpa es empleada como abono orgánico después de haber sido sometida a un proceso de descomposición aerobia.

E.1.1 Abono orgánico a partir de pulpa

En los beneficios costarricenses, la disposición final adecuada de la pulpa requiere de maquinaria grande como son los tractores y camiones para su transporte, demanda igualmente de terrenos suficientemente grandes para el vertido de esa pulpa, para provocarle movimientos periódicos y finalmente para enfardarla y comercializarla.

La eventual conversión de las 350 000 toneladas de pulpa supondría una producción aproximada de 87 000 toneladas de compost, pudiéndose de esa forma devolver al cafetal 780 kilogramos de abono orgánico a cada una de las 115 000 hectáreas de café.

No quiero con esta observación pretender que se deba aplicar abono orgánico en forma generalizada en los cafetales costarricenses pero sí es muy usual que existan áreas en muchas fincas cafetaleras donde se hace notorio la necesidad del empleo de abonos orgánicos. Por otra parte, la práctica del empleo de abonos orgánicos podría estar dirigida a actividades más intensivas como son los almárgos de café o cualquier otro vivero así como para ornamentales y hortalizas.

El empleo de abono orgánico posee un buen potencial para atenuar los ataques de nemátodos, plaga más importante de la caficultura costarricense.

Nos debe preocupar el aprovechamiento que hagamos de este residuo orgánico ya que de no darle un buen uso, el mismo produciría lixiviados que representan una fuente importante de contaminación de aguas.

La producción de compost de pulpa de café es sin lugar a dudas la forma más sencilla y por lo tanto más asequible que tenemos para disponer racionalmente de este subproducto.

El beneficio de mayor capacidad de nuestro país -CooproNaranjo R.L.- realiza el composteo de cerca de 20 000 toneladas de pulpa fresca - toda la pulpa que ellos producen -, situación que les permite dar un servicio más a sus asociados cual es el de suministrar ese abono orgánico a bajo costo. Situación similar se da en otros beneficios del sector cooperativizado y del no-cooperativizado, donde algunos ven la producción de compost no solamente como una forma de disponer adecuadamente un subproducto sino como un negocio en sí mismo.

El composteo de la pulpa de café con lombrices rojas californianas empieza a perfilarse como una importante actividad donde se generan dos valiosos subproductos cuales son la lombriz roja y el compost.

Una de las formas más razonables de disminuir la generación de contaminantes es buscando el mejor uso para los subproductos del café. En la medida que visualicemos a los desechos de la agroindustria del café como valiosos subproductos, en esa misma medida disminuirémos la contaminación que ellos generan. Si bien es cierto, la maduración del café y consecuentemente el beneficiado del mismo inicia en el mes Junio para la zona baja (de maduración temprana) y finaliza en Marzo, para las zonas de maduración tardía, - período cercano a los 9 meses - la mayor parte de ese café se cosecha y beneficia dentro de su zona en escasos dos meses para cada beneficio, dificultando el manejo de los residuos.

La generación de buena parte de esos contaminantes en los meses secos, época en que el caudal de los ríos es menor e igualmente menor es su capacidad de autpurificación, hacen que el problema sea más serio y que la solución sea demandada con mayor vehemencia.

E.1.2 Pulpa para alimento animal

La pulpa de café ha sido objeto de muchas investigaciones.

Hasta hace unos 8 años operaba una importante empresa, Subproductos del Café S.A., cuya función primordial consistía en acopiar pulpa de café y deshidratarla para ser utilizada posteriormente como alimento animal. Dicha empresa sufrió lamentablemente una quiebra económica. Debemos recordar que la pulpa posee contenidos de proteína del orden del 12 % (no toda es digestible). Estudios del INCAP y de la Universidad de Costa Rica, indican que tal producto puede ser empleado con éxito en las fórmulas alimenticias para ganado vacuno hasta en un 20 % y para ganado aviar, hasta en un 3 %. Subcafé S.A. tenía una capacidad para procesar 40 000 toneladas de pulpa, lo que representa hoy día un 11.4 % de la pulpa producida por año.

E.1.3 Pulpa como combustible

Estudios del ICAFE, establecen que la pulpa deshidratada se comporta como un muy buen combustible capaz de proveer hasta 4200 kilocalorías por kilogramo de peso.

Se ha planteado como necesario el prensado de la pulpa por medios mecánicos para retirar parte del 85 % de su humedad , de tal forma que se facilite el secado final de la misma y permitir así su posterior uso como combustible. Ese prensado previo significa entre otras cosas que se van a generar cantidades muy grandes de licor de prensado, licor que posee un poder de contaminación muy elevado que en términos de Demanda Química de Oxígeno el cual puede ir desde 60 000 hasta 120 000 mg/ l. concentraciones 12 o 24 veces mayores que las de las aguas residuales de beneficiado.

El despulpado en seco genera una pulpa más rica y menos húmeda lo que viene a favorecer el secado de la misma y su posible uso como combustible, haciendo menos necesario el prensado de esta. Investigaciones realizadas en CICAFFE establecen que la pulpa producto del despulpado en seco libera mucho menos licor que aquella transportada con agua. La posibilidad de secar pulpa y de quemarla conforme transcurre el beneficiado, sin tener que almacenarla, se presenta cada vez más como una importante opción, situación que haría al café menos dependiente de combustibles para su secado.

E.2 Pergamino como combustible

El pergamino del café -endocarpio del fruto- es usado en su totalidad como combustible.

El pergamino es almacenado en silos y desde allí es alimentado a los hornos de combustión con el empleo del aire o bien con el empleo de transportadores helicoidales o vibradores. Este material representa un excelente complemento para el uso de la leña; el mismo aporta 4200 kilocalorías por kilogramo de peso.

E.3 Mucílago de Café

El mucílago de café es normalmente fermentado o es desprendido mecánicamente para posibilitar el lavado de la semilla permitiéndose la dilución del mismo y obligando a su tratamiento. Las bacterias anaerobias digieren más fácilmente las aguas de lavado que las aguas de despulpado por existir menos taninos en las primeras.

El mucílago de café se compone principalmente por azúcares reductores y no-reductores así como por sustancias pécticas donde la dilución de las mismas ha imposibilitado su uso hasta el presente. El desmucilaginado mecánico del café y el uso - muy recientemente - de muy poca o ninguna agua por parte de algunos be-

neficiadores costarricenses abre la posibilidad de la industrialización de este sub-producto el cual, de otra forma, debe ser neutralizado para ser tratado, produciendo gas metano.

F. ALGUNAS LIMITACIONES DEL MANEJO DE RESIDUOS

- a) La mayoría de los residuos agrícolas y dentro de ellos los del café, presentan contenidos de humedad muy altos. Esto torna más costoso su transporte y su elaboración. (Si la intención de aprovechamiento de esos residuos fuera su uso como combustible, la mayor parte de esa humedad debe ser desplazada por métodos mecánicos así como por secado convencional).
- b) Muchos de esos residuos son altamente perescibles, por lo que los mismos deben ser tratados oportunamente y en forma apropiada, para atenuar la presencia de plagas y la aparición de malos olores.
- c) La generación de los mismos en una corta época del año desincentiva la aparición de empresas que se avoquen como función primaria al tratamiento y aprovechamiento de ellos.
- d) Cuando se desea emplear los mismos como compost tenemos que esos desechos son voluminosos y bajos en nutrientes si se les compara con los fertilizantes inorgánicos. El *lugar* de la aplicación del desecho debe de estar *muy cerca* del sitio de producción, de otra forma el transporte haría prohibitivo el empleo de los desechos orgánicos.

BIBLIOGRAFIA

- VASQUEZ M, R. Influencia de la recirculación de las aguas de despulpado sobre su calidad. Noticiero del Café (76): 3-6. Instituto del Café de Costa Rica. 1993
- VASQUEZ M, R. RODRIGUEZ, A. Efecto de la concentración del agua, sobre la liberación de sólidos disueltos de la pulpa de café. Noticiero del Café (77): 2-4. Instituto del Café de Costa Rica. 1993
- ROJAS V, J. JIMENEZ G. DIAZ W. Utilización de la broza del café como combustible. Fundación Tecnológica de Costa Rica. Centro de Investigaciones en Café. Instituto del Café de Costa Rica. 1992 48 p.

RESISTENCIA DE LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO AL ENDOSULFAN

L.O. Brun and D.M. Suckling¹

RESUMEN

La resistencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) a endosulfan, puede convertirse en un peligro significativo para la producción de café. En varias situaciones, si la broca no se controla, y aunque se utilicen tácticas de manejo integrado, esta plaga puede alcanzar altos niveles de infestación. Entonces, el uso de insecticidas es en muchos casos la única táctica disponible para mantener las poblaciones de esta plaga por debajo del umbral de daño económico.

En Nueva Caledonia, 10 años de uso de endosulfan han resultado en la pérdida de eficacia de este insecticida a nivel de campo, debido a la evolución y dispersión de la resistencia de *H. hampei* a endosulfan y otros insecticidas del grupo de los cyclodienes.

Se ha realizado estudios para caracterizar este nuevo episodio de resistencia, también se desarrollaron métodos de bioensayos apropiados para cuantificar la distribución y cambios en la frecuencia de resistencia a través del tiempo. Adicionalmente, se documentó resistencia de broca a endosulfan en 5 de 15 regiones, pero la frecuencia de resistencia se redujo después que se descontinuo el uso de este insecticida.

Estudios realizados con poblaciones de broca recolectadas en distintas plantaciones de café tratadas con endosulfan, indicaron que los niveles de resistencia eran mayores en los insectos de una misma plantación pero recolectados a la orilla del camino. La aplicación de endosulfan con aspersoras neumáticas en combinación con el limitado flujo de genes, fueron las causas principales de este patrón de distribución de la resistencia. El gen del receptor GABA (Acido Gamma Aminobutirico), que parece ser análogo al gen *rdl* en *Drosophila*, causa la substitución de un solo aminoácido en *H. hampei* resistente, similar al cambio de aminoácido ocurrido en insectos resistentes a los cyclodienes. Cruces entre genotipos susceptibles y resistentes indican que la resistencia de broca a endosulfan es co-dominante, con haplo-diploidia funcional. La inactivación de genes o cromosomas ocurre en los machos, por medio de la pérdida del conjunto de cromosomas paternos. De hecho, las investigaciones citológicas indican que únicamente el complemento cromosómico materno es transmitido y expresado en las siguientes generaciones,

¹ ORSTOM B.P. A 5, Nouméa, New Caledonia, South Pacific. HortResearch, PO Box 51, Lincoln, New Zealand

mientras que el conjunto de cromosomas paterno es condensado y no funcional. La sostenibilidad de la producción de café debe ser el objetivo de cualquier programa de protección vegetal. Debido a que la broca del café a demostrado ser capaz de desarrollar resistencia a endosulfan, el riesgo de observar casos similares no debe ser ignorado en Centro América. Por eso, es esencial preservar la longevidad de endosulfan en los programas de manejo de plagas mediante estrategias para la detección temprana y manejo de la resistencia, antes de que esta se disperse en la región, tal a como lo hizo en Nueva Caledonia en años recién pasados.

ABSTRACT

Endosulfan resistance in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, the major pest of coffee, can be a significant threat to coffee production. Indeed, in various situations, if uncontrolled or even when integrated pest management is applied, this pest can reach very high infestation levels. Thus, the use of insecticides is sometimes the only way to maintain pest populations under an economic threshold.

In New Caledonia, ten years of thiodan use have led to control failures due to the emergence and spread of resistance to this and other cyclodiene insecticides in the coffee berry borer. Research was conducted to characterise this new resistance case, develop appropriate tools for early detection, map and better understand its origin and genetics basis. Various bioassays were used to study the distribution of the resistance and the changes over time.

Resistance was found in five of 15 regions, but the resistance frequency declined after endosulfan use was discontinued. Transects across endosulfan-treated fields indicated higher resistance levels near the roadside. Air-blast applications, in combination with limited gene flow are key factors for this distribution. A GABA receptor gene, which appears to be homologous to the *rdl* gene in *Drosophila*, shows a single amino acid substitution in resistant *H. hampei* at the same site as in other cyclodiene-resistant insects. Crosses between resistant and susceptible genotypes indicated intermediate dominance, with functional haplo-diploidy. Gene or chromosome inactivation occurs in males, through loss of the paternal set of chromosomes.

Indeed, cytological investigations shows that only the maternally derived complement is transmitted and expressed while it is condensed and non functional when paternally derived.

Sustainability of coffee production should be the goal of any plant protection research program. As coffee berry borer has proved to be able to develop resistance to endosulfan elsewhere, the risk of emergence of similar cases cannot be ignored in Central America. Thus, it is essential to preserve the long-term viability of endosulfan in coffee pest management with appropriate strategies for early detection and management of resistance before its spread throughout the region, as did the pest itself in recent years.

INTRODUCTION

During the last decades, continuous discovery of new pesticides, antibiotics and drugs have widely contributed to a better human health and increase food production. Unfortunately, a normal evolutionary phenomenon: resistance to xenobiotics such as insecticides, has proliferated exponentially since first described, at the beginning of this century. In public health protection, resistant insect vectors have favour the spread of disease to human populations, while in agriculture the number of pests displaying resistance has increased rapidly, now concerning most key pests of major world crops. The resistant case described here in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* is an example of this evolutionary process, which threatens coffee production.

It is now acknowledged in evolutionary theory that mutations occur at random, but that the use of pesticides increases the frequency of insects bearing the initially rare alleles conferring resistance. It is also the case that resistance evolves at a different rate for each population, location, and species under selection pressure. Many factors can interact to influence the rate at which an insect population may change from a susceptible to a resistant population. These factors are generally grouped into three main categories: the genetics of the resistance case, the bio-ecology of the pest concerned and the operational control factors.

The long-term multidisciplinary we have conducted gives some insights into the factors which were important in the coffee berry borer (CBB), *H. hampei*. Thus, we hope to offer useful insights to coffee-pest management researchers, in order to prevent or manage similar problems in other regions.

COFFEE IN NEW CALEDONIA

In New Caledonia, *Coffea arabica* was first cultivated before being replaced by *Coffea canephora* var. *robusta* after the introduction of the rust *Hemilia vastatrix*, (Frayse 1911).

Maximum production occurs between 1940 and 1955, with just over 2000 tonnes produced.

Up to the late seventies, the coffee of *Coffea canephora* var. *robusta* was grown under shade provided by a canopy of native trees. Then, the Coffee Board of New Caledonia encouraged new and more intensive plantations in full sunlight. In New Caledonia as in most part of the world, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) is the major pest of coffee. It was recorded for the first time in 1948 (Bugnicourt 1950).

Due to favorable conditions such as multiple flowering and poor management, heavy *H. hampei* infestation resulted in reliance to insecticide spraying to reduce field populations since 1966. Systematic biannual spraying campaigns were first organized with Lindane, then followed by endosulfan (Thiodan 35 EC) applied

at the rate of 500-700g (active ingredient)/100 liters. Applications were organized by the Coffee Board and applied twice a year, from the roadsides, to all accessible plantations by vehicles with motorized air-blast sprayers. For about 15 years attempts to achieve good control of the pest populations were also made by careful picking of remaining coffee berries after harvest and good sanitation of fields by destroying fallen berries (Cohic 1958).

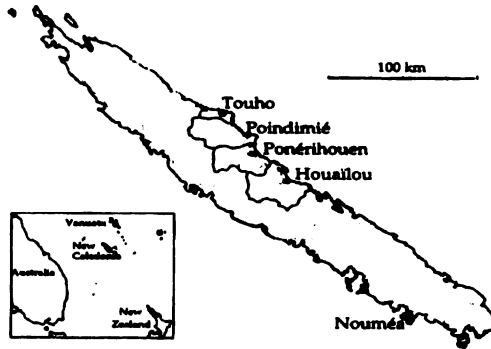


Figura 1. Map of New Caledonia, showing the location of the four main regions here control problems and resistance occur (Touho, Poindimié, Ponérihouen, Houailou), as well as Nouméa the capital. The shaded lines mark the principal road ways in New Caledonia.

Heavy outbreaks of *H. hampei* were reported from the East Coast (Figure 1) by the Coffee Board in 1986 and 1987, with the spray program which had been used successfully for many years. This situation leads to major crop losses and decrease coffee quality. Thus, ORSTOM was invited to become involved at that point, in order to determine whether endosulfan resistance was present. The aim of this research was to understand the resistance and develop an insecticide resistance management program for this pest.

LOSS OF COFFEE QUALITY

Counts of *H. hampei* infestation in green coffee were made by Coffee Board graders on 1985, 1986 and 1987 harvests, after coffee being processed through an air flotation technique to remove part of infested beans. Each 300g. sample comprised numerous subsamples taken from bags of dried beans from each region. Samples contained approximately 1,800 beans/300g. This coffee quality assessment show a significant increase in *H. hampei* infestation between 1985 and 1987 in samples from Poindimié ($F = 26.5$; $df = 2.31$; $P < 0.01$) and Ponérihouen ($F = 12$; $df = 2.2$; $P < 0.01$). Those two regions were also the sites

where our preliminary results indicate that highest resistant populations of beetles were present (Figure 2).

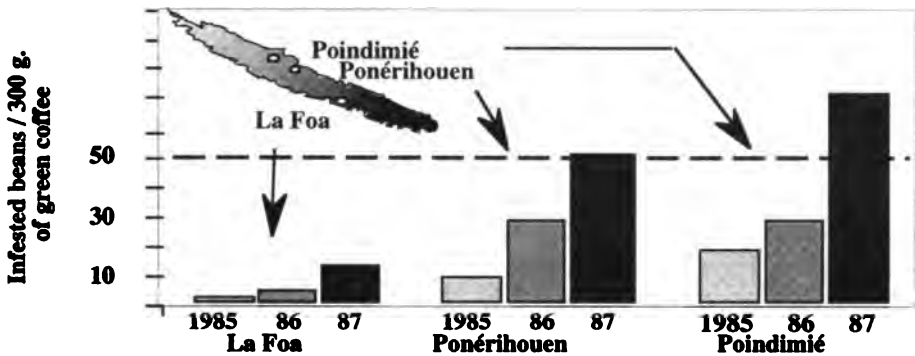


Figura 2. Coffee infestation: Quality monitoring by the Coffee Board graders during 1985 to 1987 harvests show a highly significant increase in *H. Hampei* infestation in samples from the two “resistant area” of Poindimié and Ponérihouen. La Foa is the susceptible referencia region.

MATERIAL AND METHODS

As this resistant case is presently unique in this species, it has been necessary to develop or adapt specific techniques and methods for this first endosulfan resistant case in the coffee berry borer. According to the stage of the research programs over the years and the need for new tools to increase our knowledge those techniques have been modified and some of them are described below.

INSECT POPULATIONS

Field materials: At the beginning of the project, all samples were collected from fields from different regions and infested berries were placed in plastic bags with gauze windows for ventilation for approximately one month before use. Adult females *H. hampei* were obtained by breaking open the berries with a sharp scalpel just before bioassays. Survey for resistance throughout New Caledonia, distribution of resistance in different regions or transect studies across coffee fields were conducted with such material directly collected from the plantations.

Laboratory materials: From the above field material, reference strains were selected over generations: susceptible strains from remote areas where endosulfan was not used (La Foa) and resistant strains from locations where resistance was the highest, on the East coast of New Caledonia.

All base-line data for reference strains were obtained through continuous selection process.

Selection experiments were possible due to the development of a semi-artificial diet and individual female rearing technique (Brun et al. 1993).

Selection process: Experiments for selection were conducted over 15 generations and several years.

Selection was initiated with field materials with the aim of getting homozygote reference strains from heterozygote females, the males were also used for selection to understand the role played by each sex in resistance inheritance. All combination of crosses and backcrosses were included for a better understanding the genetics of this resistance case.

Selection pressure of various strains was also used over 10 generations at seven concentrations (from 400 ppm to 100.000 ppm = 0.04% to 10% pure endosulfan) of endosulfan to look for possible second gene involvement for resistance.

Bioassay methods: Different bioassay methods have been used in the past for comparing insecticide efficacy against CBB (Rhodes and Mansingh, 1981), but techniques such as "berry dipping" are not suitable for resistance surveys. In particular, problems include lower precision and difficulty in mortality assessment of beetles inside berries. After using Potter tower spraying equipment (Potter 1952), we developed an alternative robust method (ORSTOM-FAO test kit) which did not require specialized facilities. It is now recommended for early detection and preliminary studies of resistance in the coffee berry borer.

Potter tower method (Potter, 1952): It is a direct spray technique, where a glass ring (5 cm diameter, 2 cm high) is used to confine insects on filter paper during insecticide spraying. After spraying, the glass ring is covered by a nylon screen to prevent insect escape. To characterize the response of a population, five or six serial dilutions of an aqueous suspension of Thiodan 35 EC is used for each test and 2 ml of liquid sprayed through the Potter tower calibrated to deliver 1.6 mg/cm².

To identify the presence of resistant phenotypes, the diagnostic dosage (DD) of 400 ppm (0.04% a.i.-active ingredient) was used, i.e. slightly over twice the LC₉₉ for the susceptible strain. Each test is replicated several times, and a treatment with water is included as a control.

Treated insects were kept for an exposure period of 6 hours at 25±1°C and 80-85% RH under dark condition. The criterion for death is the absence of movement when the beetle is touch with a fine paintbrush. The resistant phenotype was defined as capable of surviving the diagnostic dosage.

ORSTOM-FAO method (Figure 3): This method was developed, then widely used in most experiments for phenotype studies of field populations. In this rapid, inexpensive and easy method, the insects are confined, for 6 hours, in a

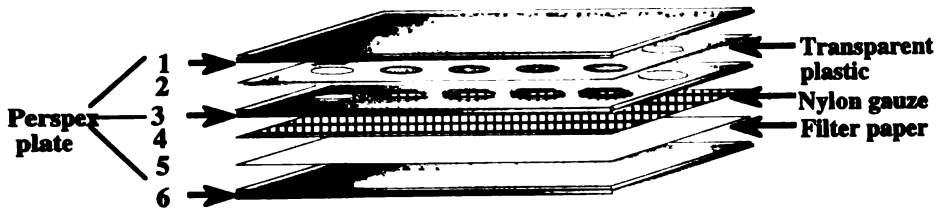


Figura 3. Components of the ORSTOM-FAO test method, showing the different layers of Perspex, filter paper and gauze. The layers are assembled as shown. Insects are caged for 6 hours in Perspex chamber (above layer 3) above a filter paper at 400 ppm endosulfan.

chamber, above treated filter paper. The test kit consisted of a series of five layers ensuring that female were exposed to vapour action of endosulfan. They cannot contact the treated surface, due to a nylon gauze layer, which prevents beetles from burrowing into the filter paper (Brun et al. 1989), which suggested that vapour action is a primary means of the dose reaching the insects.

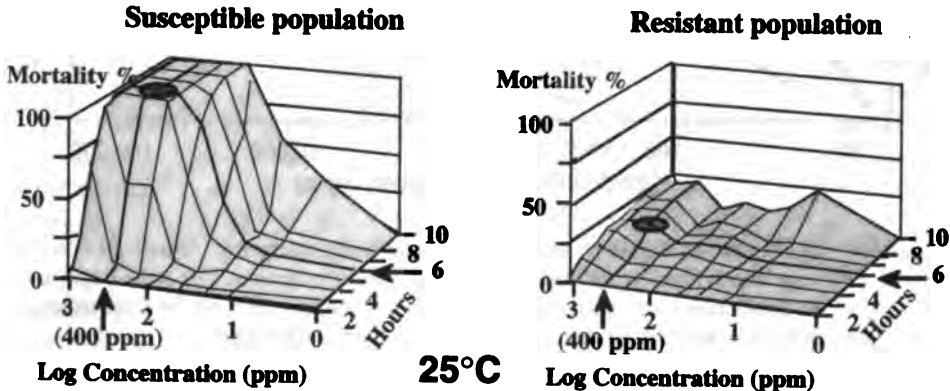


Figura 4. Concentration-mortality responses of susceptible (left) and resistant CBB for different time intervals, at a range of temperatures and concentrations. Circles indicate the diagnostic dose combination of 400 ppm at 6 h. of exposure.

The effects of temperature and time on the ability of this method to distinguish between resistant and susceptible phenotypes was also investigated (Figure 3., Brun et al. 1991). Tests were conducted at 5 temperatures, from 22-34°C, with assessments every hour from 2-10 hours. It was clear that the combination of 25°C, 400 ppm of endosulfan and 6 hours, which was the LC99.95 of susceptibles, was reliable at detecting the presence of resistant insects in samples.

Biochemical assays: Molecular diagnostic techniques were developed for endosulfan resistance identification (French-Constant et al. 1994, Borsa & Coustau, 1995). Using degenerate primers in the polymerase chain reaction

(PCR) we have amplified a section of the cyclodiene resistance gene *Rdl* from *H. hampei*. This gene codes for a γ -aminobutyric acid (GABA) gated chloride ion channel. Resistant strains carry exactly the same single amino acid replacement (alanine to serine) as that found in resistant *Drosophila melanogaster* (Meigen) (Diptera: Drosophilidae).

This techniques was used for susceptible, resistant or heterozygote genotype identifications.

When combined with other approaches (phenotype expression and cytological examinations) those techniques allow us to a better understanding of the genetics of endosulfan resistance and of its implication for the mode of sex-linkage.

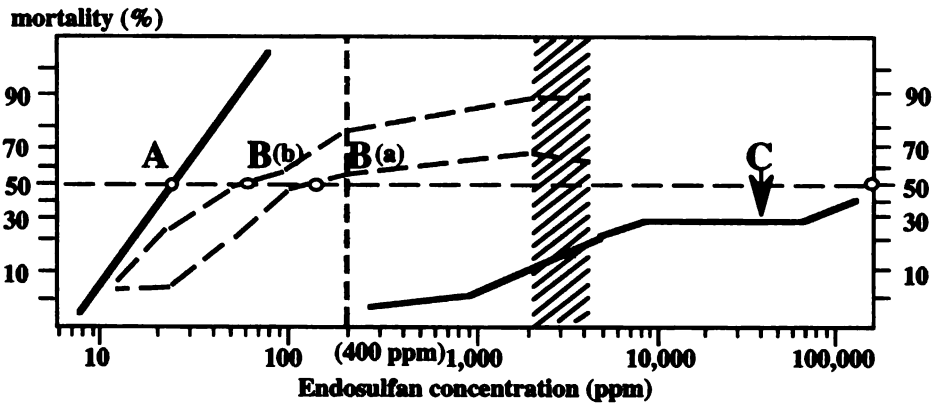


Figura 5. Concentration-mortality lines for resistant and susceptible female *H. hampei* populations from New Caledonia to endosulfan. A: referencia susceptible population; B: Population from treated field, (a) & (b) respectively near and far from treatment point; C: very high field resistant population from Poindimié.

RESULTS

Resistance detection Preliminary investigations indicated a very large difference in response between samples from different regions, thus, a major research effort was commenced, developing into a multidisciplinary team from several countries. Populations collected from locations where outbreaks occurred (several areas of the East coast) were compared with populations from the East West coast where no control problems were reported. Populations sampled from the East coast were all highly resistant to endosulfan (Brun et al. 1989, 1992) when compared with other populations. Resistance was confined to five valleys on the East Coast, with higher rainfall than elsewhere. Such higher rainfall also was associated with the development of resistance to ethion in the southern cattle tick, *Boophilus microplus* (Brun et al. 1983) on the East Coast of New Caledonia. Such variations in ecological factors can induce differences in

population ecology, and those factors sometimes determine how rapidly resistance evolves (Tabashnik & Croft, 1985).

Comparison of methods and survey: The very close similarity of endosulfan toxicity to susceptible insects was evident with these two techniques and have led us to use the same endosulfan concentration (400 ppm) as the diagnostic dosage (DD) for resistance survey. According to the magnitudes of the standard errors, the precision of the two bioassays techniques was similar over the three main regions where resistant populations were present (Table 1., Brun et al., 1990)

Location	Potter Tower			ORSTOM-FAO method		
	Field Pop.	<i>H. hampei</i> tested	Resistant Pop. (%)	Field Pop.	<i>H. hampei</i> tested	Resistant Pop.(%)
WEST COAST	tested			tested		
Moindou	3	180	0	-	-	-
La foa	16	1020	0	1	60	0
Bourail	5	300	0	-	-	-
Poya	1	60	0	1	60	0
Pouembout	1	60	0	1	60	0
Koné	1	60	0	1	60	0
Koumac	1	60	0	1	27	0
EAST COAST						
Canala	13	780	0	11	660	0
Kouaoua	7	480	0	5	300	0
Houailou	36	2319	8	32	1980	10
Ponérihouen	32	2503	97	30	2060	97
Poindimié	23	1853	100	12	1040	100
Touho	44	2915	63	38	2923	63
Hienghène	17	1005	12	17	1170	6
Pouebo	3	180	0	-	-	-
TOTAL TESTED	203	12323		150	10122	

Table 1. Geographic distribution of endosulfan resistance in *H. hampei* in New Caledonia.

A large scale survey operation was conducted, in which samples were taken from the roadsides of over 200 fields from 15 regions of New Caledonia (Table 1). The majority of samples were tested with both Potter tower and ORSTOM-FAO techniques. The precision of the two methods was similar. Resistance was present in 5 of the 15 regions, and was very widespread in two regions, with 97-100% of samples containing resistance (Brun et al. 1990).

The high level of resistance recorded during the first phase of the project and the extent of the phenomenon in well-separated valleys of the East coast of

New Caledonia suggest that resistance may have developed several years ago and only detected after field control problems occurred.

Cross resistance: In the case of the coffee berry borer, high level of cross resistance were present to organochlorines tested: aldrin, dieldrin and lindane (Brun et al, 1994). The presence of cross resistance between endosulfan and lindane was studied over 177 coffee berry borer populations showing a close correlation with a regression coefficient of $r^2=80\%$ in mortality at diagnostic dosages (LD 99.95) of the two insecticides (Brun et al, 1990). No cross resistance was evident to carbaryl or any organophosphates used (fenitrothion, pirimiphos-methyl, chorpyrifos, diazinon, malathion).

Effect of management history on resistance: The proportion of fields with endosulfan resistance present was compared for the main coffee production valleys, using criteria of "sunny-plantations" versus "shady-plantations" and plantations with or without endosulfan treatment in the preceding 12 months. The frequency of resistance was significantly higher among treated sunny fields, compared to treated shady fields. (Brun et al, 1990). The occurrence of resistance at several untreated shady fields provides support for the suggested role of transport from one area to others via truck loaded with berries during harvest.

The possible impact of the technique of directional application of insecticides from the roadsides on the resistance frequency within fields was then investigated. Samples were taken in transects perpendicular to the roadsides, and showed a clear trend of more frequent resistance near the point of insecticide application (Figure 6, Brun and Suckling 1992). We used tracer dyes to determine the deposition characteristics of various sprayers under different conditions. Most of the deposition occurred within 10-20 m from the point of application (Parkin et al. 1992). Bioassays also indicated the greatest effect near the roadside. We used filter paper packets to indicate the mortality which could be expected of free-living beetles, and infested green and dry coffee berries to indicate the mortality of beetles inside berries. The vapour action of endosulfan was clearly indicated by the mortality shown well beyond the point at which deposits were detectable. In these bioassays, we compared susceptible and resistant CBB strains, and found that a significant difference in mortality was evident between strains as far as 80 m away from the roadside. This difference in susceptibles favours the development of resistant beetles.

This was particularly evident for sunny fields. So, fields application techniques used in New Caledonia may have contributed to speed up selection for resistance where resistant gene occurs. Changes in resistance frequency between years were examined, in the event of continued use of endosulfan, compared to fields receiving replacement of endosulfan by fenitrothion or no treatment. Continued

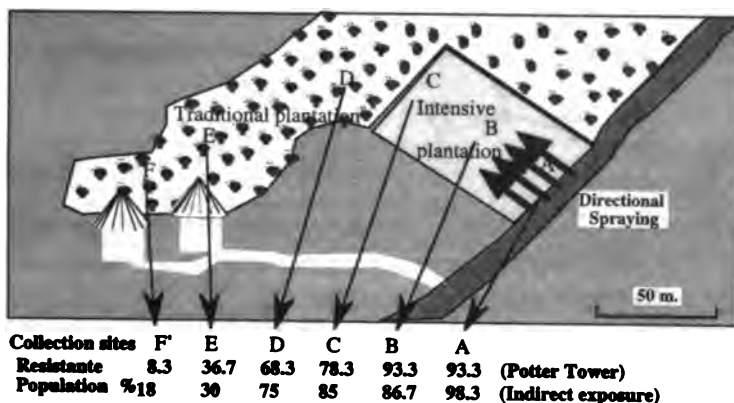


Figure 6. Distribution of resistance frequency in *H. hampei* populations after directional treatment with endosulfan. A rapid increase in resistance frequency (phenotypic cline) near the point of insecticide application was shown.

endosulfan use caused a rapid increase in the resistance frequency within one year, at fields with initially low resistance frequencies present (Figure 7).

Genetics of Endosulfan Resistance

The genetics of endosulfan resistance in *H. hampei* was studied through classical crosses to determine the degree of dominance and number of genes involved. After adult beetles were sprayed, mortality was recorded at 6 h and 7 d. Responses of F1 females after 6 h indicated degrees of dominance of -0.38 ± 0.03 and -0.25 ± 0.03 for RRxS and SSxR crosses, respectively. In contrast, dominance after 7 d was -0.17 ± 0.02 and -0.02 ± 0.02 , apparently indicating a trend toward codominance over time. Responses of backcrosses of the F1 generation to both parental lines and of F2 progeny were inconsistent with results predicted when assuming simple Mendelian inheritance. In contrast with females, we detected clear differences in responses of the F1 males that depended on which parent was resistant, implying that resistance is sex-linked or that paternal chromosomes are inactive in the sons.

A female-biased sex ratio is also known in *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Roush & Hoy 1981) where males are haploid because of the loss of the paternal set of chromosomes (Nelson-Rees et al. 1980). But in contrast, in *H. hampei*, we have documented a functionally haplodiploid mode of inheritance of resistance although males possess two sets of chromosomes (Brun et al. 1995).

Results from a series of genetic crosses using males of differing insecticide resistance genotype indicate that progeny fail to inherit paternally transmitted resistant or susceptible insecticide resistance alleles. We therefore investigate the inheritance of resistance in crosses using molecular markers, in examining the cytology of *H. hampei* and in determining the phenotypical status of males and females. Insecticide bioassays and molecular PASA analysis of specific

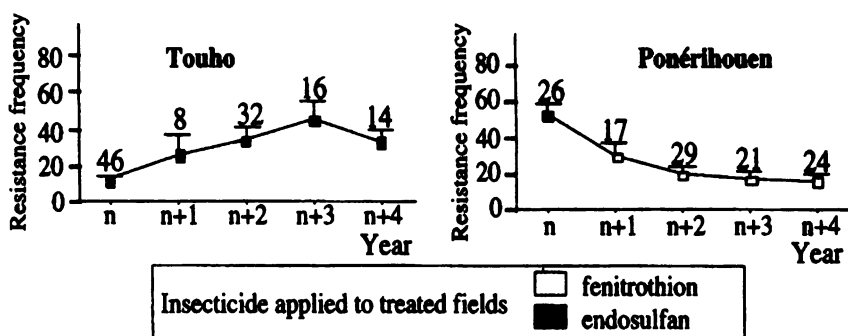


Figura 7. Evolution of resistance frequency under two treatment regimens. *H. hampei* populations from Touho were endosulfan treated while Ponérihouen populations were treated with fenitrothion. The number of field populations is marked above error bars.

resistance alleles indicate that resistance is determined solely by a single point mutation in *Rd1* and that its inheritance is consistent with haplodiploidy. Interestingly, cytological examination indicates that males are diploid but effectively shut off the expression of the paternally derived set of chromosomes by condensing those chromosomes in prophase.

Implication for the spread of resistance: These recent studies allow a better understanding of the mode of inheritance of endosulfan resistance in *H. hampei* and underlying genetics. Our findings demonstrate that father's maternally derived chromosomes are completely transmitted to his offspring. Thus, in the presence of insecticide selection, the unique combination of this functional haplodiploidy, high inbreeding (Gingerich et al. 1996) and interesting mating system (brood predominantly female, pre-dispersal mating, female-initiated colonization) may therefore explain the rapid spread of resistance described in New Caledonia (Brun and Suckling 1992, Brun et al. 1990).

As resistance is semidominant, a single maternally derived resistance mutation can easily be exposed to selection in a functionally hemizygous male. That male, mating with his sisters, would then perpetuate and amplify the resistance allele within all of his female progeny.

Thus, before a new resistant case is detected and documented, endosulfan treatment will induce resistance selection. Within only a few generations, a large number of homozygous resistant females can be produced. Then, those females will disperse to begin purely homozygous resistant inbreeding lines.

Thus, we highly recommend that large scale resistance survey is initiated in countries where endosulfan treatment has been regularly used to control *H. hampei* populations.

Reversion in endosulfan resistance level indicates that this resistance-associated mutation may be associated with some loss of fitness. Therefore, early detection

of new resistance case may allow for insecticide resistance management to be developed as part of Integrated CBB Management strategies.

CONCLUSION

Sustainability of coffee production should be the goal of any plant protection research program. As coffee berry borer has proved to be able to develop resistance to endosulfan elsewhere, the risk of emergence of similar cases cannot be ignored in Central America. Thus, it is essential to preserve the long-term viability of endosulfan in coffee pest management with appropriate strategies for early detection and management of resistance before its spread throughout the region, as did the pest itself in recent years.

Indeed, in most resistance cases, it has not been possible to delay or halt the spread of resistance, because by the time resistance was detected in a population it was generally too late for it to regress significantly, even if selection pressure was removed (Suckling et al. 1984).

Around the world new strategies are being formulated to slow down or reverse the onset of resistance during the short period of time between the detection of resistance and its rapid evolution which render its management impossible. The first step for this strategy is the development and use of rapid, reliable methods to detect low level of resistance in pest populations. We hope that the data presented here will contribute to this coffee berry borer resistance survey and look forward to collaborate to project in the region.

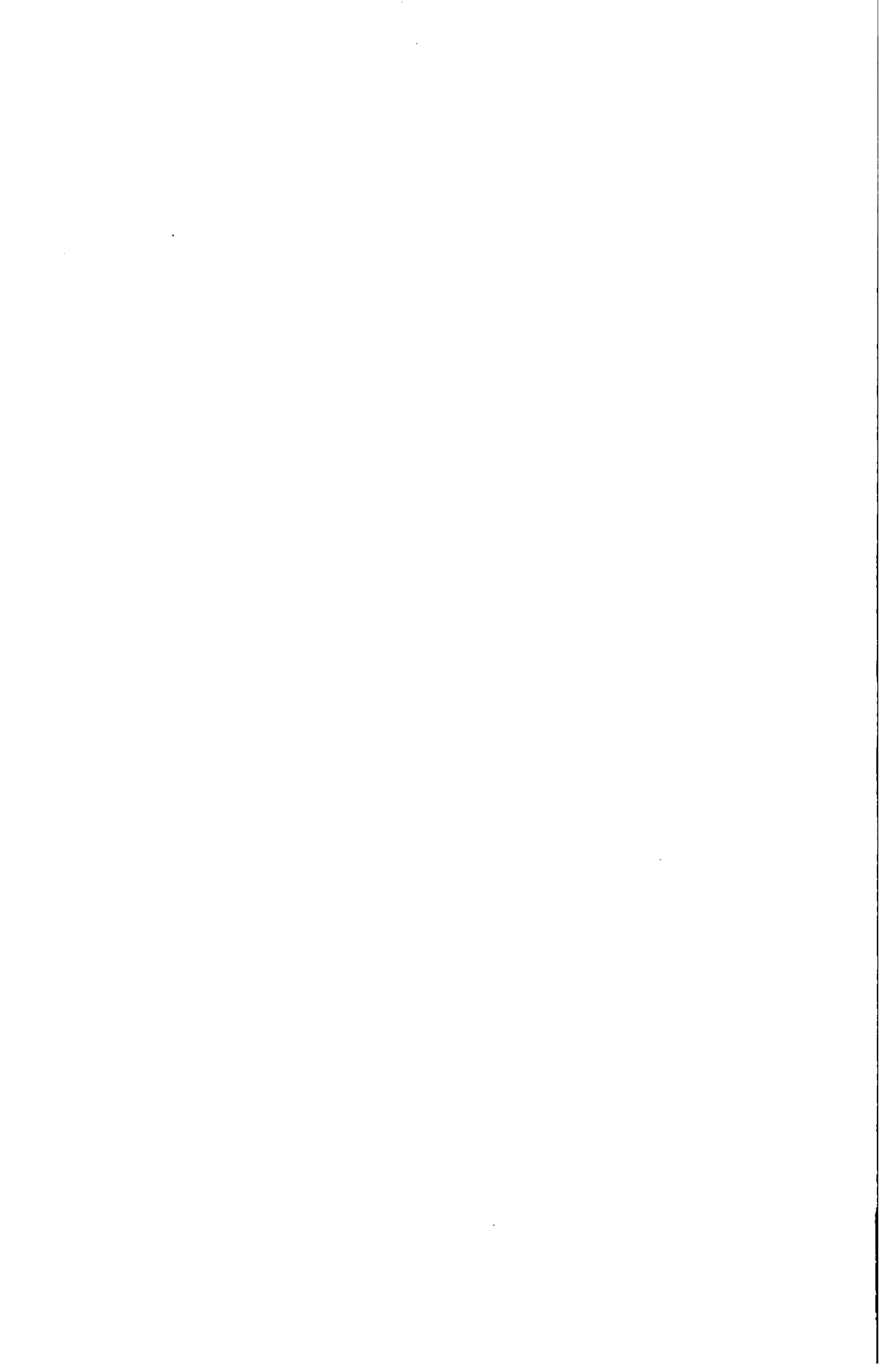
Acknowledgments: We would like to thank the Coffee Board of New Caledonia (ADRAF-Opération Café) for their support in this project and the French Embassy (Wellington) for financial assistance for D.M.S. We are also grateful to V. Gaudichon and C. Marcillaud who provided technical assistance for this work, and to R. French-Constant and J. Stuart for their major contribution to the genetics of this resistance.

REFERENCES

- ANONYMOUS, 1957. World Health Organization Expert Committee on Insecticides, 7th Report, WHO Technical report Series No. 125.
- BORSA, P. & C. Coustau, 1995. Single-stranded DNA conformation polymorphism at Rdl locus in *Hypotenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Heredity*, 76: 124-129.
- BRUN, L.O., Wilson, J.T. & Daynes, P. 1993. Ethion resistance in the cattle tick *Boophilus microplus* (Canestrini) in New Caledonia. *Trop. Manage.* 29: 16-22.

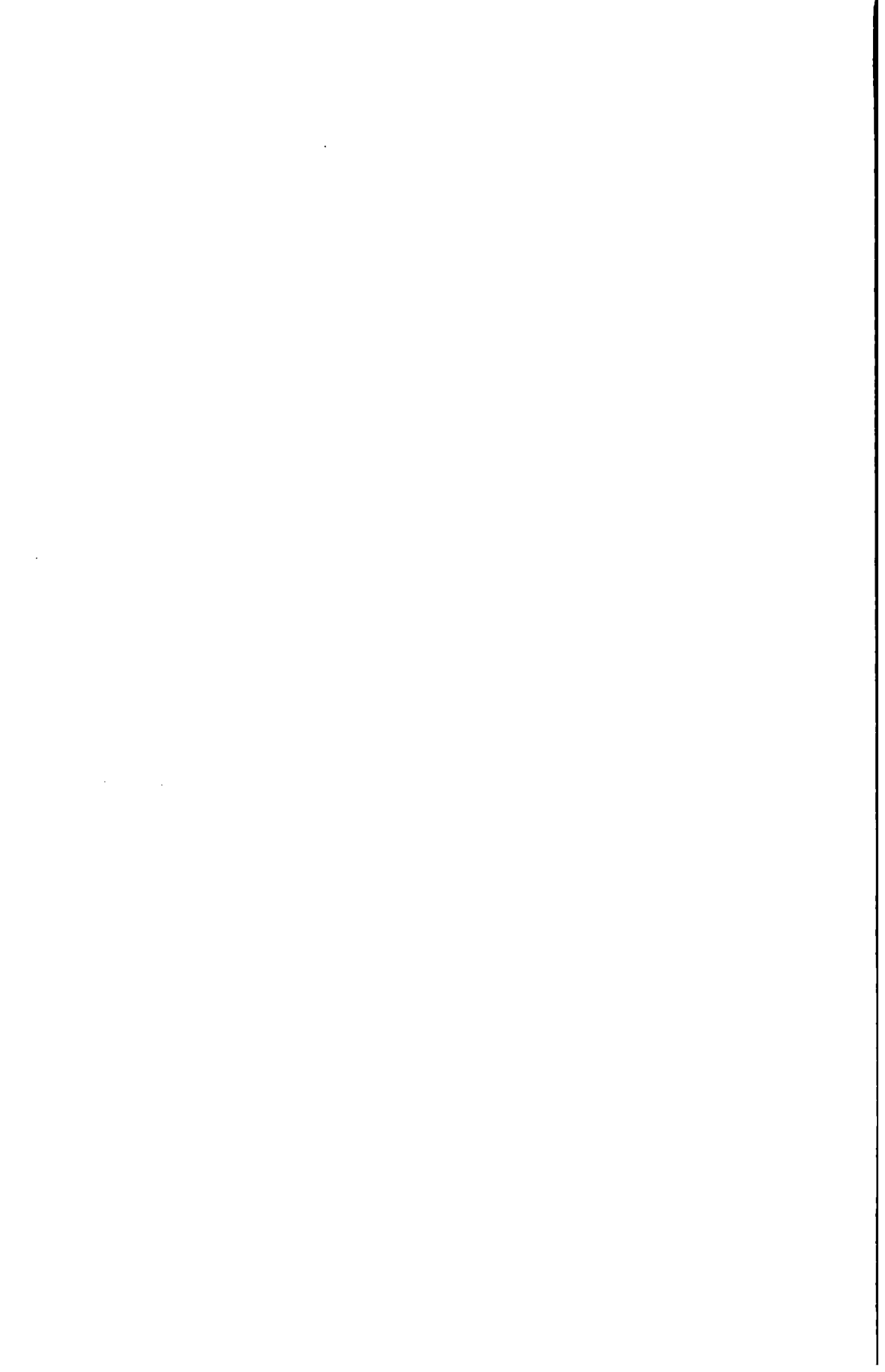
- BRUN, L.O., Marcillaud, C., Gaudichon, V. & Suckling, D.M., 1989. Endosulfan resistance in Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. *J. Econ. Entomol.*, 82 (5): 1311-1316.
- BRUN, L.O., Marcillaud, C., & Gaudichon, V., 1989. Provisional method for detecting endosulfan resistance in the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *F.A.O. Plant Prot. Bull.*, 37 (3): 125-129.
- BRUN, L.O., Marcillaud, C., Gaudichon, V. & Suckling, D.M., 1990. Monitoring Endosulfan Resistance in Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull. Ent. Res.*, 80: 129-135.
- BRUN, L.O., Marcillaud, C., Gaudichon, V. & Suckling, D.M., 1991. Evaluation of a rapid bioassay for diagnosing endosulfan resistance in Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Tropical Pest Manage.* 37 (3): 221-223.
- BRUN, L.O., Marcillaud, C., Gaudichon, V. & Suckling, D.M., 1994. Cross resistance between insecticides in the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from New Caledonia. *Bull. Entomol Res.* 84: 175-178.
- BRUN, L.O. & Suckling, D.M., 1992. Field selection for endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. *J. Econ. Entomol.* 85: 325-334.
- BRUN, L.O., Borsa, P., Gaudichon, V., Stuart, V., Aronstein, K., Cousteau, C. & Ffrench-Constant, R.H., 1995. Insecticide resistance and the evolution of Haplo-diploidy. *Nature.* 374: 506.
- BRUN, L.O., Gaudichon, V. & Wigley, P., 1993. An artificial diet for continuous rearing of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Insect Sci. Application.* 14: 585-588.
- BUGNICOURT, F., 1950. Le scolyte du grain de café en Nouvelle Calédonie. *Café-Cacao-Té* 2 (1): 10-14.
- DENHOLD, I., Sawicki, R.M. & Farnham, A.W., 1984. The relation between insecticide resistance and control failure, pp. 527-534. In Proceedings, 1984. British Crop Protection Conference, Pest and Disease, Brighton, British Council, Croydon, England.
- FFRENCH-CONSTANT, R.H., Steichen, J.C. & Brun, L.O., 1994. A molecular diagnostic for endosulfan insecticide resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull. Entomol Res.* 84: 11-16.

- FRAYSSE, A., 1911. *L'Hemilia vastatrix* à Ponérihouen. *Reveu Agricole de la Chambre d'Agriculture de la Nouvelle-Calédonie*. 6: 3-12.
- KNAUF, W., 1982. Effect of endosulfan and its metabolites on arthropodes. *Residue Reviews*, 83: 89-112.
- NELSON-REES, W.A., Hoy, M.A. & Roush, R.T., 1980. Heterochromatinization, chromatin elimination and haplodization in the parahaploid mite *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Acarina: Phytoseiidae). *Chromosoma*. 77: 263-276.
- PARKIN, C.S., Brun, L.O. & Suckling, D.M., 1992. Spray deposition in relation to endosulfan resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. *Crop Prot.* 11: 213-220.
- POTTER, C., 1952. An improved, laboratory apparatus for applied direct sprays and surface film with data on electrostatic charge on atomized sprays fluids. *Ann. Appl. Biol.* 39: 1-28.
- RHODES, L.F. & Mansingh, A., 1981. Susceptibility of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) to various insecticidal formulations. *Insect. Sci. Appl.* 2: 227-231.
- ROUSH, R.T. & Daly, J.C., 1990. The role of population genetics in resistance research and management, pp. 97-152. In Roush, R.T. & Tabashnik, B.E. *eds.*, *Pesticide resistance in arthropods*. Chapman and Hall, New York.
- ROUSH, R.T. & Hoy, M.A., 1981. Genetic improvement of *Metaseiulus occidentalis*: selection with methomyl, dimethoate and carbaryl and genetic analysis of carbaryl resistance. *J. Econ. Entomol.* 74: 138-141.
- ROUSH, R.T. & McKenzie, J.A., 1987. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annu. Rev. Entomol.* 32: 361-380.
- SUCKLING, D.M., Wearing, C.H. & Thomas, W.P., 1987. Insecticide resistance in the lightbrown apple moth: A case for resistance management. *37 th Proc. N.Z. Weed & Pest Cont. Conf.* 284-252.
- TABASHNIK, B.E. & Croft, B.A., 1985. Evolution of pesticide resistance in apple pests and their natural enemies. *Entomophaga*. 30: 37-49.

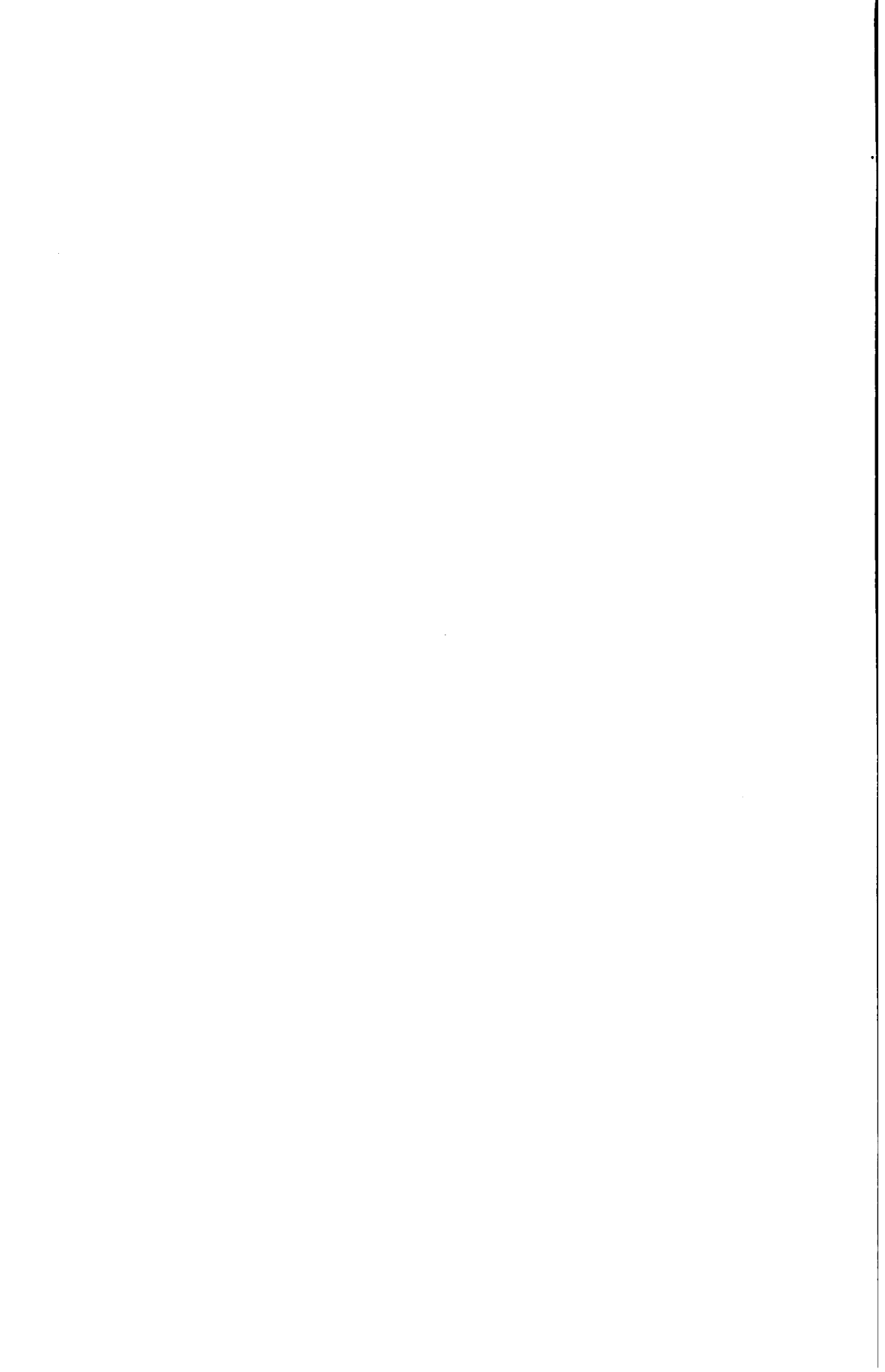


II. TRABAJOS DE INVESTIGACION

- **MANEJO DEL CULTIVO**
- **NUTRICION DEL CAFE**
- **GENETICA Y MEJORAMIENTO**
- **MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**
- **BENEFICIADO**
- **SOSTENIBILIDAD**
- **TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y ECONOMIA**



MANEJO DEL CULTIVO



**MANEJO SELECTIVO DE MALEZAS PARA LA CONSERVACION
DEL SUELO EN CAFE JOVEN: EVALUACION DE SISTEMAS
QUIMICO/MECANICO Y MECANISMO
SIN Y CON *Arachis pintoii***

*Amilcar Aguilar, Charles Staver¹
Victor Aguilar²
Santiago Somarriba³*

RESUMEN

Durante 1992-96 en Masatepe (500 msnm, 1200 mm lluvia) se evaluaron 4 sistemas de manejo de malezas, considerado cobertura y biomasa de malezas, crecimiento y rendimiento de café y el uso de herbicidas y mano de obra. Comparado con el testigo (1) que consistía en chapodas y aplicaciones totales de mezclas de herbicidas, donde hubo menos del 10% del suelo cubierto de malezas bajas con raíces poco profundas, los tratamientos de manejo selectivo (2) químico/mecánico, (3) químico/mecánico con *Arachis*, (4) mecánico y (5) mecánico con *Arachis* tuvieron de 25-60% del suelo protegido con coberturas naturales y/o sembrada. En los años iniciales los tratamientos 3-5 alcanzaron altos niveles de malezas superando 1500 g/m². En los últimos años el crecimiento de los cafetos y los árboles de sombra ha contribuido a una merma de malezas en todas las parcelas a niveles entre 80 y 426 g/m². En la cosecha inicial, los tratamientos 1 y 2 con menores cantidades de biomasa de malezas tuvieron rendimientos superiores; pero en las segunda y tercera cosecha, los rendimientos no fueron diferentes estadísticamente. El testigo convencional tuvo el mayor uso de herbicidas, aunque fue el más económico en mano de obra. Los tratamientos 2 y 3 emplearon 33-50% menos herbicidas, pero más mano de obra.

Los tratamientos con *Arachis* tuvieron altos costos para su establecimiento y presentaron focos de taltuzas (*Orthogeomys* sp). En todos los tratamientos la sombra manejada y la realización oportuna de labores contribuyeron a la poca competencia de malezas. Para la conservación del suelo, los sistemas de manejo selectivo tuvieron un suelo doblemente protegido entre los árboles de sombra y las malezas de cobertura y/o *Arachis*.

Palabras claves: Malezas, suelos, conservacion del suelo, evaluacion de sistemas de manejo, *Arachis pintoii*, Nicaragua

¹ CATIE/Nicaragua
² Universidad Nacional Agraria
³ UNICAFE

INTRODUCCION

El uso de herbicidas en café ha estado dirigido a mantener la superficie del suelo libre de vegetación silvestre durante el período más largo posible. Esta estrategia reduce la competencia de las malezas con los cafetos, pero también ha tenido otros resultados contraproducentes. Primero, el suelo se mantiene desprotegido y expuesto a erosión y compactación (Gómez et al 1987, Staver 1993). Segundo, los herbicidas no controlan las malezas tolerantes o resistentes, las cuales aumentan al quedar libres de la competencia de otras malezas. Tercero, teniendo a la mano un método rápido y casi total de control, el productor descuida otros manejos integrales como la sombra, la densidad y arreglo de los cafetos y el uso de coberturas muertas. Cuarto, los costos se han incrementado debido al uso de mayores dosis y herbicidas nuevos para el control de malezas más tolerantes.

Como alternativas al uso convencional de herbicidas en café, el CATIE en un proyecto de manejo integrado de plagas en Nicaragua, ha estado estudiando la factibilidad biológica de coberturas de leguminosas perennes (Bradshaw et al 1992) y el manejo selectivo de malezas para lograr y mantener una cobertura de malezas no-nocivas (Staver et al 1993). Ambas alternativas, en estudios de parcelas pequeñas, redujeron la biomasa de malezas dañinas y también el porcentaje de suelo sin la protección de cobertura vegetal.

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio sobre los efectos de las dos alternativas para el manejo selectivo de malezas en 4 sistemas

químico/mecánico y mecánico en cuanto al crecimiento y rendimiento de café, uso de herbicidas y mano de obra y otros aspectos prácticos realizado en parcelas grandes de larga duración en la zona cafetalera del pacífico de Nicaragua.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue establecido en julio 1992 en el Centro Experimental del Café del Pacífico en un terreno de suelo franco a franco arcilloso (455 msnm, 24°C, 1200 mm lluvia anual, período seco de diciembre a mayo). Las lluvias anuales de 1992 a 1996 han sido 1073, 1569, 1005, 1315 y 2012 mm. La variedad Pacas fue sembrado a 1,25 x 2 m dando una densidad de 4000 plantas/ha. *Cajanus* y *Ricinus* como sombra temporal y *Gliricidia*, *Simarouba*, *Inga* y *Clusia* como sombra permanente fueron establecidos el primer año con la eliminación posterior de la sombra temporal según el desarrollo de las especies perennes.

Todo el ensayo recibe un manejo agronómico y fitosanitario uniforme, incluyendo aplicaciones anuales de urea, 12-30-10 y pulpa de café descompuesta y aplicaciones de fungicidas según los recuentos. La banda del café se maneja limpia de 75-100 cm en todo el plantío con desyerbes manuales según necesidad, aproximadamente cinco al año. Los cinco tratamientos de manejo de malezas en la calle, repetido tres veces en parcelas de 400 m² con 160 cafetos, son: 1) erradicación convencional con dos chapodas y dos aplicaciones de una mezcla de paraquat, 2,4-D, y gesatop;

2) manejo selectivo con uso en parchoneo de chapodas y herbicidas (fluazifop, glifosato, paraquat) para promover malezas de cobertura; 3) siembra de *Arachis pintoi* y manejo selectivo de malezas de cobertura naturales y sembradas con uso de chapodas y herbicidas en parchoneo; 4) manejo selectivo de malezas de coberturas con chapodas en parchoneo; y 5) siembra de *Arachis* y manejo selectivo de malezas de coberturas naturales y sembradas con chapodas. En algunas parcelas con *Arachis* fueron necesarias varias resiembras en 1992 y 1993.

El muestreo de la cobertura de malezas se realiza en agosto-setiembre empleando el método punta de zapato (Staver 1993). La maleza presente en un punto reducido, tamaño de una aguja en la punta del zapato se anota en 120-150 puntos en 6 calles de 16 plantas para luego calcular porcentajes por tipo de malezas.

La biomasa fresca de maleza se mide utilizando 12 muestras por parcela colocando en forma azarizada un marco de 0.25 m².

La mano de obra es cronometrada en minutos por parcela de 400 m² de todas las labores de manejo de maleza en la calle. También se mide la cantidad de herbicidas aplicados en cada parcela según su tratamiento.

Los datos de crecimiento y rendimiento de los cafetos son el promedio de las mediciones realizadas en 70 plantas en la parcela útil.

RESULTADOS

Al final de un año de manejo selectivo las malezas de cobertura en trata-

mientos 2-4 aumentaron de 8-23% pre-ensayo 27-57% (figura 1), mostrando la factibilidad de cambiar rápidamente la composición botánica por medio de manejos dirigidos. Después de dos años el tratamiento 1 tuvo más zacates y hoja ancha anual; el tratamiento 2 coberturas de hoja angosta y malezas de hoja ancha anual; el tratamiento 3 coberturas de hoja angosta y *Arachis* y los tratamientos 4 y 5 coberturas de hoja angosta y zacates. Los tratamientos 1 y 2 tuvieron la mitad de biomasa total de malezas (990 g/m²), los cuales tuvieron 0% de la superficie del suelo desprotegido. Al final del tercer año cuando los cafetos alcanzaron cerca de 2 m de altura y la sombra se tupió, la biomasa de vegetación cubriendo el suelo bajó a 83, 235, 407, 426 y 406 g/m² en tratamientos 1-5, por encima de 95% de la cual fue coberturas en los tratamientos de manejo selectivo. El control convencional tuvo el mayor porcentaje de suelo desnudo con 9%, aunque ningún tratamiento tuvo mucho suelo desnudo por la cantidad de hojarasca, entre 9-53%, presente en la calle. Las malezas de cobertura incluían principalmente *Oplismenus burmanii* y *Commelina difusa*, mientras las otras malezas fueron *Ageratum conyzoides*, *Blechum pyramidatum*, *Digitaria sanguinalis*, *Talinum patens*, *Priva lapulacea* y algunas ciperáceas.

Durante 1992-94 el tratamiento 1 tuvo mayor uso de herbicidas, aunque fue el más económico en el uso de mano de obra (Cuadro 1). Los tratamientos 2 y 3 emplearon 33-50% menos herbicidas, pero más mano de obra. El tratamiento mecánico 4 re-

quirió mayor uso de mano de obra. Los tratamientos con *Arachis* tuvieron altos costos iniciales para la siembra. A partir de 1995 con el desarrollo de la sombra y los cafetos el uso de mano de obra y de herbicidas bajó en los tratamientos 2 a 5. De la misma manera el tratamiento 1 no requirió aplicaciones de herbicidas en 1995, aunque ocupó

una mayor cantidad de mano de obra, al contrario a la situación que se presentó en 1996. En los tratamientos selectivos en 1996 la mano de obra y el uso de herbicidas fue el convencional, mientras que para mano de obra los tratamientos con *Arachis* ocuparon de 2-4 veces más que los otros tratamientos (Cuadro 1)

Cuadro 1. Costos indexados de mano de obra y herbicidas para el establecimiento y mantenimiento de cinco sistemas de manejo de malezas.

		Control Convencional	Manejo selectivo químico mecánico	<i>Arachis</i> manejo selectivo químico mecánico	Manejo selectivo mecánico	<i>Arachis</i> con manejo selectivo mecánico	Significancia estadística
1992	Mano de obra	100	100	1095	323	1210	0.01
	Herbicidas	100	66	43	0.0	0.0	0.01
1993	Mano de obra	212	253	887	404	1464	0.01
	Herbicidas	138	104	76	0.0	0.0	0.01
1994	Mano de obra	215	366	484	592	775	0.00
	Herbicidas	317	137	104	0.0	0.0	0.00
1995	Mano de obra	268	293	332	506	408	0.00
	Herbicidas	0.0	60	25	0.0	0.0	0.00
1996	Mano de obra	67	96	119	202	141	0.005
	Herbicidas	100	51	34	0.00	0.00	0.005
TOTAL 92-96	Mano de obra	862	1108	2917	2027	3998	0.000
	Herbicidas	555	418	282	0.00	0.00	0.000

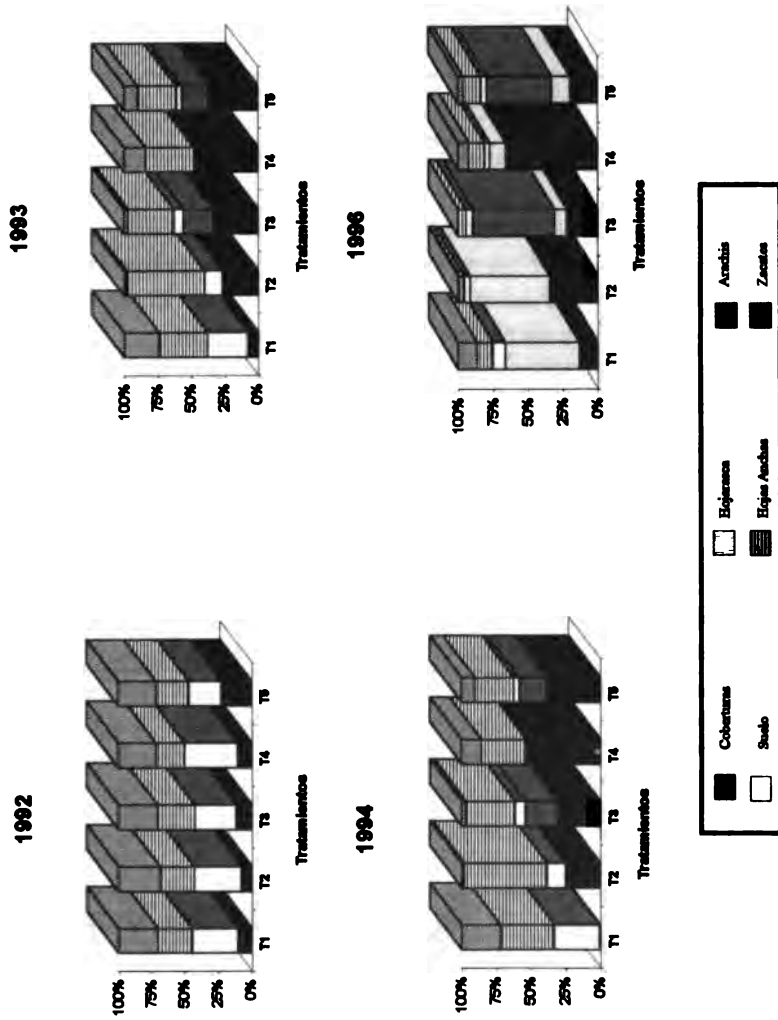


Figura 1. Composición de malezas y coberturas con manejo convencional y manejo selectivo de malezas en café con y sin herbicidas y siembra de Arachis pinto.

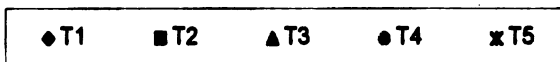
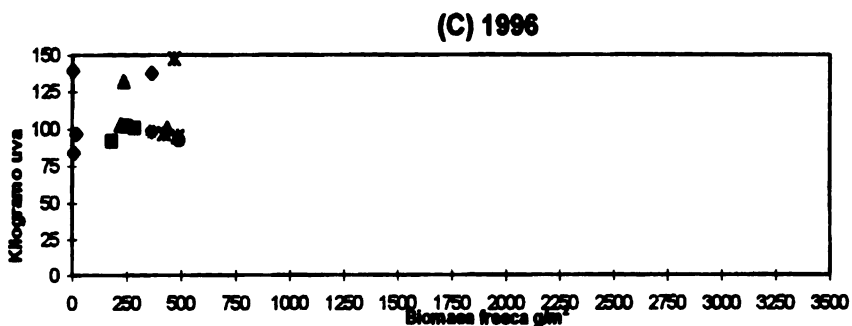
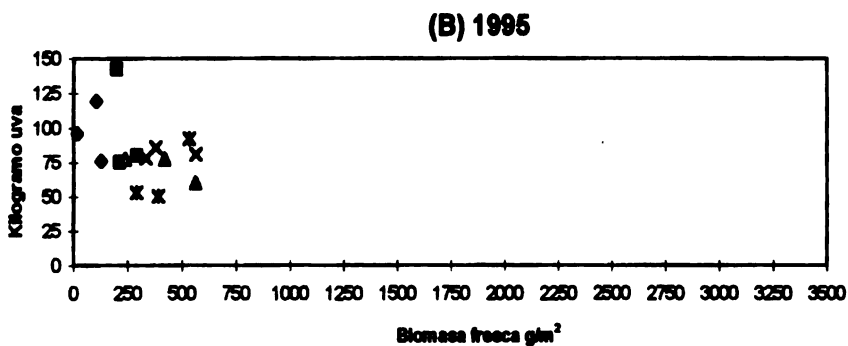
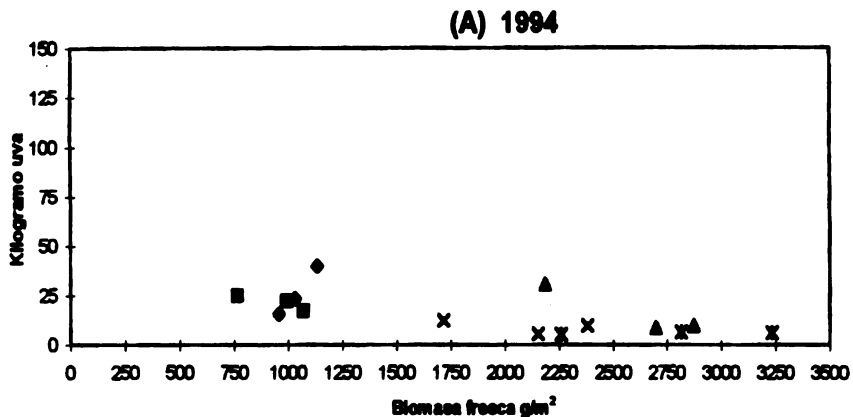


Figura 2. Relación entre el rendimiento y biomasa fresca total de malezas y coberturas en cada una de las parcelas.

En mayo 1994 no se encontraron diferencias entre tratamientos en cuanto a altura, diámetro o número de ramas por plantas, aunque en promedio el tratamiento 1 tuvo mayor número de ramas. Los mejores rendimientos en la cosecha preliminar de 1994 se encontraron en los tratamientos 1 y 2 ($p=0.02$), los tratamientos con una biomasa de malezas y coberturas menor a 1500 g/m^2 (Figura 2a). Para el siguiente años en encontraron diferencias en altura total ($p=0.02$), número de nudos ($p=0.01$) y número de bandolas ($p=0.02$) por planta, con los tratamientos 1 y 2 superiores al resto de los tratamientos. En la cosecha de 1995, la primera verdadera, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, aunque en promedio tratamientos 1 y 2 con 97 (22) y 99 (37) kg uva/parcela superaron a 3, 4 y 5 con 72 (10), 82 (4) y 65 (23) kg uva/parcela, desviación estándar en paréntesis. En 1996 no se encontraron diferencias significativas en la estructura productiva de los cafetos ni en los rendimientos (Figura 2C). En cuanto a la cosecha acumulada 94-96, sin diferencia significativa, los tratamientos 1 y 2, 230 y 219 kg uva/parcela, superaron en promedio a los tratamientos 3, 4 y 5 con 200, 200 y 185 kg uva/parcela respectivamente.

CONCLUSIONES

1. Se verificó la conclusión de un ensayo previo de pequeñas parcelas que es posible manejar la composición botánica de las malezas y que el cambio puede suceder de manera rápida cuan-

do la composición inicial de malezas incluye malezas de cobertura.

2. El manejo selectivo de malezas ofrece una protección de 25-95% de la superficie de la calle con malezas de cobertura durante toda la época de lluvia dependiendo del sistema, comparado con el manejo convencional, la cobertura del cual oscila entre 0% durante las semanas posteriores al control de malezas a más de 50-100% de malezas dañinas justo antes del control.
3. Las malezas de cobertura prosperan más en el sistema mecánico (>50%) que en el sistema con herbicidas (25%), aunque con la siembra de *Arachis* la cobertura fue mayor de *Arachis* y malezas de cobertura con uso herbicidas.
4. Algunos cambios en las malezas y la cobertura del suelo se derivaron del mismo desarrollo de los cafetos y el incremento en la sombra. Estos incluyen la reducción en los zacates y de la vegetación en general y el aumento en hojarasca y en suelo desprotegido.
5. La alta carga de biomasa de vegetación en la calle en los años iniciales contribuyó a un atraso en la producción. Para evitar este atraso, el manejo de la vegetación de la calle debe incluir un carril más ancho, chapodas para reducir la altura de las malezas de coberturas mezcladas con malezas y mayores niveles de sombra en los primeros años.
6. Los costos de manejo de male-

- zas bajaron de manera general durante los años del ensayo, producto del aumento en la sombra, el desarrollo de los cafetos y la realización oportuna de labores. Se observó que con un menor uso de herbicidas hubo mayor uso de mano de obra.
7. También se considera que el manejo selectivo requiere una mano de obra entrenada y consciente del trabajo de selección que hay que realizar.
 8. Los sistemas con *Arachis* fueron descartados por sus altos costos iniciales de siembra, aunque posteriormente los costos bajaron. Se observaron serios problemas con taltuzas en las parcelas con *Arachis* y daños acompañantes a los árboles de sombra, principalmente *Gliciridia*.
 9. El sistema 2 de manejo selectivo mecánico-químico se consideró el más viable por la combinación de rendimiento, costos equilibrados y protección al suelo, aunque el sistema 4 e manejo mecánico para café orgánico también es factible con atención al mantenimiento de un carril ancho y buenos niveles de sombra en los primeros años del plantío.

BIBLIOGRAFIA

BRADSHAW, L., C. STAVER Y S. SOMARRIBA. 1992. Com-

petencia entre las coberturas, las malezas y el café. Congreso Internacional de MIP. 20-24 abril. El Zamorano, Honduras.

GÓMEZ, A., C. RAMÍREZ, R. CRUZ, Y H. RIVERA., 1987. Manejo y control integrado de malezas en cafetales y potreros de la zona cafetalera. Cenicafe, Chinchina, Colombia.

STAVER., C., S. DINARTE, M. VARGAS, M. SARRIA Y R. MARTÍNEZ. 1993, Manejo selectivo de malezas para mantener na cobertura del suelo. XVI Simposio Latinoamericano de Caficultura. 26-29 octubre. Managua, Nicaragua.

STAVER, C. 1993. El monitoreo de malezas en café para productores: métodos sobre composición botánica y altura/cobertura. XVI Simposio Latinoamericano de Caficultura. 26-29 octubre. Managua, Nicaragua.

STAVER, C. Y A. AGUILAR. 1995. Recolectores tipo Gerlach para medir erosión bajo tres tipos de cobertura del suelo en café. III Congreso Nacional de Conservación de Suelo y Agua. 5-6 octubre. Managua, Nicaragua.

ESTUDIO DE SISTEMAS DE PODA TOTAL POR LOTE

*Campos Campos**
*Bernal Cisneros Durán**
*Jorge Edo. Ramírez Rojas**

RESUMEN

En 1989 se inició un estudio sobre poda total por lote en dos lugares de nuestra zona cafetalera ubicados, en la finca Yurusty, en Santo Domingo de Heredia, a 1169 m.s.n.m., temperatura promedio 20,5 °C y precipitación total anual de 2240 mm. El otro ensayo se localizó en la Hacienda El Cacao, en el Cantón Central de Alajuela a 950 m.s.n.m., con temperatura promedio de 22,3 °C y precipitación total anual de 2240 mm. En ambos casos los suelos son derivados de cenizas volcánicas. Las variedades de café fueron Catuaí y Caturra, respectivamente.

Los tratamientos en el ensayo ubicado en Finca Yurusty fueron: Poda selectiva por planta; poda sistemática a ciclo de 5 años, y de tres años alterno; y poda por lote cada 3, 4, 5 y 6 años.

En Hacienda El Cacao los tratamientos fueron: poda selectiva por planta; sistemática a ciclos de 3, 4 y 5 años; y poda total por lote cada 3, 4 y 5 años. Al completarse el ciclo de poda más largo se realizó el análisis estadístico con la cosecha promedio de cada tratamiento. El sistema poda total por lote, cada 5 años fue mejor estadísticamente, según prueba de Duncan al 0,05, en las dos localidades. En Santo Domingo, la poda selectiva por planta y la sistemática en ciclo de 5 años forman un mismo grupo con la poda por lote cada 5 años; mientras que en Alajuela, la poda sistemática con ciclo de 3 años, le sigue en productividad a la poda por lote cada 5 años.

Palabras claves: Sistemas de poda, por lote, Costa Rica..

INTRODUCCION

La poda del cafeto es quizá la práctica más importante de las que se realizan en el cultivo del café, ya que es el medio por el que se forma nuevo tejido productivo; baja las condiciones que favorecen el desarrollo de las en-

fermedades del café; se adecua la forma del cafeto a nuestro interés. En los últimos años se ha puesto en boga la poda total por lote, por parte de los caficultores, pues este sistema muestra una serie de ventajas en el manejo de la plantación, como: fácil de realizar, se puede mecanizar, con lo cual

* Ingenieros Agrónomos, Departamento de Investigación en Café. Instituto del Café de Costa Rica.

se bajan los costos; facilita la resiembra de cafetos dañados o perdidos; facilitar el establecimiento de sombra o árboles forestales; estratifica el tejido por edades, lo que facilitará la recolección del café, racionalización de la fertilización, prevención de enfermedades, control de malezas, deshija mayor utilización del terreno con la siembra de cultivos asociados.

OBJETIVOS

En 1989 y 1990 se establecieron dos experimentos con los objetivos de:

- 1- Evaluar el sistema de poda total por lote en relación con otros sistemas
- 2- Definir el período de años entre una poda y otra, según la zona agroecológica.

MATERIALES Y METODOS

Se instalaron dos experimentos en zonas diferentes uno en la Finca Yurus-tí, en Santo Domingo de Heredia a 1169 msnm., con temperatura media de 20,5 °C y precipitación total anual de 2240 mm.; en una plantación del cultivar Catuaí sembrado a 1.68 m entre hileras y 0,73 m entre plantas. Los tratamientos evaluados fueron: Poda por planta, poda sistemática con ciclo a 5 años y a 3 años alterno, poda por lote cada 3, 4, 5 y 6 años.

El otro experimento se instaló en 1990 en la Hacienda El Cacao, Cantón Central de Alajuela, a 950 m.s.n.m., temperatura media de 22,3 °C, precipitación total anual de 2240 mm, en una plantación de café catu-

rra sembrado a 1,68 m entre hileras y 0,84 m entre hileras y se evaluaron los siguientes tratamientos: Poda selectiva por planta; poda sistemática a 3, 4 y 5 años y poda total por lote cada 3, 4 y 5 años.

Estas plantaciones se manejaron a plena exposición solar y en los dos lugares los suelos son de origen volcánico arenos arcillosos, de alta fertilidad, topografía plana.

Para la evaluación se tomó el peso en kg de café fruta cada año y al completarse el período más largo, se hizo el promedio para cada tratamiento, con los que se analizaron estadísticamente para definir el mejor sistema de poda y período de años para volver a podar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al completar el ciclo de poda más largo se calculó el promedio en kg de fruta fresca/ha para cada tratamiento, como se indica en los Cuadros 1 y 2. En ellos se observa que el análisis de los promedios de las cosechas, al completarse el ciclo más largo y se establecen diferencias entre los tratamientos.

En los dos experimentos la poda por lote cada cinco años fue el mejor sistema, desde el punto de vista de parámetro de producción, ocupando el grupo A según la Prueba de Duncan al 0,05. En Santo Domingo este grupo incluye también a la poda selectiva por planta y la poda sistemática a 5 años cuadro No.1 Fig. 1 (Ramírez 1996, Campos 1995).

En Alajuela, la poda sistemática con ciclo de tres años, según la Prueba de

Duncan sigue en producción y en un tercer grupo se incluye la poda selectiva por planta, la poda sistemática a ci-

clo de cinco años y la poda por lote cada tres años. Cuadro No. 2, Fig. 2 ICAFE, 1995.

Cuadro 1. Producción promedio ensayo en Santo Domingo de Heredia.

SISTEMA DE PODA	KG CAFÉ EN FRUTA/HA	E
Poda por planta	21417.87	A
Sistemática ciclo 5 años	20149.80	A
Sistemática ciclo 3 años alternos	17002.20	BC
Poda por lote cada 6 años	15829.59	C
Poda por lote cada 5 años	20811.05	A
Poda por lote cada 4 años	18128.88	B
Poda por lote cada 3 años	17947.25	B

Cuadro 2. Producción promedio ensayo en Alajuela.

SISTEMA DE PODA	KG DE CAFÉ EN FRUTA/HA	E
Selectiva por planta	13102.53	BC
Sistemática 3 años	13684.32	AB
Sistemática 4 años	11629.87	C
Sistemática 5 años	12290.35	BC
Por lote cada 5 años	14934.33	A
Por lote cada 4 años	11880.13	C
Por lote cada 3 años	13102.53	BC

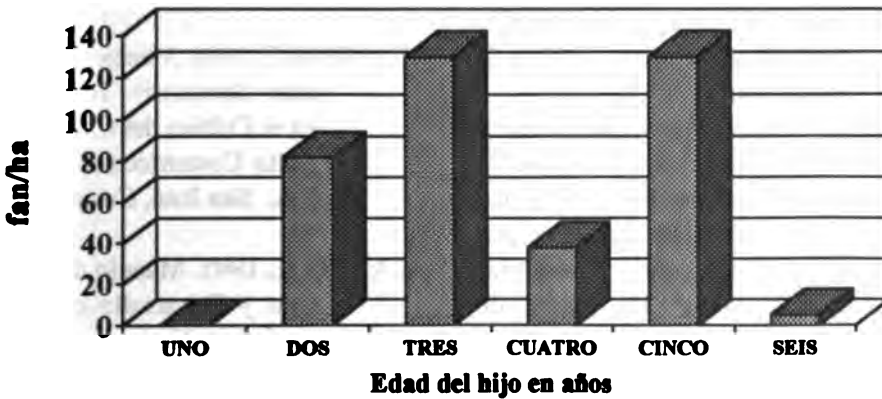


Figura 1. Producción por edad de hijos en un sistema de poda por lote.

En los dos experimentos, en la poda por lote cada cinco años, al cuarto año, la producción bajó mucho, pero la planta se logró recuperar y formar tejido productivo para dar al siguiente

año una cosecha muy alta, para volver a agotarse. Esta condición se puede observar en la Figura. 1, sobre producción por edad de rama. (ICA-FE 1994).

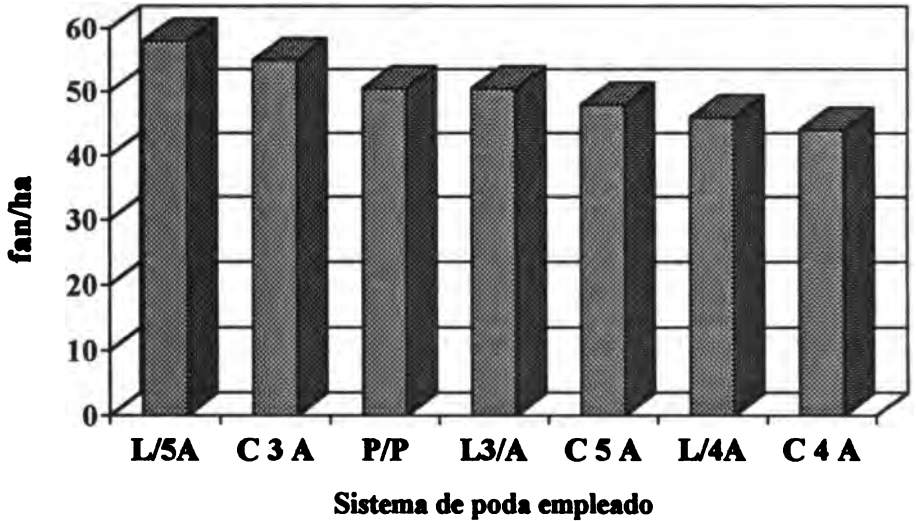


Figura 2. Estudio de seis sistemas de poda por lote. Alajuela, Costa Rica.

CONCLUSIONES

En condiciones climáticas similares a las de los lugares donde se llevó esta investigación.

1. La poda total por lote realizada cada cinco años es la más adecuada desde el punto de vista de producción.
2. En Santo Domingo de Heredia, la poda total cada cinco años, la sistemática con ciclo de cinco años y la poda selectiva por planta tiene igual comportamiento, según la Prueba de Duncan al 0,05.
3. En lugares más bajos como Alajuela, la poda por lote cada cinco

años y la sistemática cada tres años producen más que los otros sistemas.

BIBLIOGRAFIA

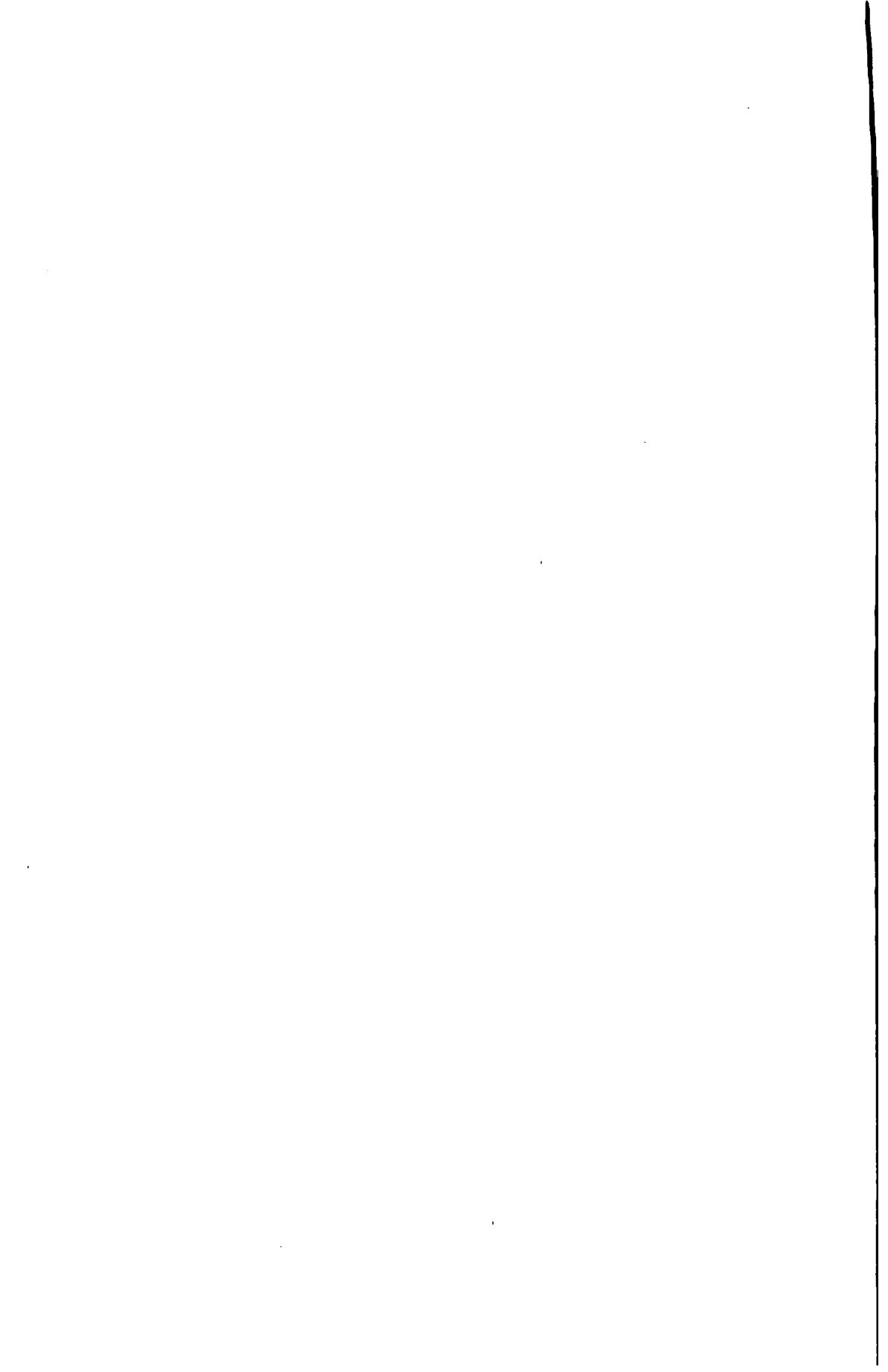
- CAMPOS, E. 1995. Manejo de Plantación Seminario Tecnológico en el Cultivo del Café. Compañía Costarricense del Café S.A. San José, Costa Rica.
- CAMPO, E. 1995. Manejo de Plantación y Desarrollo de Enfermedades. Noticiero del Café. Año XI No. 98-ISSN 108-421X, p 3-4.

INSTITUTO DEL CAFE DE COSTA RICA. 1995 Informe Anual de Labores 1994. Departamento de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Cultivo del Café. Heredia, Costa Rica. p. 230.

INSTITUTO DEL CAFE DE COSTA RICA. 1996 Informe

Anual de Labores 1995. Departamento de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Cultivo del Café. Heredia, Costa Rica. p. 204.

RAMIREZ, J. E. 1996. Poda y Manejo de *Coffea arabica* L 1° ed. Heredia, Costa Rica, p. 60.



MODELAJE DE VARIOS SISTEMAS DE PODA DE CAFÉ: EFECTOS SOBRE EL PATRÓN DE PRODUCCIÓN

Eduardo Somarriba¹

RESUMEN

Se elaboraron modelos que describen los cambios en la estructura de edad y producción de cafetales manejados con poda por eje, planta, hilera o lotes. Las predicciones del modelo de podas por ejes se ajustaron a datos de cafetales experimentales con un 25% de error. Simulaciones del efecto de diferentes edades de inicio de poda en plantaciones con podas por planta, hilera o lote sugieren la conveniencia de iniciar las podas en forma temprana. Con ciclos de podas de 4 años, los mejores rendimientos se obtienen cuando las podas se inician entre los 3 y 5 años de edad. Los modelos desarrollados pueden aplicarse fácilmente a otros cultivos perennes que involucran la selección periódica de rebrotes (e.g. plantaciones forestales para leña, bananos, etc.).

Palabras claves: Café, modelaje, sistemas de poda, efectos sobre, producción, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Los cafetales pueden visualizarse como poblaciones estructuradas por edades debido a podas y replantaciones. La distribución de edades de las plantas tiene efectos importantes sobre la producción de café. Se han desarrollado numerosos sistemas de podas (Clifford and Willson 1985; Forestiere 1969; Haarer 1962; Ramírez 1996). En este trabajo se modelan los cambios en la distribución de edades y en la producción en cafetales manejados con podas por ejes, planta, hileras o lotes.

Detalles sobre el desarrollo de los modelos se pueden encontrar en Somarriba (1997). Los resultados del modelo para podas por ejes se validaron con 12 años de datos de producción de café por planta, medidos en plantaciones experimentales de café con sombra en Turrialba, Costa Rica (Beer 1992; Hernández 1995). El modelo de podas por planta, hilera o lote se utilizó para evaluar el efecto de la edad de inicio de podas sobre la producción acumulada y sobre la edad a la que se estabiliza la producción del cafetal.

¹ Apdo. 108, CATIE, Turrialba, Costa Rica. esomarri@catie.ac.cr.

METODOLOGIA Y RESULTADOS

Los modelos

Poda por eje:

En este tipo de poda, se plantan una o más plantas por sitio de plantación, y una vez que se inician las podas, los ejes se seleccionan escalonadamente en el tiempo hasta lograr el número deseado de ejes por sitio de plantación. En las condiciones de Costa Rica, una configuración común es la de dos plantas por sitio, dos ejes por planta (es decir, un total de cuatro ejes por sitio) y un ciclo de podas de cuatro años (Figura 1). El escalonamiento en la selección de ejes se puede modelar en la forma de un retardo entre plantas y entre ejes de una misma planta. Las variables que describen este sistema de podas son: 1) la edad de la plantación (A), 2) el ciclo de podas (P), 3) el retardo entre plantas en un sitio de plantación (B), y 4) el retardo entre ejes de una misma planta (S).

La edad de cada eje a diferentes edades del cafetal se modela individualmente. El conjunto de ecuaciones se puede expresar en forma matricial [1], donde la matriz C contiene los coeficientes que modifican las variables que afectan cada eje, V es un vector de variables (A, P, B y S), y U es un vector que describe las edades, "no ajustadas" por podas (ver abajo), de cada eje a diferentes edades de la plantación.

$$C \times V = U \quad [1]$$

El esquema de podas por ejes usado en Costa Rica se modela con $C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$; los puntos y comas separan las hileras de C, y $V = \begin{bmatrix} A & 1 & 4 & 1 \end{bmatrix}$.

La poda "ajusta" la edad de cada eje. Esto se modela tomando el residuo del cociente entre la edad no ajustada (U) y el ciclo de poda (P). Contando el número de ejes de edad 1,2,...,P años en cada sitio de plantación se obtiene la distribución de frecuencia de edades de ejes a cada edad de la plantación.

Podas sistemáticas por plantas, hileras o lotes:

En estos sistemas de podas todos los sitios de plantación se establecen en un año dado, y después de un cierto número de años sin poda, se hacen recepas anuales (por planta, hilera o lote), durante P años, de una fracción 1/P de la población de cafetos, hasta que toda la población original ha sido podada (Figura 2). Las variables que describen este sistema de poda son: 1) la edad de la plantación (A), 2) la edad de inicio de las podas (I), 3) el ciclo de poda (P), y 4) el retardo o escalonamiento entre podas sucesivas (R). Las ecuaciones que describen la dinámica de edades de estos sistemas de podas se pueden encontrar en Sommariba (1997).

Edad y producción de café:

Varios estudios han analizado la producción de grano de café en plantas o ejes de diferentes edades. En Costa Rica, con ciclo de poda de cuatro años, se ha determinado que la producción es prácticamente cero el primer año, 22 % se obtiene el segundo

año, 45 % el tercer año y 33 % el cuarto año (Pérez e Hilje 1981; Ramírez 1996). Resultados similares han sido reportados en Hawaii (Beaumont et al, 1956). Un modelo cualitativo generalizado para describir las relaciones entre la edad y la producción de grano se puede encontrar en Sommarriba (1997). Combinando la distribución de edades del cafetal con la producción esperada por edad, se estima la producción del cafetal a lo largo del tiempo.

Simulaciones

Poda por eje:

El sistema de podas por eje utilizado en Costa Rica produce un patrón de producción que se alcanza equilibrio a los 7 años de edad de la plantación. Este equilibrio es de carácter oscilatorio (Figura 3). Las predicciones del modelo se ajustaron a los datos observados con un error promedio de 169 g/plant/year, equivalente al 25% de la producción promedio observada por planta (Figura 3).

Poda por planta, hilera o lote:

Se hicieron simulaciones para plantación con ciclo de poda de 4 años, variando la edad de inicio de las podas entre 1-6 años (Cuadro 1). La producción se estabiliza a una edad mínima de 4 años cuando las podas se inician al final de primer año de edad de la plantación (lo que equivale a plantar escalonadamente el cafetal), hasta un máximo de 10 años cuando las podas se inician a los 6 años de edad. Si se analiza la producción acumulada a los 10 años de edad (edad a la que to-

das las poblaciones simuladas han alcanzado equilibrio), la producción es máxima cuando la poda se inicia al tercer año de edad (3.8675). Esta cifra es apenas superior (1%) que cuando las podas inician al cuarto año (3.8175) y solo 6% superior a plantaciones con inicio de poda a los cinco años (3.6350). Dependiendo de las condiciones particulares de costos e ingresos de una finca, las podas pueden iniciarse entre los 3-5 años de edad de la plantación. Esto ha sido observado en Costa Rica (ICAFE 1995). El modelo aconseja iniciar las podas en forma temprana.

DISCUSION

Por ejemplo, un estudio de podas por hileras con ciclo de 5 años puede requerir 13-17 años para completarse: inicio de poda a los 5 años, más cinco años para completar la podas de toda la población original, más 1-5 años de datos válidos de producción. Muchos experimentos no son mantenidos durante todo el tiempo requerido. Los modelos presentados pueden ayudar a los investigadores a explorar el comportamiento temporal de los rendimientos producidos por un determinado régimen de poda.

Los modelos presentados no incorporan los efectos de la densidad de plantación sobre la producción de café, sino que evalúan únicamente el patrón temporal de producción. Esto es, obviamente, un posible mejoramiento de estos modelos. Especial esfuerzo debe también dedicarse a caracterizar la función de producción de los cafetos "viejos" que surgen cuando se ini-

cian las podas en esquemas por planta, hilera o lote. Los efectos, que sobre la producción de plantas individuales, tienen las podas altas, de banderolas, etc. deben ser analizadas en detalle para mejorar las estimaciones de producción de los modelos. El autor no pudo localizar estudios de este tipo en la literatura sobre el cultivo.

CONCLUSIONES

La dinámica de edades de cafetales sometidos a diferentes esquemas de podas y sus efectos sobre la produc-

ción de café pueden simularse fácilmente con 3-4 variables de fácil medición. Las predicciones del modelo se ajustaron adecuadamente a datos observados, indicando que las especificaciones del esquema de podas puede explicar un 75% del patrón observado de producción. Esto explica el esfuerzo notorio dedicado al diseño de un amplio conjunto de esquemas de podas. El enfoque de modelación usado para café puede extenderse fácilmente a otros cultivos cuyo manejo involucra la selección periódica de ejes y rebrotes (e.j. plantaciones forestales, bananos, etc.).

Cuadro 1 Producción relativa a diferentes edades de cafetales con ciclo de poda de cuatro años, ante diferentes edades de inicio de poda.

EDAD	1 AÑOS	2 AÑOS	3 AÑOS	4 AÑOS	5 AÑOS	6 AÑOS
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0600	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800	0.0800
3	0.5200	0.7500	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	0.4325	0.3750	0.4875	0.6500	0.6500	0.6500
5	0.4325	0.4325	0.2300	0.3150	0.4200	0.4200
6	0.4325	0.4325	0.3400	0.1600	0.2100	0.2800
7	0.4325	0.4325	0.4325	0.3150	0.1100	0.1350
8	0.4325	0.4325	0.4325	0.4325	0.3000	0.0800
9	0.4325	0.4325	0.4325	0.4325	0.4325	0.2900
10	0.4325	0.4325	0.4325	0.4325	0.4325	0.4325

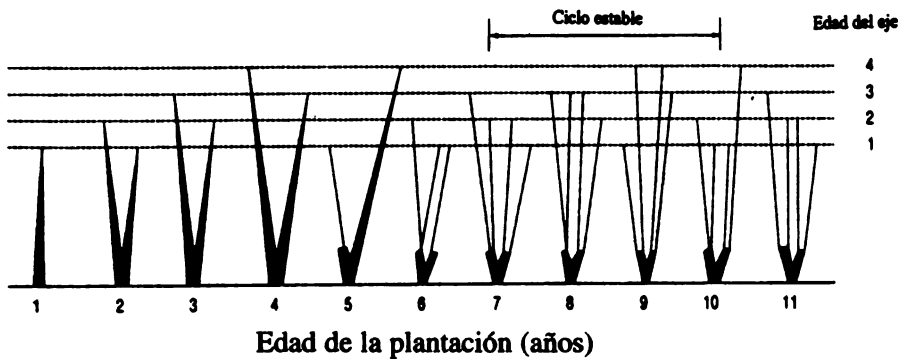


Figura 1. Representación esquemática del sistema de poda por eje utilizado en Costa Rica.

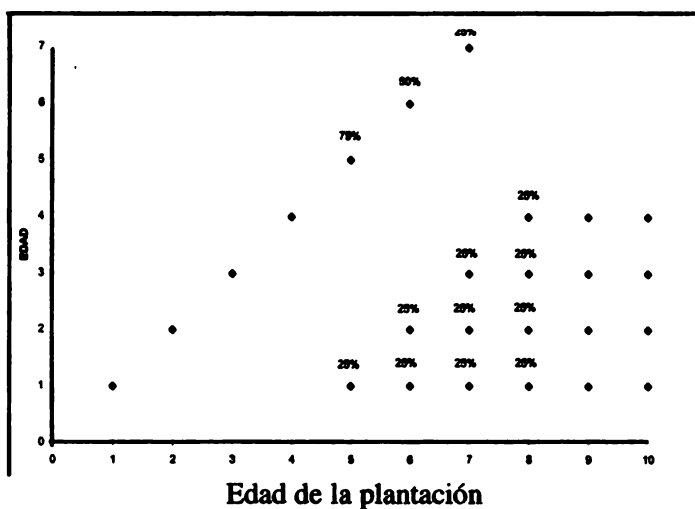


Figura 2. Descomposición de edades en un cafetal con poda por planta, hilera o lote.

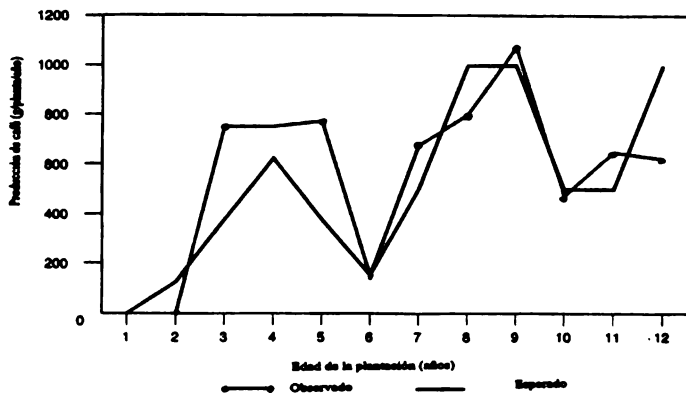


Figura 3. Producción observada y esperada de café.

BIBLIOGRAFIA

- BEAUMONT, JH; LANGE, AH; FUKUNAGA, ET (1956) Initial growth and yield response of coffee trees to a new system of pruning. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:270-278.
- BEER JW (1992) Production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in an agroforestry system with *Coffea arabica*. Ph.D Dissertation, University of Oxford, Oxford, England. 230 p.
- CLIFFORD, MN AND WILLSON, KC. EDITORS. (1985) Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage. Croom Helm, London. pp. 157-207.
- FORESTIERE, A (1969) Culture du cafeier Robusta en Afrique Centrale. Institut Fraçais du Café et du Cacao. Paris, France.
- HAARER AE (1962) Modern coffee production. Leonard Hill, London. 495 p.
- HERNANDEZ OR (1995) Rendimiento y análisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv. Caturra) con poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*). Tesis MSc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.
- ICAFE (1994) Informe anual de labores de 1994. Instituto del Café de Costa Rica, Convenio ICAFE-MAG. San José, Costa Rica. 300 p.
- PÉREZ, VM; HILJE, I (1981) La poda del cafeto. Compañía Costarricense del Café S.A., Circular Técnica #80. San José, Costa Rica. 47 p.
- RAMÍREZ, JE (1996) Poda y manejo de *Coffea arabica* L. Instituto del Café de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- SOMARRIBA, E (1997) Modeling stem age dynamics and yield in coffee plantations. To be submitted to Plantations, Recherche and Development (France).

EDAD DE INICIO DE LA PODA DEL CAFETO EN LA ZONA MEDIA DEL VALLE CENTRAL (1000 m.s.n.m.)

*Ing. Orlando Mora Alfaro**
*Ing. Bernal Cisneros Durán**

RESUMEN

La poda del cafeto es considerada como una de las actividades más importantes del café en producción. La investigación realizada en Costa Rica sobre el tema de la poda, ha pretendido orientar al productor a la búsqueda del momento más oportuno para efectuar la actividad, sin que repercuta negativamente en la producción. El desarrollo del presente trabajo se circunscribe en ese contexto de la generación tecnológica práctica que repercute en la toma de decisión del productor. Se ubicó en la zona media del Valle Central en la provincia de Alajuela, en un cafetal de la variedad Catuaí rojo, a una altura de 1000 m.s.n.m.. Abarcando un dominio de recomendación de gran importancia en lo que respecta a la actividad cafetalera en Costa Rica. El objetivo fundamental fue el de determinar el momento oportuno de iniciar la poda del cafeto después de establecida la plantación y su relación con el sistema de poda empleado.

Palabras claves: Poda del café, edad de inicio, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos técnicos que ha interesado a los investigadores en el campo del manejo del tejido productor en la planta de café, ha sido sin lugar a dudas lo que se refiere a la toma de decisión de: ¿cuando es el momento más oportuno para podar la planta de café?. Ramírez, 1996, en Costa Rica, sugiere que la decisión de la edad de inicio de la poda es importante en el ámbito económico de la plantación a largo plazo. De

igual forma indica que trabajos efectuados en el país demuestran que se debe considerar las condiciones ecológicas en donde se ubica la plantación, principalmente lo que respecta a la altura sobre el nivel del mar.

Segura, 1994, señala que con el desarrollo de la caficultura intensiva, la creación de materiales de porte bajo altamente productivos, junto con la reducción del nivel de sombra usado, han contribuido a forzar metabólicamente a la planta, induciendo el agotamiento acelerado de la misma.

* Ing. Agr. Investigadores . Departamento de Investigación y Transferencia. ICAFE.

Cannell, 1985, estima que se requiere 20 cm² de área foliar, para atender las necesidades energéticas de cada fruto, sin afectar el crecimiento vegetativo de la planta. Lo anterior pone de manifiesto la importancia que reviste la determinación del momento de la poda, su relación con el tejido foliar y la producción de ese momento y del futuro.

Otra consideración colateral, a lo expuesto anteriormente se refiere al sistema de poda ha utilizar en una plantación de café, en donde dependiendo de las condiciones ecológicas varía el sistema de poda a emplear.

El presente trabajo se planificó con el interés de determinar el momento oportuno de iniciar la poda después de establecida la plantación y la relación con el sistema de poda empleado, en la zona media del Valle Central.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en la zona de Alajuela, en una plantación del cultivar Catuaí Rojo, formado a tres ejes por punto de siembra y a plena exposición solar. La distancia de siembra fue de 1.90 m entre hileras y 0.90 m entre plantas; ubicada a 1000 m.s.n.m., 22.3 °C temperatura promedio, y 2240 mm anuales de precipitación.

El diseño experimental utilizado fue un bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Descripción de los tratamientos:

- 1: Poda por planta iniciada a los 3 años.

- 2: Poda por planta iniciada a los 4 años
- 3: Poda por planta iniciada a los 5 años
- 4: Ciclo de 4 años inicio de poda a 3 años
- 5: Ciclo de 4 años inicio de poda a 4 años
- 6: Ciclo de 4 años inicio de poda a 5 años
- 7: Ciclo de 5 años inicio de poda a 3 años
- 8: Ciclo de 5 años inicio de poda a 4 años
- 9: Ciclo de 5 años inicio de poda a 5 años

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La conclusión de este experimento se realiza una vez que los sistemas de poda han cerrado su ciclo, con la poda en la última de las hileras del ciclo de 5 años, los datos de cosecha que se anotan en la Figura No 1, incluyen el promedio de las ocho cosechas, con lo que los resultados se consideran importantes para la zona en estudio.

No se establecen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Figura 1) y tampoco entre los factores por separado (Cuadro 1 y Figura 2).

Estos resultados permiten inferir para la zona en estudio, que el inicio de la poda, antes del agotamiento de la planta y de igual manera la utilización de cualquiera de los tres sistemas de poda estudiados, no afectan diferencialmente el comportamiento productivo de la plantación.

Cuadro 1. Producción promedio de 8 cosechas en kg/ha, según la edad de la planta y el sistema de poda, Alajuela. 1985/86 a 1992/93

Edad del cafeto	Sistemas de Poda			TOTAL
	Podas/Pl	Ciclo 4 años	Ciclo seis	N.S.
3 años	16215,3	14804,0	16057,9	15692,4
4 años	15472,3	14290,6	15234,9	14993,3
5 años	14071,3	13748,8	14809,2	14209,8
TOTAL N.S.	15253,0	14281,1	15367,3	

1 fan = 258 kg de café cereza

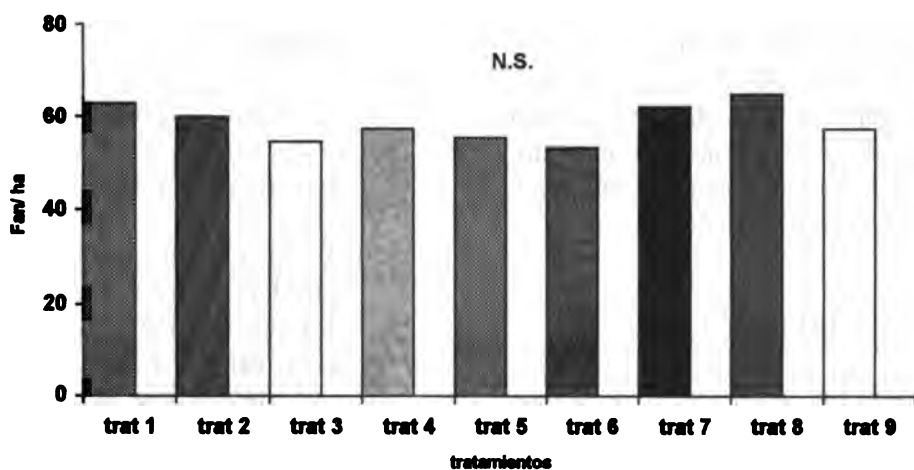


Figura 1: Producción Promedio por hectárea de los tratamientos edades del cafeto para el inicio de la poda en tres sistemas diferentes. Producción promedio de 8 cosechas, 85/86 - 92/93. (1 fanega igual 258 kg) café cereza.

CONCLUSIONES

Comparativamente entre sistemas no existen diferencias cuando se inicia la poda de manera anticipada al agotamiento de la planta. Continúa siendo la poda por planta una opción impor-

tante, como sistema. El adelantar la poda de la plantación, no repercute en la producción por área comparativamente entre los años de inicio estudiados, la poda anticipada; uno o dos años. Pero pueden constituirse en una actividad que genere costos adi-

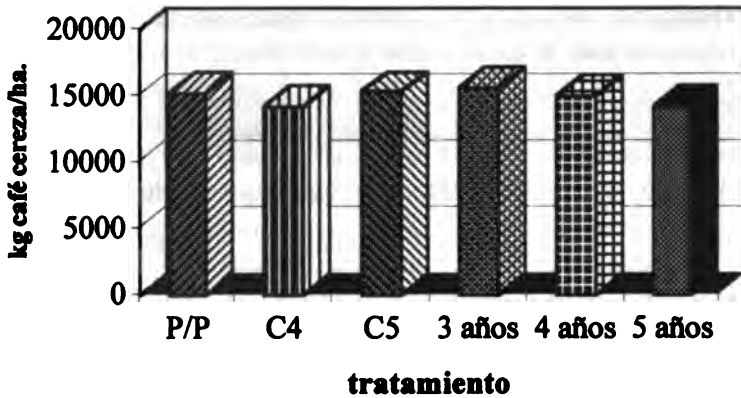


Figura 2. Producción promedio según edades de inicio y sistemas de poda, Alajuela, Costa Rica. 8 cosechas, 85/86 - 92/93.

cionales, ya que no favorecen significativamente la producción.

La ubicación del trabajo en la zona media del Valle Central (Alajuela), con características ecológicas muy definidas y que abarcan una área de producción extensa puede servir de guía al productor en cuanto a la importancia de la actividad para la recuperación del nivel productivo del café.

BIBLIOGRAFIA

CANNELL, M.G. 1985 . Physiology of the coffee crop. Coffee: botany, biochemistry and production of bean and beverage. Croom Helm, Beckenham.

PROGRAMA COOPERATIVO ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. ICAFE. VI Edición. Costa Rica.

RAMÍREZ, R. J. 1996. Poda y manejo de Coffea arábica. Y Edición . ICA-FE. Costa Rica.

SEGURA, M.A. 1994. Algunas consideraciones agrofitológicas en relación a la poda de los cafetos: Experiencias con cafetales con alta densidad de siembra. En: Anais. Simposio Internacional sobre café adensado. Londrina Brasil.

**PRODUCCION Y CALIDAD DE ABONO PRODUCIDO POR MEDIO
DE *Eisenia foetida* (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA), SU
CAPACIDAD REPRODUCTIVA EN TRES DENSIDADES Y SEIS
SUBSTRATOS**

Angel Ramón Rodríguez¹

Carlos Roberto Pineda²

RESUMEN

Con el propósito de determinar la calidad y conversión del abono producido en diferentes substratos por la lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) así como su capacidad reproductiva de mayo a agosto de 1996 se estableció un estudio en el Centro de Investigación y Capacitación "Ing. Carlos Alberto Bonilla" ubicado en Campamento, Olancho, Honduras a 700 msnm. El diseño experimental fue de Bloques al Azar con un arreglo factorial de 6³ en 4 repeticiones. Se evaluaron 6 substratos: Vacaza, Gallinaza, Porquinaza, Pulpa de café, Pseudotallo de Musas y hojarasca de cafetal. Las poblaciones de *E. foetida* fue de 250, 350 y 450 lombrices/m³ que se adecuó a parcelas de 20 litros del material precomposteadado. A los 90 días después de la inoculación se evaluó: Número de Individuos, Porcentaje de descomposición, Conversión y Calidad del bioabono. No se encontró diferencias significativas ($\alpha 0.05$) para densidades ni interacciones pero si para substratos. Duncan ($\alpha 0.05$) detectó que la vacaza es el mejor substrato para la reproducción de lombrices con un promedio de 17,741 individuos/m³ y una relación de 50:1. La pulpa de café, La Vacaza y la Porquinaza alcanzan más del 90% de descomposición con un rendimiento de 485, 571 y 638 kg. de bioabono por cada m³ respectivamente. El análisis químico confirma la alta calidad nutricional del abono producido; la pulpa de café y la Vacaza presentan entre 7.13 y 7.07 unidades de pH; M.O. de 6.6 y 7.4%; P 79 y 1154 mg/kg; K 4.87 y 2.36 cmol⁽⁺⁾L⁻¹; Ca 21.5 y 16 cmol⁽⁺⁾L⁻¹; Mg 9.45 y 14.14 cmol⁽⁺⁾L⁻¹ respectivamente. Se recomienda inocular 250 lombrices/m³ en Vacaza y Pulpa de café para la reproducción de las lombrices como también para la obtención rápida del bioabono.

Palabras claves: abono orgánico, lombriz roja californiana, *Eisenia foetida*, reproducción, substratos, Honduras.

¹ Ing. Agrónomo, Agente de Extensión Regional #7, IHCAFE., Apdo 31,47, Tegucigalpa, Honduras

² Ing. Agrónomo, Asistente Programa Beneficiado, IHCAFE

INTRODUCCION

En Honduras las actividades Agro-Industriales son el soporte de la economía al generar divisas e impuestos por medio de la exportación de sus productos; también son generadores de trabajo y bienestar social al emplear en zonas rurales personal para labores de cultivo, recolección y preparación de sus exportaciones. Durante el desarrollo de sus actividades estas Agro-Industrias también generan Sub-productos que son desperdiciados convirtiéndose en fuentes de contaminación de los recursos naturales (agua, aire). El café es el principal cultivo que se realiza en Honduras, durante la cosecha 95/96 y 96/97 produjo 2,679,569 y 2,134,725 sacos de 60 Kg. de café verde respectivamente dejando al país más de 600 millones de dólares en divisas; además el café es un permanente generador de trabajo en la zona rural al emplear a más de medio millón de habitantes en las labores del proceso. Paralelamente es un cultivo conservacionista ya que se siembra bajo sombra la que además de regular la producción, contribuye en la retención del agua, formación del suelo y propicia un ambiente agradable a la microfauna, aves y otros animales; también las prácticas agronómicas, fitosanitarias y nutricionales se aplican solo cuando son necesarias. Durante la preparación del café para la exportación en la fase húmeda se genera dos subproductos abundantes: La Pulpa y el Mucílago que son fuente de contaminación cuando no se emplea correctamente; solamente durante la cosecha 95/96 se produjo 276 millones de Kg.

de pulpa fresca y 151 millones de Kg. de mucílago. Similar situación ocurre con los subproductos del cultivo del Plátano, o en la producción de leche y carne.

Con la utilización de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en la transformación de los desechos en abono de excelente calidad, el problema de la contaminación por los subproductos de las Agro-Industrias se revierte convirtiéndose en un ingreso adicional. En la naturaleza se conocen más de 7000 especies de lombrices identificadas, las cuales se alimentan de materia orgánica con suelo como la lombriz terrestre común (*Lombricus terrestris*) o las que comen mantillo vegetal o estiércol de animales en los horizontes superficiales del suelo como la lombriz Roja Californiana (*E. foetida*). Las cuales se alimentan con substratos ya pre-composteados donde la emisión de gases y la temperatura se haya normalizado.

El conocer como actúa la *E. foetida* en los principales subproductos de la agroindustria es el primer paso para instalar una Lombricultura exitosa, razón por la cual se instaló el presente trabajo con los siguientes objetivos:

1. Determinar la Eficacia de Descomposición de *E. foetida* y calidad del abono orgánico producido en diferentes substratos de origen animal y vegetal a los 90 días.
 - 1.1 Determinar los substratos que ofrecen mejores condiciones para la reproducción de *E. foetida*.

- 1.2 Identificar substratos que permitan obtener abono orgánico de alta calidad, mayor cantidad en el menor tiempo.
- 1.3 Determinar la población mínima necesaria de *E. foetida* por unidad de volumen en diferentes substratos.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Capacitación "Ing. Carlos Alberto Bonilla" ubicado en Campamento, Olancho, Honduras con una altitud de 700 msnm, con temperatura promedio de 23 °C, y 1582 mm de precipitación promedio anual.

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial de 6³ en 4 repeticiones. Como substrato se utilizó Pulpa de Café, Vacaza, Gallinaza, Porquinaza, Pseudotallo de Musas y Hojarasca de cafetales; todos estos materiales fueron precomposteados entre 5 a 7 semanas, dándoles un volteo semanal. La unidad experimental fue de 20 litros de substrato colocados en cajas formadas por bloques de concreto de 0.4 m de largo, 0.25 m de ancho y 0.20 m de alto. Se utilizó tres densidades de Lombriz: 250, 350 y 450 individuos por metro cúbico equivalente a depositar 5, 7 y 9 lombrices para cada parcela. Las cuales se protegieron del sol con una ramada. A los 90 días después de iniciado el experimento se procedió a la evaluación considerando las siguientes variables:

- Ing. Agrónomo, Agente de Extensión Regional #7, IHCAFE.; Apdo 31,47, Tegucigalpa, Honduras
- Ing. Agrónomo, Asistente Programa Beneficiado, IHCAFE Número de Individuos: Se realizó un conteo de lombrices ya sea jóvenes (sin clitelo) y adultas.
- Porcentaje de Descomposición: Se determinó midiendo la altura final del substrato y la altura del substrato convertido en bioabono.
- Conversión a Bioabono: Cada parcela se peso al inicio del experimento y se multiplicó por el porcentaje de descomposición.
- Calidad del Bioabono: Se envió una muestra compuesta por cada substrato al laboratorio de análisis de suelos del IHCAFE para determinar el contenido mineral de cada uno.

RESULTADOS

Se observa en el Cuadro 1 que entre tratamientos existen poblaciones muy variadas de lombrices (desde 562 en hojarasca 350/m³ hasta 19,550 en vacaza 250/m³), similar situación ocurre con el porcentaje de descomposición encontrando valores de 0.0 % para hojarasca hasta 99.61% para vacaza 250/m³. El análisis de varianza realizado (datos transformados \sqrt{x}) tanto para número de individuos como para el porcentaje de descomposición detecta diferencias significativas únicamente para los substratos, no así para las densidades ni para la interacción densidad por substrato.

Duncan ($\alpha 0.05$) indica que la vacaza es el mejor sustrato para reproducción de las lombrices seguido de la pulpa de café. La figura 1 presenta la relación de individuos producidos por cada lombriz inoculada, La vacaza, la Pulpa de Café y la Porquinaza son los sustratos con % de descomposición altos (> de 90%), y por cada m³ de sustrato precomposteados producen 570, 485 y 638 Kg. de

bioabono respectivamente. El análisis químico realizado comprueba la alta calidad nutricional de los abonos; la pulpa de café y la vacaza que son los más comunes en las fincas cafetaleras que presentan un Ph de 7.13 y 7.09 unidades; M.O. de 6.6 y 7.4%; P 79 y 1574 (mg/kg); K4.87 y 2.36 cmol⁽⁺⁾L⁻¹; Ca de 21.5 y 16 cmol⁽⁺⁾L⁻¹; Mg 9.45 y 14.17 cmol⁽⁺⁾L⁻¹ respectivamente.

Cuadro 1: Respuesta de diferentes tratamientos al número de individuos, porcentaje de descomposición y conversión Kg.

No.	Tratamiento	No. Individuos	% Descomposición	Conversión Kg.
1	Vacaza 250/m ³	19550	99.61	576.07
2	Vacaza 350/m ³	14287	97.25	576.07
3	Vacaza 450/m ³	18575	97.22	559.51
4	Gallinaza 250/m ³	4500	11.23	111.38
5	Gallinaza 350/m ³	4287	16.82	161.32
6	Gallinaza 450/m ³	5925	12.87	111.62
7	Porquinaza 250 m/3	4037	90.81	638.67
8	Porquinaza 350 m/3	4452	90.35	630.28
9	Porquinaza 450 m/3	5012	89.39	645.85
10	Pulpa de Café 250 m ³	4187	95.73	476.17
11	Pulpa de Café 350 m ³	8875	95.75	481.61
12	Pulpa de Café 450 m ³	7562	99.04	495.39
13	Hojasca 250 m/3	850	00.00	0.00
14	Hojasca 350 m/3	562	00.00	0.00
15	Hojasca 450 m/3	775	00.00	0.00
16	Pseudotallo 250 m/3	1325	45.67	153.95
17	Pseudotallo 350 m/3	2850	56.99	185.27
18	Pseudotallo 450 m/3	1750	43.41	141.40

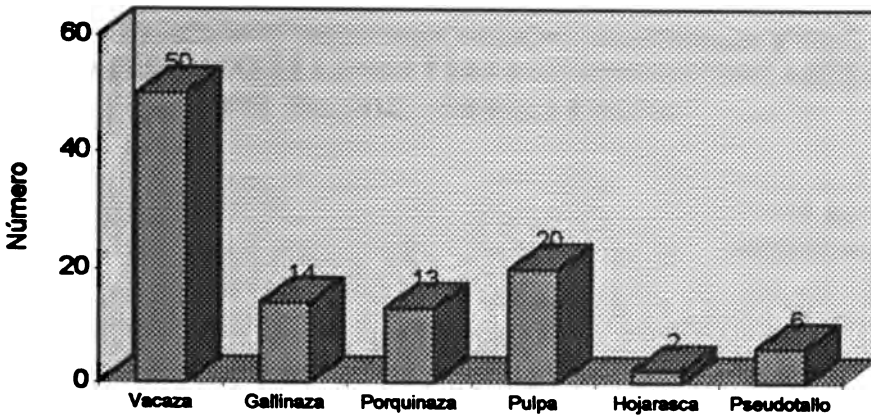


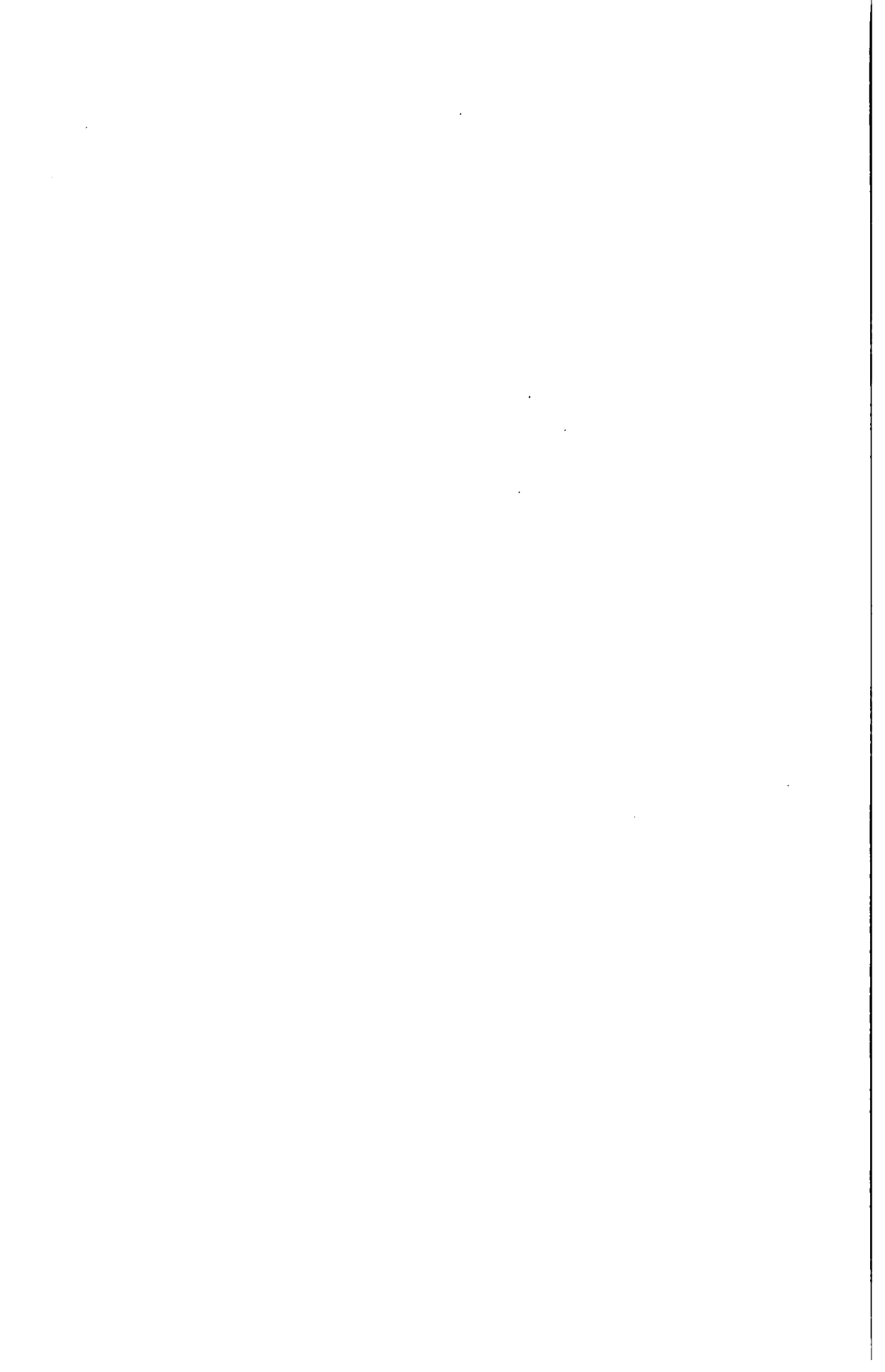
Figura 1. Número de individuos por Lombriz inoculada

CONCLUSIONES

1. La vacaza es el sustrato donde la *E. foetida* desarrolla mejor la capacidad reproductiva, seguido de la Pulpa de Café, obteniéndose 50 y 20 lombrices respectivamente por cada lombriz inoculada.
2. La densidad de 250 lombrices por m³ es suficiente para transformar en bioabono en más del 90% de los sustratos Pulpa de Café, Vacaza y Porquinaza en 3 meses.
3. A los 90 días por cada 100 libras de sustratos se obtiene 97, 96, 90, 48, 17 y 0 libras de bioabono proveniente de Pulpa de Café, Vacaza, Porquinaza, Pseudotallo de Musas, Gallinaza y Hojarasca respectivamente.
4. Todos los sustratos evaluados presentan un contenido mineral apropiado para los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

- ARANDA, D. E. (1987). Perspectivas de la Utilización de Lombrices en la Transformación de la Pulpa de Café en abono orgánico. INMECAFE. Boletín Técnico #7.
- PINEDA, C., ORDOÑEZ, M. MERLO, A., ZUNIGA, M. ZELAYA, H., ACOSTA, J. (1995). Determinación de la densidad poblacional de *Eisenia foetida* en la producción de abono orgánico de pulpa de café. Memoria del 6to. Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura. IHCAFE, Honduras.
- TINEO, A. L. (1990). Crianza y Manejo de Lombrices de Tierra con fines agrícolas. CATIE, Turrialba.



ACUMULACION Y DESCOMPOSICION DE BIOMASA EN EL SUB-SISTEMA MALEZA BAJO TRES MANEJOS EN UN CAFETAL DEL PACIFICO DE NICARAGUA

Víctor Aguilar¹
Charles Staver²

RESUMEN

Las malezas una vez que son cortadas y depositadas sobre la superficie del suelo, se descomponen y los nutrientes que fueron absorbidos durante el crecimiento son devueltos al suelo. Desde Mayo a Noviembre de 1994, 1995 y 1996 se cuantificó la acumulación de biomasa y nutrientes y descomposición de la biomasa de las malezas y coberturas en tres sistemas de manejo de malezas. 1- manejo convencional con chapodas y herbicidas; 2- manejo selectivo de malezas de cobertura con chapodas y 3- manejo selectivo de malezas de cobertura y *Arachis pintoi* con chapodas. La tasa de devolución de los nutrientes por las malezas fue medida en seis ensayos usando canastas de descomposición en Julio, Septiembre y Noviembre de 1994, Junio y Diciembre de 1995 y Enero de 1996. Con el manejo convencional se redujo a un 43 % en 1995 y a un 37 % en 1996. La biomasa acumulada por las coberturas en los manejos selectivos al final de cada año en estudio fue similar, no así la cantidad de biomasa por parte de las malezas que se redujo a un 42 % en 1995 y a un 24 % en 1996 con respecto a 1994 debido al total cubrimiento del suelo por las malezas de cobertura y *Arachis pintoi*. No se presentaron diferencias en la tasa de descomposición en las tres diferentes fechas del período lluvioso. La tasa de descomposición fue de 55 a 65 % en los primeros 30 días y entre 75 y 85 % a los 130 días. *Commelina* por senescencia muere en Diciembre y *Oplismenus* lo hace en Enero, experimentando una descomposición muy lenta en período seco y es hasta el período de lluvias que la descomposición se ve acelerada. De forma general las malezas de hoja ancha se descomponen más rápido que las malezas de hoja angosta y entre estas las hojas se descomponen más rápido que los tallos.

Palabras claves: Biomasa, malezas, *Arachis pintoi*, Nicaragua

¹ UNA - Managua, Nicaragua

² MIP/CATIE-Managua, Nicaragua

INTRODUCCION

El reciclaje de nutrientes en una plantación de café (*Coffea arabica* L.) puede ser estudiado tomando en cuenta los tres sub-sistemas: Cafeto, Sombra y Malezas. Los nutrientes pueden entrar al sistema por medio de fertilizante químico y/o pulpa de café.

Los árboles de sombra absorben los nutrientes del suelo y estos son devueltos con la caída de las hojas. Las plantas de café al igual que las malezas al inicio de las lluvias experimentan un rápido crecimiento lo que va acompañado de una mayor exigencia de nutrientes. Las malezas durante su crecimiento absorben una apreciable cantidad de nutrientes, estos son inmovilizados del sistema y devueltos mediante su control (Bornemisza, 1982). Los nutrientes liberados vuelven a estar disponibles tanto para las plantas de café, árboles de sombra y para las mismas malezas.

El uso de fabáceas como coberturas vivas para el control de las malezas se ha extendido en muchos países productores de café (Bull, 1963). Las fabáceas además de ejercer competencia con las malezas, fijan nitrógeno atmosférico y evitan la rápida evaporación del agua del suelo (Suárez, 1975). Los residuos que proporcionan las poáceas son de mayor uso para la formación de una capa orgánica debido a su lenta descomposición (Wallis, 1960), por el contrario, las fabáceas se descomponen con más facilidad por su alto contenido de nitrógeno (Altieri, 1987).

En Brasil se usan las propias malezas como cobertura muerta, ya sea cortándolas o quemándolas con herbici-

das (Carvajal, 1984). En cafetales es común encontrar malezas con hábito de crecimiento rastrero, porte bajo y enraizamiento superficial que pueden utilizarse como cobertura natural a través de un manejo selectivo, estas coberturas en el período seco mueren devolviendo los nutrientes absorbidos y reaparecen con la entrada de las lluvias. Las demás malezas después de períodos cortos de competencia son cortadas y entran en una fase de descomposición inicial, en el cual los compuestos de fácil descomposición se alteran por la acción microbiológica a compuestos más simples y se incorporan al suelo rápidamente (Cairo y Quintero, 1987). Este manejo de malezas puede ser sincronizado tomando en cuenta la cantidad de biomasa producida, la tasa de descomposición y la liberación de los nutrientes conjuntamente con las etapas fenológicas del cultivo (Argüello, 1988).

En el presente trabajo se planteo cuantificar la biomasa y nutrientes acumulados en las malezas y coberturas del suelo durante su crecimiento; determinar la tasa de descomposición de la materia orgánica de los diferentes tipos de malezas y coberturas y determinar el balance total entre los nutrientes absorbidos por la biomasa viva y los nutrientes presentes en la biomasa muerta.

MATERIALES Y METODOS

Localización del experimento:

El presente estudio fue realizado de Mayo de 1994 a Noviembre de 1996 en el Centro Experimental y Servi-

cios del Café, Masatepe, Nicaragua. Altitud de 500 msnm, 11o 55' latitud norte, 86o11' longitud oeste y una temperatura promedio de 24oC. De 1987 a 1996 se registró una precipitación promedio de 1385.49 mm y en los años en estudio una precipitación de 1,005 mm en 1994, 1,314.9 mm en 1995 y 2,012.2 mm en 1996, lluvias distribuidas en los meses de Mayo a Noviembre principalmente. El suelo presenta una textura franco arcilloso y un pH parcialmente ácido.

Tratamientos en estudio:

La plantación se estableció en agosto de 1992 con una densidad de 2 m entre calles y 1.25 m entre planta y planta para una densidad poblacional de 4000 plantas por hectárea. La parcela consistió en 160 plantas de café y 400 m². La variedad utilizada fue pacas. Se seleccionaron tres tratamientos de un ensayo de cinco tratamientos distribuidos en bloques completos al azar: 1- Manejo convencional de las malezas realizándose dos chapeas con machete y dos aplicaciones de herbicidas (Paraquat + Simazina + 2,4-D en dosis de 1.42 l/ha respectivamente) por año. 2- Manejo selectivo de malezas de cobertura con chapodas y 3- manejo selectivo de malezas de cobertura y *Arachis pintoi* con chapodas. La banda de los cafetos se manejó libre de malezas, la fertilización y manejo de plagas y enfermedades uso de sombra fue uniforme en todo el ensayo. Se establecieron dos sombras temporales (*Cajanus cajan* S. y *Ricinus comunis* L.) y cuatro

sombras permanentes (*Simaruba glauca* D. C., *Gliricidia sepium* J., *Inga paterno* H. y *Clusia rosea* J.).

Medición de cambios en la biomasa de las malezas:

Para determinar la acumulación de biomasa y nutrientes por las coberturas y malezas, se realizaron de Mayo a Noviembre, muestreos totales y parciales durante 1994, 1995 y 1996. Para cada muestreo total se tomaron 12 cuadrantes de 0.25 m² y para los muestreos parciales se tomaron 6 cuadrantes de 1 m² por parcela. El muestreo total consistió en el corte desde la base del tallo de las malezas y coberturas dentro del cuadrante y el muestreo selectivo fue alto o bajo cortando las malezas sin afectar las coberturas. Las malezas fueron identificadas, se determinó el peso seco, porcentaje de hojas y tallos de cada especie de malezas y se tomaron muestras para determinar su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Descomposición de la materia seca de las malezas:

Para determinar la tasa de descomposición se estableció en Julio, Septiembre y Noviembre de 1994, Junio y Diciembre de 1995 y Enero de 1996, ensayos utilizando biomasa de las malezas más predominantes dentro del experimento y las especies de malezas utilizadas como coberturas de suelo. Las especies colectadas fueron *Ageratum conizoides*, *Digitaria sanguinalis*, *Ixophorus unisetus*, *Blechum pyramidatum*, *Priva lapula-*

ceae, *Talinum sp*, *Arachis pintoi*, *Commelina difussa* y *Oplismenus burmanii*. Cada especie fue separada en hojas y tallos y secado por 48 horas a 60°C.

Para la descomposición fueron utilizadas mallas estandars recomendadas por Tropical Soil Biology and fertility Programme (1987) de 30 cm por 30 cm por 2.5 cm de altura con orificios de 1 mm en la parte inferior y 5 mm en la parte superior. Las bolsas fueron llenadas con 30 gramos de hojas y tallos de monocotiledóneas y dicotiledóneas por separado. Las canastas fueron recolectadas cada 7 días durante los dos primeros meses, cada 15 días durante los 3 y 4 meses y posterior-

mente cada 30 días.

RESULTADOS Y DISCUSION

Medición de cambios de biomasa de malezas:

Para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos se establecieron cuatro grupos de plantas: *Arachis pintoi*, malezas de coberturas (*Commelina difussa*, *Oplismenus burmanii* y *Panicum trichoides*), monocotiledóneas y dicotildóneas. La tasa de acumulación de biomasa para cada uno de los grupos de malezas y coberturas para el tratamiento convencional puede verse en la tabla 1.

Tabla 1. Acumulación de biomasa seca (g/m²) en los grupos de malezas y coberturas durante Junio y Noviembre de 1994, 1995 y 1996 con uso de machete y herbicidas

AÑO	1994		1995		1996	
	Junio	Octubre	Julio	Noviembre	Junio	Noviembre
Cobertura	01.09	06.21	04.52	05.91	5.18	0.27
Hoja angosta	70.24	44.63	44.37	01.50	13.64	0.14
Hoja ancha	55.02	37.73	32.35	04.42	60.45	0.10
Total	126.35	88.57	81.24	11.83	79.27	0.51

Con el manejo mecánico - químico la biomasa total de las malezas aumentó de Mayo a Junio de cero a 126.35 g/m² antes del primer control y de Junio a Octubre de cero a 88.57 g/m² antes del segundo control en Octubre de 1994. Esta biomasa acumulada representa una absorción de 3.7 - 2.6 g de N, 0.35 - 0.14 g de P y 6.54 - 3.98 g de K por m². Hasta el primer control en Julio de 1995 se acumuló una biomasa de 81.24 g/m² y hasta el segun-

do control en Noviembre un total de 11.83 g/m² representando una devolución de 2.53 - 0.35 g de N, 0.23 - 0.03 g de P y 4.84 - 0.44 g de K por m² y de Mayo a Junio de 1996 se acumuló una biomasa de 79.27 g/m² y de Junio a Noviembre se acumuló una biomasa de 0.51 g/m²; representando una devolución de 2.66 - 0.018 g de N, 0.24 - 0.002 g de P y 5.04 - 0.018 g de K por m² respectivamente.

Estos nutrientes son devueltos al sistema con la descomposición de la biomasa de las malezas.

De 1994 a 1995 se redujo la biomasa de las malezas a un 43 % y a un 37 % en 1996. Con el uso de machete y herbicidas el suelo permaneció desprovisto de vegetación y solamente se presentaron cantidades entre 0.27 y 6.21 g/m² de biomasa por parte de las malezas utilizadas como cobertura de suelo. Las malezas que se presentaron con mayor frecuencia fueron *Digitaria sanguinalis*, *Ixoporus unicus*, *Panicum fasciculatum* y *Ageratum conizoides*; Tali-

num solo se presentó al inicio de la época lluviosa.

Cuando las malezas se manejaron de forma selectiva con chapodas (tratamiento 2), la biomasa de las coberturas al final de la estación lluviosa acumularon una cantidad similar en los tres años con 76.42 g/m² en 1994, 80.87 g/m² en 1995 y 86.74 g/m² en 1996 (tabla 2). Esta biomasa representa una cantidad acumulada de nutrientes entre 2.2 - 2.51 g de N por m², 0.27 - 0.30 g de P por m² y 2,75 - 3.12 g de K por m², nutrientes solamente devueltos en enero cuando estas malezas de cobertura mueren.

Tabla 2. Acumulación de biomasa seca (g/m²) de Mayo a Noviembre de 1994, 1995 y 1996. Malezas de cobertura manejadas con chapodas selectivas.

1994		Total					Total	
Grupos	Junio	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Coberturas	18.25	0.00	14.91	16.18	17.44	76.42	17.63	
Hoja angosta	18.79	23.73	27.93	34.96	41.98	66.48	55.92	
Hoja ancha	22.93	21.90	19.96	14.66	09.36	20.19	20.80	

1995		Total					Total	
Grupos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Coberturas	0.10	-	24.90	-	04.88	40.78	80.87	
Hoja angosta	19.21	-	49.10	-	16.49	02.61	0.60	
Hoja ancha	17.19	-	54.63	-	11.40	08.86	08.15	

1996		Total					Total	
Grupos	Junio	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Coberturas	00.14	24.94	-	24.70	-	25.88	86.74	
Hoja angosta	11.25	10.45	-	02.95	-	0.42	00.10	
Hoja ancha	38.42	34.40	-	04.57	-	01.93	02.40	

Con siete chapeas selectivas de Junio a Noviembre de 1994 se cortó una biomasa de malezas de hoja ancha y hoja angosta de 335.4 g/m², reciclan-

do una cantidad total de nutrientes de 9.9 g de N, 0.96 g de P y 16.9 g de K por m². En 1995 con cinco chapeas selectivas se cortó una biomasa total

de 131.79 g/m² reciclando un total de 4.13 g de N, 0.37 g de P y 7.79 g de K por m² y en 1996 con cinco chapas selectivas se cortó una biomasa de 83.22 g/m² reciclando una cantidad de total de 2.9 g de N, 0.26 g de P y 6.1 g de K por m². La reducción de la biomasa de las malezas se debe al aumento de cobertura y biomasa de las malezas de cobertura, principalmente por *Oplismenus*.

En el manejo selectivo de malezas de cobertura y *Arachis* con chapadas, la biomasa de las malezas de cobertura alcanzaron al final de la época de lluvias una biomasa total de 148.1 g/m² en 1994, 58.98 g/m² en 1995 y 73.20 g/m² en 1996 (tabla 3). Esta biomasa representa una cantidad acumulada de nutrientes entre 4.29 - 2.12 g de N, 0.52 - 0.26 g de P y 5.33 - 2.63 g de K por m².

Tabla 3. Acumulación de biomasa seca (g/m²) de Mayo a Noviembre de 1994, 1995 y 1996. Malezas de cobertura y *Arachis* manejadas con chapadas selectivas.

1994							Total	
Grupos	Junio	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Arachis pintoi	55.80	0.12	5.58	04.34	02.45	17.06	01.15	
Coberturas	31.65	0.00	07.84	03.22	08.43	148.1	10.52	
Hoja angosta	16.82	14.45	16.23	20.54	20.98	43.67	26.39	
Hoja ancha	25.56	23.01	18.42	07.59	05.05	18.72	11.63	

1995								Total
Grupos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Arachis pintoi	0.00	-	54.38	-	0.06	6.65	20.60	
Coberturas	0.10	-	23.96	-	01.91	28.92	58.98	
Hoja angosta	12.14	-	36.22	-	15.04	03.60	00.57	
Hoja ancha	18.70		28.84		05.11	04.62	04.13	

1996							Total	
Grupos	Junio	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
Arachis	00.00	111.43	-	14.32	-	02.82	20.97	
Coberturas	00.08	07.08	-	11.09	-	14.50	73.20	
Hoja angosta	06.34	05.26	-	0.28	-	00.10	00.00	
Hoja ancha	06.57	17.06	-	16.69		04.70	03.44	

En los tres años de estudio la biomasa de *Arachis* al final de la época lluviosa alcanzó valores similares de 17.06, 20.6 y 20.97 g/m² respectivamente (85.3, 103, 104.85 kg/ha acumulando

aproximadamente 3.6 kg de N, 0.37 kg de P y 3.8 kg de K por hectárea). En época seca (marzo - abril 1996) *Arachis* a través de sus hojas aportó una cantidad de 119.11 kg/ha, reciclando

4.1 kg de N, 0.4 kg de P y 4.3 kg de K. Con siete chapeas selectivas de Junio a Noviembre se cortó una biomasa de malezas de 207.94 g/m², reciclando una cantidad de total de nutrientes de 5.9 g de N, 0.59 g de P y 9.32 g de K; en 1995 con cinco chapeas selectivas de Mayo a Noviembre, se cortó una biomasa de 94.09 g/m² reciclando un total de 2.89 g de N, 0.26 g de P y 5.15 g de K y en 1996 con cinco chapeas selectivas de Junio a Noviembre se cortó una biomasa total de 47.56 g/m², reciclando una cantidad de 1.6 g de N, 0.14 g de p y 3.07 g de K por m².

Las especies poaceas fueron las malezas más afectadas por el manejo selectivo ya que su biomasa se redujo casi en su totalidad al terminar el ciclo productivo 1996. Las especies de hoja ancha que más han soportado el manejo selectivo son *Blechnum pyramidatum*, *Ageratum conizoides*, *Talinum sp*, *Priva lapulaceae* y *Pseudoelephantopus spp*. El manejo selectivo y la competencia que ejercen *Oplismenus* y *Arachis* permitió una reducción drástica en la biomasa de las malezas.

Descomposición de la materia seca de las malezas:

El proceso de descomposición de tallos y hojas consta de biodegradación rápida de la mayoría de los hidrosolubles y polisacáridos, disminución lenta de hidrosolubles fenólicos y hemicelulosas y aumento relativo del contenido de lignina y proteínas. Antes de esto se debe de conocer la relación C/N, ácidos/bases, lignina/celulosa y el contenido de minerales (vilas Boas, 1990).

La composición del material estudiado presentó una relación carbono nitrógeno para las monocotiledóneas de 16.5 (38:2.3) y para las dicotiledóneas de 9.4 (35:3.7). En época seca la descomposición de la biomasa es muy lenta, no así en época lluviosa. En los primeros 30 días se observa una rápida descomposición de un 55 % para las monocotiledóneas y un 65 % para las dicotiledóneas lo que significa que más de la mitad de la materia orgánica se ha incorporado al suelo (Figura 1).

Al final de cada fecha de estudio se encontró una tasa de descomposición de 91 % para las dicotiledóneas y de 81 % para las monocotiledóneas. En general las dicotiledóneas se descompusieron más rápido que las monocotiledóneas y entre ellas las hojas se descompusieron más rápido que los tallos.

La descomposición de *Oplismenus* (figura 2c) y *Commelina* (figura 2b) en época seca es lenta, la pérdida de biomasa se debe a daños físicos. Con la entrada de las lluvias en Junio la descomposición se acelera y se puede observar que en los primeros 90 días se ha incorporado alrededor de un 80 % de las hojas de *Oplismenus burmanii* (figura 2a).

Los nutrientes absorbidos por las malezas de cobertura como *Commelina* diffusa son devueltos en Diciembre y por *Oplismenus burmanii* en Enero con la murte natural o senilidad.

CONCLUSIONES

1. El control mecánico acompañado del uso de mezclas de herbi-

Figura 1. Descomposición de la biomasa de las malezas

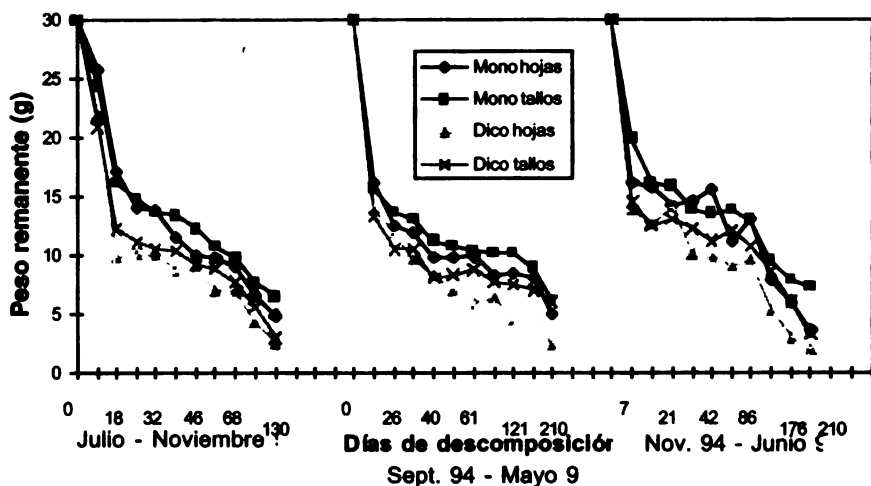
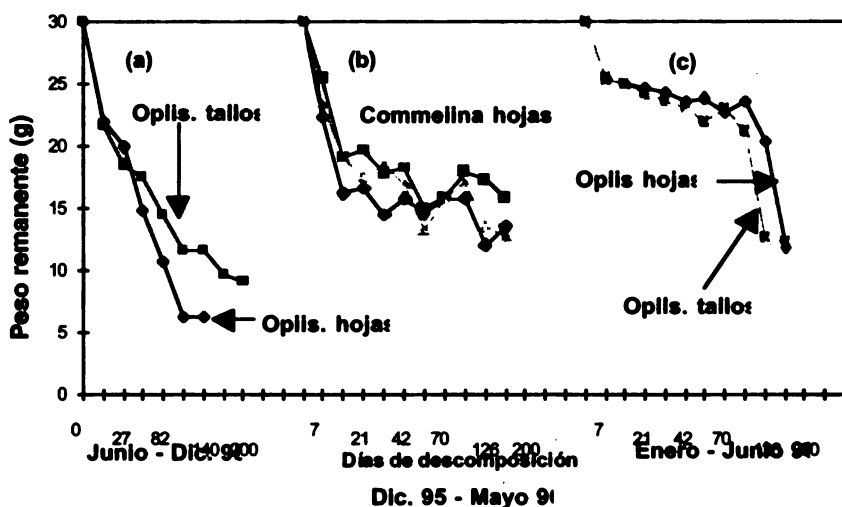


Figura 2. Descomposición de la biomasa de las malezas nobles



cidas redujo la cantidad de biomasa de las malezas producto del efecto erradicante de los mismos. La mayor parte del tiempo el suelo permaneció libre de malezas.

2. Con el manejo convencional la biomasa de malezas bajó hasta un 43 % en 1995 y hasta un 37 %

en 1996, producto del manejo oportuno de las malezas que compiten fuertemente con el café. Las malezas de cobertura colonizan rápidamente los espacios dejados por las otras malezas.

3. En el manejo selectivo de las coberturas con chapodas, las coberturas alcanzaron acumularon una

BIBLIOGRAFIA

- biomasa de 76.42 gramos en 1994, 80.87 gramos en 1995 y 80.87 gramos en 1996 devolviendo una cantidad promedio de 11.78 kg de N, 1.4 kg de P y 14.68 kg de K por hectárea por año en estudio.
- 4 En el manejo selectivo de las coberturas y *Arachis* con chapodas permitió que las malezas de cobertura alcanzaran al final de la época lluviosa valores de 148.1 g/m² en 1994, 58.98 g/m² en 1995 y 73.21 g/m² en 1996, reciclando al sub-sistema suelo 16.0 kg de N, 1.95 kg e P y 19.9 kg de K por hectárea por año.
 - 5 Las malezas de cobertura (*Commelina* y *Oplismenus*) durante su crecimiento absorben los nutrientes disponibles en el suelo compitiendo con el cafeto, pero estos nutrientes son devueltos al suelo en Diciembre y Enero por muerte natural, volviendo a crecer con la entrada de las lluvias.
 - 6 El manejo selectivo de las malezas de cobertura y *Arachis* con chapodas, fue más efectivo que el manejo selectivo de las coberturas con chapodas al reducir en un 36 % la biomasa de las malezas.
 - 7 La biomasa de las dicotiledóneas sufrió una tasa de descomposición más alta que las monocotiledóneas. Dentro del mismo grupo de malezas, las hojas se descompusieron más rápido que los tallos.
 - 8 Las malezas de hoja angosta presentaron un promedio de 60 % de tallos y las de hoja ancha un 45 %. *Talinum* y *Pseudoelephantopus* presentaron valores por arriba de 69 % de hojas.
- ALTIERI M. 1987. AGROECOLOGIA. The Scientific Basis of Alternative Agriculture. USA, 199p.
- ARGÜELLO A. H. 1988. Tasa de descomposición y liberación de nutrientes en el follaje de ocho especies de interés agroforestal en la franja pre-montano de Colombia. Tesis
- BORNEMISZA E. 1982. Nitrogen cycling in coffee plantations. *Plant and Soil* 67, p(241-246) Netherlands.
- Bull, R. A. 1963. Effects of mulching and irrigation in some East African coffee soils. A review. *Turrialba* 13, p(22-27).
- CAIRO P. Y QUINTERO G. 1987. Materia orgánica del suelo. Suelos. editorial Pueblo y Educación. La Habana Cuba P(58-73).
- CARVAJAL J. F. 1984. Cobertura del suelo. Cafeto. Cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la potasa Berna/Suiza. Segunda edición p(99-109).
- DÍAS ROMEU, R. Y A. HUNTER, 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. CATIE. Serie de materiales de enseñanza no 12. 61p.

INTITUTO DE LA POTASA Y EL
FÓSFORO (INPOFOS)
1994. Análisis foliar: funda-
mentos y métodos de evalua-
ción. no 17 Quito, Ecuador
(1-9)p.

SUÁREZ - V. S. 1975. Estudio de
adaptación y fijación simbió-
tica de nitrógeno en a l -
gunas leguminosas tropica-
les. CENICAFE 26, (27-37)p

TROPICAL SOIL BIOLOGY AND
FERTILITY PROGRAM-
ME.1987. TSBF. A hand-

book of methods. Edited by
Anderson J. M. y J. S. In-
gram, UNESCO-MAB. 77p

VILAS BOAS, O. 1990. Descompo-
sición de la hojarasca y mi-
neralización del nitrógeno de
la materia orgánica del suelo
bajo cuatro sistemas agrofo-
restales, en Turrialba, Costa
Rica. 144p.

WALLIS, J. A. N. 1960. Note on
grasses for mulching coffee.
Kenya coffee 25 (297), p
(366-367).

COMPORTAMIENTO DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.); BAJO SISTEMA DE ASOCIO CON FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.); EN CUATRO AÑOS DE ESTUDIO

Orlando Cisneros Sequeira¹
Moises Blanco Navarro²

RESUMEN

Durante los años de 1991 a 1994, se llevó a cabo el presente trabajo, con el objetivo de estudiar el comportamiento del café (*Coffea arabica* L.); en sistema de asocio con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). El estudio se realizó en el Centro Experimentos de Café del Pacífico (Jardín Botánico), Masatepe, Nicaragua. En una plantación de cafeto, variedad Catuaí amarillo, de cinco años de edad y manejo tecnificado.

Los tratamientos fueron café en asocio y café como unicultivo (sin frijol). entre las principales variables estudiadas: Altura de planta, diámetro de tallo, número de ramas pares, porcentaje de flotación y rendimiento; no se encontraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo los valores obtenidos por el tratamiento de asocio; siempre fueron ligeramente superior en todas las variables durante todo el estudio, registrando el final del experimento: 271.00 cm, 3.90 cm y 33.00 ramas, para altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas primarias respectivamente, en relación al unicultivo que presentó 229.00 cm, 3.40 cm y 31.00 ramas para las mismas variables.

El rendimiento del café en el asocio, fue de 2 334.62 kg/ha superando los 1644.97 kg/ha del tratamiento sin frijol. Los rendimientos del frijol en todos los años, varió entre 1 000 y 1 200 kg/ha por año, realizándose dos siembras por cada ciclo

Palabras claves: Cultivos intercalados, sistema de asocio, café *Coffea arabica*, frijol *Phaseolus vulgaris* L, Nicaragua.

1 Ing. Agr. Investigador, Univ. Nacional Agraria. Apdo 454, Managua, Nicaragua. Fax 2331966. E mail vblndon @ibw.com.ni
2 Ing. Agr. Msc. Docente Investigador, Univ. Agraria Nacional.

INTRODUCCION

El café (*Coffea arabica* L), es el cultivo más importante de la agroexportación nicaragüense, el cual supera las 100 000 hectáreas cultivadas.

La poda realizada en los cafetales viejos improductivos para garantizar mejor cosechas. (Haarer, 1969), crea un espaciamiento, el cual permite el crecimiento agresivo de las malezas- (Rice, 1990; Bradshaw, 1993), sobre todo en los cafetos que modernamente se manejan bajo sistemas tecnificados y sombra regulada con tendencia a la plena exposición solar.

Estas condiciones propician el establecimiento de cultivos et al asociados (Blanco et al, 1995; Cisneros & Blanco, 1997); siendo las leguminosas uno de los cultivos que más se adapta a este tipo de sistema (Staver, 1993).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); es un cultivo básicos para los pueblos de América Central (Hallman & Andrews 1989), y latinoamericana en general, donde se ha intensificado su producción como fuente importante de proteínas.

En la producción de frijol, una práctica común es asociarlo con otros cultivos (García & Davis 1985); y el asocio con café ha demostrado ser muy eficiente (Blanco et al; 1994). Sin embargo, poco se sabe del comportamiento del café ante la presencia del frijol como cultivo asociado y cobertura viva; sobre todo cuando el cultivo de frijol, permanece asociado por varios años consecutivos en una misma área; por tanto, el presente trabajo se planteó los siguientes objetivos.

OBJETIVOS:

1. Estudiar el comportamiento del café a través de su crecimiento y rendimiento; ante la presencia del frijol común como cultivo asociado; en años sucesivos en su misma área.
2. Determinar el rendimiento del frijol común en asocio con café, en ciclos sucesivos de siembra en una misma área.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento:

El experimento se estableció en el Centro Experimental de Café del Pacífico. Jardín Botánico.. Ubicado a 11° 54' L.N y 89° 9' L.O a una altura de 450 msnm, de topografía plana. Los datos edaficos y agroclimáticos se muestran en las siguientes tablas.

Diseño Experimental:

El diseño utilizado en el experimento fue un bloque Completo al Azar. (B.C.A), unifactorial con dos tratamientos y cuatro repeticiones, lo que se presenta en la Tabla 4.

Cada tratamiento consistió em sembrar un determinado número de surcos de frijol en las calles de café, de acuerdo al avance en edad del cultivo de café: a los cinco años, se emplearon cuatro surcos y a los ocho años, se sembraron, tres surcos.

El ensayo se estableció en una plantación de café variedad Catuai amarillo; bajo manejo tecnificado, (300 cm entre surcos, 50 cm entre plantas, manejo fitosanitario y fertilización dos veces al año.

Tabla 1: Precipitaciones y temperaturas, promedios registrados en el Jardín Botánico durante el ensayo de campo.

Año	Pp (mm)	Temperatura
1991	1241.5	23.7
1992	1080.0	24.2
1993	1915.6	23.9
1994	1063.0	23.7

INETER-1995

Tabla 2. Análisis físico de los suelos del Jardín Botánico.

Arcilla	Limo (%)	Arena (%)	Clase Textural
32.5	44.37	23.13	Franco Arcilloso

Laboratorio FARENA UNA 1991

Tabla 3. Análisis químicos de los suelos del Jardín Botánico.

Ph. H2O	M.O P.	Mg/kg.	Megpor. 100 g suelo P.
5.0	10.05	1.69	1.52

Laboratorio FARENA UNA 1991

Tabla 4. Descripción de tratamientos en estudios

No	Tratamiento	Descripción
1	Asocio	Frijol en las calles de café
2	Sin frijol	Unicultivo café sin frijol

La preparación del suelo consistió en un control y limpia de malezas y un pase de arado manual.

La siembra de frijol se realizó en las épocas primera y postrera de cada ciclo, en los primeros días de los meses de junio y octubre.

Se realizó una limpia convencional de malezas por cada siembra a los 18 días después de la siembra.

No se empleó ningún tipo de fertilización, ni tratamientos fitosanitarios (plaguicidas); para el cultivo del frijol.

Altura de planta:

Esta variable es un parámetro para medir el crecimiento de las plantas, y el efecto del manejo agronómico que a ésta se aplica. El crecimiento ortotrópico en las plantas; se da a partir de la yema terminal del tallo y su sentido es vertical (González, 1977). Su magnitud es conocida como altura de planta. En los resultados registrados durante los cuatro años de estudio, no se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento bajo asocio y el sin frijol. Sin embargo pudo observarse que el tratamiento asocio, siempre obtuvo un mayor valor para la altura de planta, en relación al tratamiento sin frijol como se observa en Tabla 5. En los diferentes ciclos agrícolas en los que se desarrolló el estudio, se observó que el crecimiento de la planta de café a través de la altura, presenta un crecimiento lento en los primeros meses de invierno y un comportamiento más acelerado en la segunda etapa del mismo.

Lo que demuestra que hay una relación directa entre el ritmo de crecimiento del café y las condiciones agroclimáticas; las cuales son más fa-

vorables para el café, al final de la estación lluviosa, al presentarse mayor sombreo, temperaturas bajas y alta humedad relativa. Por lo tanto, el frijol asociado al café no afecta la altura de planta de café y su comportamiento obedece más bien, a las condiciones del medio ambiente.

Estos resultados están acorde a lo expresado por Costé (1969); quien afirma que el crecimiento del café varía durante el año y Bradshaw & Staver (1991), quienes refieren el efecto positivo de las coberturas vivas en las calles del café, sobre este cultivo.

Tabla 5. Comportamiento de la altura del cafeto ante la presencia de frijol común como cultivo asociado en diferentes años.(cm)

TRATAMIENTO		ASOCIO	SIN FRIJOL	CV (%)
1991	Junio	153.1a	143.5a	5.87
	Agosto	162.3a	150.1a	5.99
	Diciem	189.1a	172.3a	5.98
1992	Junio	196.0a	180.0a	5.68
	Agosto	215.0a	191.0a	8.92
	Diciem	218.0a	199.0a	9.07
1993	Junio	232.0a	215.0a	9.96
	Agosto	243.0a	217.0a	10.9
	Diciem	256.0a	223.0a	8.67
1994	Junio	265.0a	225a	7.37
	Agosto	266.0a	225.0a	7.69
	Diciem	271.0a	229.0a	8.10

Diámetro de Tallo:

El diámetro de tallo, es importante por cuanto determina la vigorosidad de la planta, lo cual influye en la sanidad, resistencia al viento y capacidad de sostén de ramas y hojas. Esta variable es un parámetro, para medir el crecimiento de las plantas (Aguilar, 1993). Los análisis estadísticos de los diferentes años, no mostraron diferencias significativas, entre el sistema de aso-

cio y el tratamiento sin frijol, aunque no se presentó una tendencia claramente definida.

En los dos primeros años, al inicio de la estación lluviosa, fue el sistema de asocio que presentó los mayores valores para el diámetro, no así al final de los mismos, cuando el unicultivo sin frijol presentó valores ligeramente superiores con 3.3 y 4.4 cm. respectivamente, cuando el café tenía cinco y

seis años de edad. En los dos años siguientes (1993 y 1994), fue el sistema asocio, el que siempre presentó los

valores más altos en relación al tratamiento "sin frijol", como se observa en Tabla 6.

Tabla 6 Comportamiento de el diámetro de tallo del cafeto, ante la presencia del frijol común como cultivo asociado en diferentes años. (cm).

	TRATAMIENTO	ASOCIO	SIN FRIJOL	CV (%)
1991	Junio	2.5 a	2.5 a	5.01
	Agosto	3.0 a	2.7 a	5.28
	Diciem	3.3 a	3.4 a	5.77
1992	Junio	4.20 a	3.88 a	3.12
	Agosto	4.35 a	4.63 a	3.88
	Diciem	4.40 a	4.80 a	4.62
1993	Junio	3.66 a	3.10 a	9.87
	Agosto	3.90 a	3.27 ab	8.19
	Diciem	4.19a	3.48	7.29
1994	Junio	3.65 a	3.36	6.20
	Agosto	4.30 a	3.53	5.98
	Diciem	3.90 a	3.40	6.09

Los resultados anteriores; muestran que el asocio de frijol en las calles de café, no afecta el crecimiento de café, evaluado a través del diámetro de tallo y éste más bien se ve influenciado por los factores climáticos, confirmándose lo expresado por Gutiérrez (1990), quien refiere que la sombras precipitaciones, y otros factores influyen sobre el diámetro de tallo.

Número de ramas primarias: Es uno de los componentes más importantes de la planta de café, ya que sí se dañan por accidente o enfermedad, no se pueden renovar, perdiéndose una zona considerada para la producción de cosecha (Coste, 1969 Quintanilla, 1987).

En los resultados obtenidos en los años sucesivos de estudio, no se presentó diferencia estadística significa-

tiva, entre los tratamientos "asocio" y "sin frijol", sin embargo en todos los muestreos realizados durante el estudio, el café bajo el tratamiento de "asocio", mostró los mayores valores, siendo estos al final de cada período 31.1, 36.18, 40.80 y 33.19 ramas promedio por planta. Como se muestra en Tabla 7.

El bajo valor correspondiente, al último año, pudo verse influenciado por

una marcada sequía que se presentó en todo el territorio nicaragüense (INETER,1995), que no permitió un desarrollo normal de las plantas de café y se perdieron otras, al respecto, Información Express (1986), refiere que las faces en el crecimiento del café están relacionadas a las mayores precipitaciones, obteniendo un míni-

mo crecimiento en caso contrario. Los resultados presentados muestran, que la presencia del frijol en las calles del café no afectan el número de ramas primarias en el café, aún cultivándose sucesivamente en un misma área, y más bien su comportamiento obedece a la influencia de factores agroclimáticos.

Tabla 7 Comportamiento de el número de ramas primarias del cafeto, ante la presencia

	TRATAMIENTO	ASOCIO	SIN FRIJOL	CV (%)
1991	Junio	26.7 a	26.6 a	5.98
	Agosto	40.0 a	29.4 a	5.62
	Diciem	31.1 a	28.8 a	31.87
1992	Junio	36.55 a	34.60 a	6.55
	Agosto	36.38 a	36.08 a	6.90
	Diciem	36.18 a	36.00 a	7.01
1993	Junio	33.22 a	34.30 a	7.81
	Agosto	37.20 a	36.75 a	8.93
	Diciem	40.80 a	37.35 a	8.56
1994	Junio	32.35 a	28.83 a	6.98
	Agosto	30.88 a	30.07a	7.35
	Diciem	33.19 a	31.05a	8.50

Porcentaje de flotación:

Esta variable es un indicador de la calidad del grano de café, especialmente de aquellos destinados a la exportación y producción de semilla. Generalmente la recolección de la cosecha se efectúa cuando ésta ha alcanzado su madures fisiológica, al menos en un 80 % de sus frutos.

Los resultados obtenidos en los diferentes años de estudio, muestran, que

no hubo diferencias significativas entre el tratamiento asocio y el tratamiento sin frijol en relación al porcentaje de flotación, el cual en ambos tratamientos no superó el 10 % de granos flotantes, lo que representa un buen índice de calidad.

Cabe señalar que en todos los ciclos evaluados; los valores correspondientes al tratamiento "asocio" fueron inferiores a los del tratamiento sin frijol.

Tabla 8 Efecto del asocio frijol-café sobre el porcentaje de flotación de los granos de café.

	TRATAMIENTO ASOCIO	SIN FRIJOL
1991	6.75	5.0
1992	6.75	7.5
1993	6.0	8.5
1994	7.0	8.9

Los menores valores obtenidos bajo el tratamiento de asocio, refleja una mayor calidad en la semilla, lo que puede estar relacionado al efecto positivo de las coberturas, que según Staver, (1993); favorece la retención de humedad y control de malezas. Estos efectos conducen a una menor competencia y un mejor aprovechamiento de los nutrientes, sobre todo en períodos de pocas precipitaciones, como los presentados en el segundo y cuarto año del estudio realizado, lo que se traduce al final, en una mejor calidad de los frutos maduros.

Rendimientos de granos:

El rendimiento es la variable más importante desde el punto de vista económico, ya que todas las actividades están en función de optimizar el valor de esta variable.

Los resultados obtenidos en los años de estudio, no se encontró diferencias estadísticas significativas, entre el tratamiento "asocio" y el tratamiento "sin frijol". Sin embargo para cada año, el valor del rendimiento para los tratamientos mostró una tendencia ascendente siendo mayor en el último año de estudio (1994), cuando el café presentaba ocho años de edad. En todos los ciclos estudiados, el rendimiento correspondiente al sistema de

asocio fue mayor, al tratamiento sin frijol, obteniendo para cada año en el asocio de valor de 759.6, 754.0, 1124.25 y 2,334.62 kg/ha respectivamente, como se muestra en Tabla 9.

Tabla 9 Comportamiento del rendimiento del café ante la presencia del frijol Común en asocio en diferentes años (kg/ha).

	TRATAM. ASOCIO	SIN FRIJOL	CV (%)
1991	759.6	739.3	30.48
1992	754.00	531.33	13.43
1993	1,124.25 a	459.95 a	42.58
1994	1,334.62	1,644.97	26.15

Los mayores valores obtenidos en el sistema de asocio pudo verse influenciada positivamente por los efectos de las coberturas; enunciados en la variable anterior a pesar que estadísticamente no se presentaron diferencias significativas. Mello et al. (1988), refiere que el café se ve estimulado en su rendimiento ante la presencia de coberturas vivas.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante los años de estudios, se encontró que el asocio de frijol en las calles de café no afecta el rendimiento de éste. Días (1980), refiere que determinada densidad poblacional, de cobertura en el café no afecta el rendimiento del mismo.

Los resultados obtenidos en los dos últimos años, corresponden a los ciclos de mayor productividad de la década (Castillo, 1995) además su cultivo bajo sombra regulada, tiende a incrementar su rendimiento (Rojas, 1987), aunque su vida promedio se ve

reducida y aún más a plena exposición solar.

Rendimiento de frijol:

Los sistemas de asocio tienen como ventaja, además de constituir una cobertura viva, que disminuye el efecto de las malezas y mantiene la fertilidad del suelo que genera una producción adicional que garantiza el autoconsumo al productor; según lo expresado por García & Davis (1985). En los resultados obtenidos en cada ciclo de cultivo asociado se obtuvieron valores para el rendimiento del frijol entre 463.4 y 670.00 kg/ha, como se muestra en Tabla 10 para la época de primera.

Tabla 10 Rendimiento de grano obtenido en el sistema de asocio, con café en cuatro años de siembra consecutivos (kg/ha).

Epocas/Ciclo	Primera
1991	612.19
1992	463.42
1993	581.87
1994	670.0

Estos resultados, muestran que si bien el microclima propio del café, favorece a este cultivo, permite el establecimiento y desarrollo del frijol común garantizando su producción, naturalmente reducida, ya que se encuentra en condiciones adversas, y más aún, si se considera que en el presente trabajo, no se empleó fertilización y tratamiento sanitario dirigido al cultivo de frijol.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Sistema de asocio, frijol común en las calles de café, es factible, ya que no afecta su crecimiento, ni rendimiento, aún en siembras asociadas en años sucesivos, en la misma área. Si bien no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; los mejores resultados registrados por el tratamiento "asocio", evidencia un efecto positivo del frijol como cobertura viva en las calles del café.

Este Sistema de asocio frijol-café, genera una producción adicional por parte de primero, que garantiza una fuente protéica, para el productor.

Siendo que el frijol asociado al café, no afecta el crecimiento, ni el rendimiento de éste y por el contrario genera un efecto positivo en dichos procesos y una producción adicional correspondiente al frijol; el asociar estos dos cultivos es una práctica recomendable, en aquellos cafetales en procesos de renovación o bien con manejos tecnificados de calles amplias y sombras reguladas.

Agradecimiento:

Se desea pantetizar agradecimiento a las siguientes personas y entidades que hicieron posible este trabajo:

- A los Ingenieros Agrónomos: Chevez & Corrales; Campos y Centeno y Silvia & Tapia por sus valiosos datos y referencias.
- Al personal del Centro Experimental del café del Pacífico - Jardín Botánico - Por su apoyo brindado durante todo el tiempo de estudio.

- Al Plant Science Program UNA-SLU, por sus diferentes formas de apoyo, en la realización de este trabajo

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, V. 1993. Effects soil cover and weed magement in a coffee plantation in Nicaragua, UNA-SLU Managua, Nicaragua 55 pp.
- BLANCO; N.M. 1995. Cultivos en asocio con café. In Memoria V congreso sobre generación y transferencia de tecnología Agropecuaria. FINNIDA-UNA. Managua 119 pp.
- BLANCO N.M.; CORRALES,; CHEVEZ, O.; CAMPOS, A. CENTENO, M. 1994. El crecimiento y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como cultivo intercalado con café (*Coffea arabica* L.). In. Compendio de Resúmenes de la XL Reunión Anual delPCCMCA. 13-20 Marzo 1994. San José, Costa Rica.
- BLANCO, N.M.; FERREY R.A.; CISNEROS, S.O.; CISNEROS, R. 1995. Repuesta de dos variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos densidades de siembra al asocio con café (*Coffea arábica* L.). In Resúmenes XLI Reunión Anual de PCCMA. 26 feb.-01abril 1995, Tegucigalpa, Honduras.
- BRADSHAW, L. & STAVEN, C. 1991. El efecto de coberturas vivas en café sobre las malezas y el café. CATIE/ MAG. MIP.CECPC, Masatepe, Nicaragua.
- CASTILLO, V. 1995. Influencia de alternancia de producción y factores climáticos sobre los rendimientos del café en beneficio. Resp. beneficiado de café en CAFESA, San Marcos, Carazo, Nicaragua. (Comunicación Personal.).
- COSTÉ, R. 1969. El café, Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Edit. Blume, Barcelona, España. 285 pp.
- CISNEROS, S.O & BLANCO N.M. 1997. Comportamiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.en asocio concafé (*Coffea arabica* L.) y unicultivo. In. Resúmenes. PCCMCD, Panamá 1997.
- CISNEROS, S.O; FERREY, R.A. BLANCO, N.M. 1996. Evaluación de principios básicos del asocio de cultivos, en la asociación de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)y café (*Coffea arábica* L.) trabajo presentado en VI congreso de generación y transferencia de tecnología Agropecuaria y Forestal realizado en Managua, Nicaragua del 17 al 19 de Abril de 1996. 12 pp.

- CHÁVEZ, J.C.D. 1978. Cultura de cafeiro. Culturas intercalares Iro. Instituto Agronómico de Paraná. Manual agropecuaria para Paraná. Londrina, Brasil. Pp. 175 - 176.
- DÍAZ, J.C. 1980. Estudios de cultura Intercalares en Cafeisas Recepadas. 126 pp.
- FARENA-UNA 1991. Análisis de los suelos del Jardín Botánico, Masatepe Nicaragua. 3 pp.
- INFORMACIÓN EXPRESS. 1986. Consideraciones de artículos agropecuarios de la literatura mundial. La Habana, Cuba. 12 pp.
- MELLO, J.N. LIMA, J.R DE A.& MAFRA, R. C. H. 1988. Consorcio na regioa noroeste in Brasil, 110 pp.
- QUINTANILLA, B.F. 1987. Morfología de la planta de café, segundo seminario cafetalero, Asociación de Cafetaleros de Masatepe, Nicaragua. 6 pp.
- RICE, R.A. 1990. Transforming agriculture, the case of coffee leaf rust and coffee renovation in suthern Nicaragua. Tesis Doctorado, Berkeley University of California, U.S.A. 304pp
- ROJAS, O.E. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en Costa Rica IICA. San José, Costa Rica 83 pp.
- STAVAR, C. 1993. como mejorar el manejo de malezas en café, una propuesta para técnicos y productores CATIE, MAG-MIP, NORAD-ASDI.

EVALUACION INTEGRAL DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CAFE EN VERACRUZ, MEXICO

Esteban Escamilla Prado¹
Elisco García Pérez²
Raúl Mosqueda Vázquez³
V. Horacio Santoyo Cortés⁴
J. Evaristo Pacheco Velasco⁵

RESUMEN

En México el café es uno de los cultivos más importantes en el ámbito agrícola, su importancia económica social y ecológica es considerable. El objetivo de esta investigación fue contribuir al conocimiento integral de los sistemas de producción de café en México. El estudio comprendió la caracterización y evaluación de la estructura y el funcionamiento de los sistemas policultivo comercial (SPC) y especializado (SE) se realizó durante 1995 y 1996, en Naranjal, Veracruz México. El estudio de la estructura comprendió diversidad vegetal, disposición del componente aéreo, distribución del sistema radical. La evaluación del funcionamiento incluyó nutrición, fotosíntesis y productividad, así como un análisis económico. Los resultados indican que ambos sistemas son complejos y dinámicos, con diferente arquitectura vegetal y complicados flujos de energía y nutrientes. El sistema policultivo comercial tiene una estructura productiva diversificada con café, plátano y naranja; este incremento de especies asociadas reduce la producción de café, pero el efecto se equilibra con el resto de los componentes asociados, resultando con mayor productividad de la tierra en base al uso complementario y eficiente de los recursos disponibles. Se concluyó que el policultivo comercial es una estrategia productiva con sustentabilidad ecológica, técnica y económica.

Palabras claves: *Coffea arabica* L., agroecosistema cafetaleros, sistemas de producción tropical, policultivo.

¹ Centro Regional Universitario Oriente Universidad Autónoma Chapingo, Apdo. Postal 49. C.P. 94100 Huatusco, Veracruz, México. Tel. Fax: 91 (273) 4 07 64

² Especialista de Agroecosistemas Tropicales. Campus Veracruz. Colegio de Postgraduados. Apdo. Postal 421 91700 Veracruz, Ver. Tel. Fax. 91 (29) 810088

³ Campo Experimental Cotaxtla. Centro de Investigación Regional del Golfo. Centro. INIFAB. Apdo. Postal 429. 91700 Veracruz, Ver.

⁴ CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Edo. de México

⁵ Especialista de Agroecosistemas Tropicales. Campus Veracruz. Colegio de Postgraduados. Apdo. Postal 421 91700 Veracruz, Ver. Tel. Fax. 91 (29) 810088

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de los sistemas de producción de café en México, mediante la caracterización y evaluación integral de los sistemas policultivo comercial y especializado, para identificar los sistemas de mayor productividad y sustentabilidad.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el municipio de Naranja, Veracruz, ubicada en los 18° 48'LN y 96° 57'W, a 720 msnm. El clima es semicálido, la temperatura media y precipitación anual son de 21.9 C y 2000 mm, respectivamente. Los suelos corresponden a las Unidades Luvisol Vértico y Fluvisol. El trabajo de campo se efectuó entre enero y diciembre de 1995, en dos plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). El sistema de policultivo comercial (SPC) se distingue por la producción de café con especies asociadas que están orientadas a la comercialización con una estrategia para obtener dos o más productos en una misma parcela. La plantación evaluada fue establecida en 1988 se compone de café cv Garnica, plátano dominico (*Musa acuminata* Colla), naranja azúcar (*Citrus sinensis* L. Osbeck) y árboles de sombra (*Inga spp.*); denominados vainillos. El sistema especializado (SE) es un unicultivo bajo sombra de árboles leguminosos, para producir café con altos rendimientos. La plantación estudiada, establecida en 1990 se compone de café cv. Garnica y árboles de *Inga spp.*

Las plantaciones fueron evaluadas mediante el estudio de su estructura y funcionamiento, abarcando algunos indicadores ecológicos, tecnológicos y económicos. En la estructura se incluyen: diversidad vegetal, disposición del componente aéreo, distribución del sistema radical (método de la barrena California) y descripción y manejo de los componentes productivos.

Para el funcionamiento se evaluaron las interacciones entre componentes productivos que se presentan sobre los factores de crecimiento, nutrición y luz, así como la productividad. La evaluación de nutrición requirió rescatar el conocimiento campesino del suelo, descripción de perfiles, análisis físico-químico de suelo y análisis de materia vegetal de los cultivos.

El estudio del factor luz implicó medición, en junio y noviembre, de disponibilidad de luz, fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática y concentración de Co₂, se utilizó un analizador de gases en infrarrojo (IRGA) de modelo LI 6300. Para productividad se consideró el rendimiento por hectárea de cada cultivo, se obtuvo información por dos procedimientos, para plátano y naranja mediante entrevistas con los productores y en café se estimó la cosecha 95-96 empleando la metodología del INMECAFE (Sánchez y Ramírez, 1990). Asimismo se comparó la productividad entre policultivo y unicultivo con la equivalencia de la tierra (Montagnini, 1992).

Los indicadores económico-financieros utilizados en la evaluación de los sistemas fueron inversión, costos de producción, capital de trabajo, rentabilidad del proyecto, rentabilidad

anual, utilidad bruta anual, análisis de sensibilidad y mano de obra.

RESULTADOS

Diversidad vegetal.

Existen diverencias en la composición florística y en la abundancia relativa de las especies en los dos sistemas estudiados. En la plantación de policultivo comercial se incrementa la riqueza y diversidad de especies vegetales en los diferentes estratos que integran su estructura, identificando 38 familias y 73 especies, contra 32 familias y 42 especies en la especializada.

Disposición del componente aéreo.

La interferencia que predomina en el espacio aéreo es de tipo intraespecífico en la plantación especializada, debido a la mayor densidad de cafetos, en cambio en el policultivo comercial se incrementa la de tipo interespecífico, por la presencia de diversos componentes arbóreos asociados al café.

Distribución del sistema radical.

El sistema radical del cafeto es superficial, la concentración de raíces con las condiciones de sombra, pero en general se encontró que más del 70% de las raíces < 0.5 mm. se encuentran en los primeros 30 cm. de profundidad y en forma lateral hasta 50 cm. de la base del tronco. La configuración radical es muy diferente entre las especies intercaladas con café, originando una estratificación vertical y horizontal de los sistemas radicales.

Nutrición.

La principal condicionante edáfica que limita el potencial productivo de los sistemas estudiados, lo constituye la acidez del suelo, con valores de pH entre 4.45 a 4.8, afectando la disponibilidad de P, K, Mg y Ca. El análisis foliar revela interferencias competitivas de tipo nutricional en ambos sistemas, para K y Mg son intraespecíficas con niveles bajos en octubre y julio, en Ca son de naturaleza interespecífica con valores bajos en marzo y julio.

Luz.

A nivel de sistema, cada plantación tiene un patrón especial característico para interceptar luz y exponer superficie fotosintética. En el policultivo hay mayor heterogeneidad por la presencia de los diferentes componentes arbóreos. La mayor disponibilidad de luz se presenta en las plantas de café a plena exposición solar y con sombra de plátano. Los cafetos a pleno sol muestran valores de fotosíntesis superiores en un 195% al promedio de los cafetos bajo diversas condiciones de sombra, no obstante las plantas de café con sombra de plátano-naranja, plátanos e Inga se comportan igual, lo que indica que la intercalación con buen manejo no afecta la fotosíntesis.

Productividad.

A nivel de cafetos no hubo diferencias significativas para rendimiento, en cambio a nivel de sistema se obtienen mayores rendimientos de café en la plantación especializada que en la de policultivo, debido a la mayor densidad de plantación y por la presencia

de mayor número de cafetos a pleno sol. Al considerar la producción de los otros componentes productivos, la producción neta por unidad de super-

ficie es mayor en el policultivo. Así mismo los resultados en relación de equivalencia de la tierra ratifica la mayor productividad del policultivo.

Cuadro 1. Producción (kg/ha) en dos sistemas de cultivo de café. Naranjal, Veracruz.

AÑO	SISTEMA ESPECIALIZADO	SISTEMA POLICULTIVO COMERCIAL		
	CAFE	CAFE	PLATANO	NARANJA
1990	---	1000	1000	
1991	---	3800	5000	
1992	3000	3000	6000	
1993	10000	6000	6000	20
1994	5200	2200	6000	1600
1995	14700	4700	6000	3000
1996	10000	3500	6000	6000
PROMEDIO	8580	3457	5142	2655

Asimismo los resultados en la relación de equivalencia de la tierra ratifica la mayor productividad del policultivo.

Análisis económico: En el Cuadro 2 se presenta un concentrado de los indicadores económico-financieros aplicados en la evaluación.

Cuadro 2. Indicadores económicos por sistema (\$)¹

CONCEPTO	POLICULTIVO COMERCIAL	ESPECIALIZADO
Capital de trabajo	1988.00	3875.00
Egresos totales	7693.00	44842.50
Ingreso bruto	22200.00	25500.00
Utilidad bruta	14507.00	13657.50
Rentabilidad anual	7.26	3.52

¹ Pesos Mexicanos (la paridad es de \$8.00 por Dólar)

El sistema de policultivo es más rentable, con menor inversión y necesidad de capital de trabajo, así como rápida recuperación del capital. Representa una inversión financiera más estable y menos riesgosa, permite soportar escenarios de bajos precios y su probable prolongación en el tiempo.

CONCLUSIONES

El Policultivo comercial es una estrategia productiva, desarrollada por pequeños productores de café de Veracruz, México; con mayor productividad de la tierra en base al uso complementario y eficiente de los recursos disponibles y es compatible con los postulados de la agricultura sustentable.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

ESCAMILLA, E., A. Licona, S. Díza, H. Santoyo, R. Sosa y L. Rodríguez. 1995. Los Sistemas de Producción de Café en el Centro de Veracruz, México. Un análisis tecnológico. In. Revista de Historia. Escuela de Historia Nacional. Centro de Investigaciones Históricas. Universi-

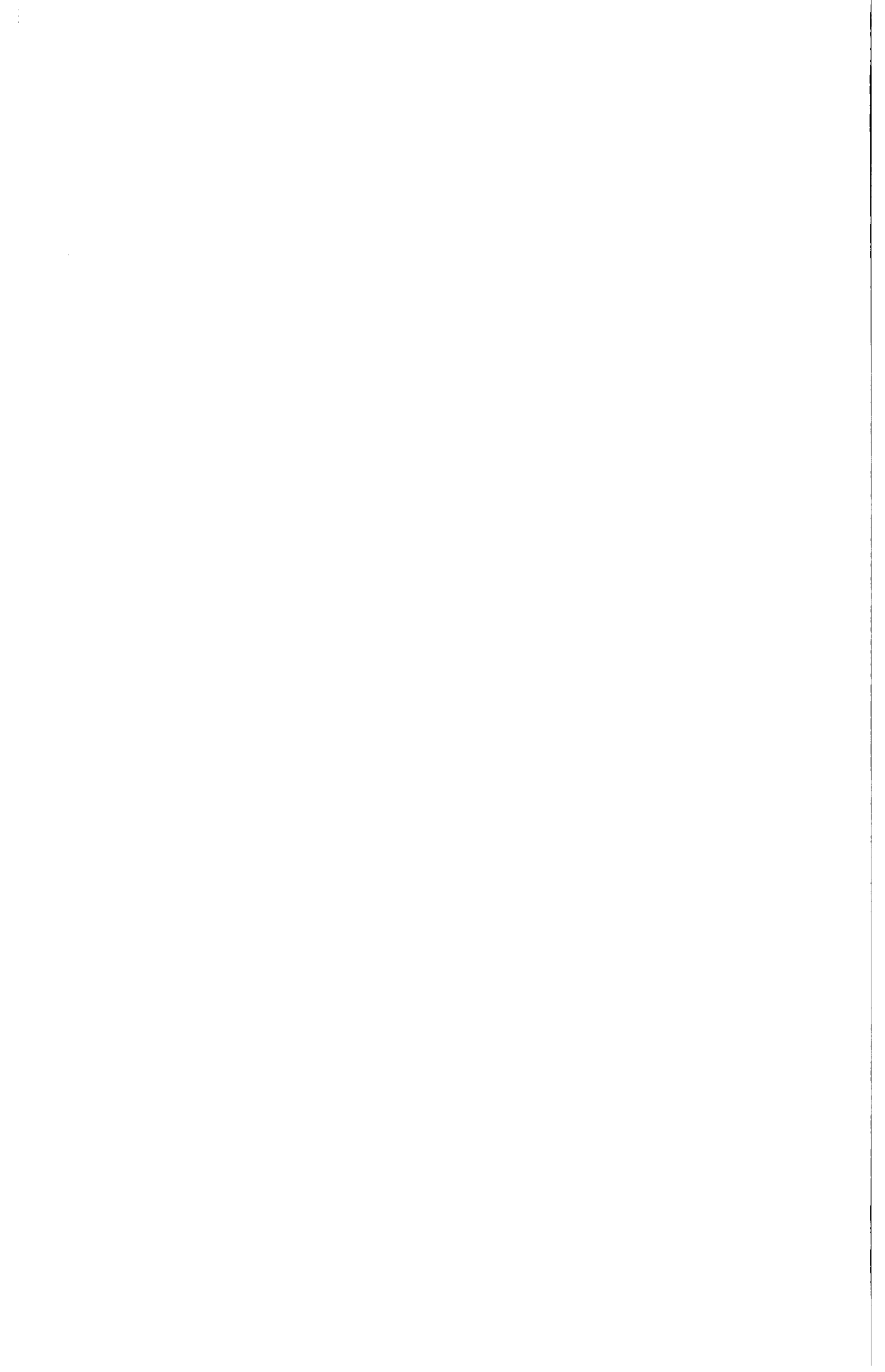
dad de Costa Rica. Julio-Diciembre 1994. No. 30. San José, Costa Rica. pp: 41-67.

MONTAGNIN, F. 1992. Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para estudios tropicales. San José, Costa Rica. 622 p.

RODRÍGUEZ, R.L. 1994. Sistemas de policultivo comercial de café en la zona centro de Veracruz. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. Fitotecnia. Chapingo, México. 218 p.

SÁNCHEZ Y RAMÍREZ, V. 1982. Estimación de la cosecha en un cafetal. Boletín técnico de café. Año 1 No. 6, Vol. 1. INMECAFE. Xalapa, Ver. México. p. 2.

SANTOYO C. V.II., S. Díaz C. y B. Rodríguez P. 1995. Sistema Agroindustrial Café en México. Diagnóstico, Problemática, Alternativas. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM. SARH. México. 157 p.



EVALUACION DE LAS EDADES PARA EL TRANSPLANTE DE ALMACIGO DE CAFE (*Coffea arábica*) CULTIVAR CATURRA

Oscar M. Rodríguez A. ¹
Juan José Obando J.

RESUMEN

En la Hacienda Santa Elena, Desamparados, San José, Costa Rica, se desarrolló un experimento entre Marzo de 1990 y Febrero de 1996, con el objetivo de determinar la edad óptima del almacigo para el transplante, hecho en bolsa y al suelo con poda de raíz, en el cultivar caturra. Los tratamientos evaluados fueron siembra de almacigo formado a dos ejes ortotrópicos por punto de siembra, de 6, 9 y 12 meses de edad hecho en bolsa y al suelo. La plantación se sembró a 1,68 m. entre hileras y 0,84 m. entre plantas, para una densidad de 7092 plantas por hectárea. En ensayo se manejó bajo sombra regulada de *Erythrina* sp y se empleó un diseño de bloques completos al azar con sus tratamientos y cuatro repeticiones. El promedio de tres cosechas evaluadas no marcó diferencia estadística entre tratamientos. Sin embargo se obtuvo el mejor rendimiento con el almacigo en bolsa de seis meses de edad, seguido del almacigo de nueve meses de edad producido bajo este sistema. El almacigo de 12 meses, producido en bolsa y el de 9 meses producido al suelo, se ubicaron en los últimos lugares. La plantación establecida con almacigo de 6 meses de edad produjo un 12,5% más de café que cuando se utilizó almacigo de 12 meses de edad.

Las otras variables evaluadas como la modalidad de almacigo hecho en bolsa y el hecho al suelo con poda de raíz, no fueron diferentes significativamente.

Palabras claves: Café, almacigo, edades de, transplante, Costa Rica

INTRODUCCION

En los países cafetaleros, constantemente se realizan diferentes investigaciones con el fin de obtener no solo un aumento en la producción del cultivo, sino que también lograr el máximo beneficio al menor costo.

En Costa Rica la producción de almacigo de café se ha constituido en una importante actividad económica, ya que no solo representa un ingreso adicional para muchos productores de almacigo sino que también proporciona al mismo productor de café, la obtención de plan-

¹ Ingenieros Agrónomos, Departamento de Investigación y Transferencia de Tecnología, ICAFE

tas de buena calidad al menor costo posible.

La calidad y condición del almácigo que se utilizará para la siembra de áreas nuevas, renovación o repoblación será de suma importancia para el éxito de la futura siembra. (Rodríguez, 1990).

En países como Costa Rica, El Salvador y Guatemala se realiza la producción de almácigo de café tanto en bolsa de polietileno como en el suelo, estando listas para el trasplante a los 12 meses de edad. (Carvajal, 1984; Hernández, 1988; ISIC, 1960; 1963; 1969; Tenorio, 1962; Moreno, 1963; Guerra, 1964). Sin embargo, la producción de almácigo en bolsa presenta el inconveniente de su mayor costo, por lo que ésta modalidad no es muy difundida en Costa Rica. Por su parte en Guatemala y El Salvador la producción de almácigo en bolsa goza de mayor aceptación (Guerra, 1966; Hernández, 1988).

La producción de almácigo en eras ha sido ampliamente estudiada en países como Costa Rica y El Salvador, lográndose establecer en Costa Rica que las distancias entre 25 y 30 cm en cuadro a dos ejes se obtienen los mejores resultados en cuanto a la calidad del almácigo a los 12 meses de edad (ICAFE-MAG, 1990). En El Salvador se recomienda las mismas distancias de siembra pero a un solo eje. (Castellanos, 1969).

En Colombia y Brasil, el uso de almácigo de seis meses de edad para el trasplante es una práctica bien difundida y es considerada como la más apta para el trasplante definitivo al campo. (López y otros, 1972; Arcila, 1974; Bedoya y Salazar, 1985). En

Colombia, (Salazar, 1991) recomienda el uso de bolsas de polietileno con dimensiones de 17 cm de ancho por 23 cm de alto para la producción de almácigos de seis meses de edad.

Pese al éxito alcanzado en Costa Rica con la producción de almácigo al suelo (ICAFE-MAG, 1990), la dificultad cada vez mayor por encontrar terrenos aptos para este sistema de producción, hizo necesaria la investigación de almácigo en bolsas, lográndose establecer (Alfaro, 1989) que el uso de bolsas de polietileno de 20 cm de ancho por 25 cm de alto, resultó ser la mejor alternativa para la obtención de almácigo de buena calidad.

En vista de las experiencias obtenidas en Colombia, en donde el uso de almácigo de seis meses de edad es una práctica recomendada (Arcila, 1988), con la consecuente disminución de los costos de producción, se estableció un experimento con el fin de determinar la edad óptima para el trasplante del almácigo del cultivar caturra hecho en bolsas de polietileno y al suelo.

MATERIALES Y METODOS

Localización del estudio:

El experimento se estableció en la Hacienda Santa Elena, ubicada en el Cantón de Desamparados, San José, Costa Rica; a una elevación de 1200 msnm; con una precipitación anual de 2068 mm. y con una temperatura media de 20,8 °C, en un suelo Alfisol. El cultivar utilizado fue el Caturra sembrado a una distancia de 0,84 m. entre plantas por 1,68 m. entre hileras a dos ejes por punto de siembra para

una densidad de 7092 puntos de siembra por hectárea, sembrada bajo sombra regulada de *Erythrina* sp, a una distancia de 5m x 5m. El estudio se inició en Marzo de 1990 y se concluyó en Febrero de 1996.

Diseño experimental y tratamientos:

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Cuando se detectaron diferencias significativas los resultados fueron agrupados según prueba de Duncan al 5%.

Los tratamientos evaluados fueron: 1- almácigo en bolsa a 6 meses; 2- almácigo en bolsa a 9 meses, 3- almácigo en bolsa a 12 meses; 4- almácigo al suelo a 6 meses; 5- almácigo al suelo a 9 meses; 6- almácigo al suelo a 12 meses.

Los semilleros se hicieron en forma escalonada en marzo, junio y setiembre de 1990.

El transplante del "abejón o manquito" a dos ejes por punto de siembra se hizo en mayo, agosto y noviembre de 1990 para las edades de 12; 9; 6 meses respectivamente y el transplante a la siembra definitiva de todos los tratamientos en mayo de 1991.

La fertilización se hizo con 660 kg de Fórmula 18-5-15-6-2 por hectárea por año distribuidas en dos épocas, Mayo, Agosto más una extra de 100 kg de nitrógeno por hectárea en Diciembre.

Características de la parcela experimental:

La parcela estuvo formada por 3 hileras de 12 plantas a dos ejes de las que se tomó como parcela útil 10 plantas

del surco central. Las variables evaluadas fueron: producción en fanegas/hectárea; altura de planta y grosor de tallo en centímetros.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos obtenidos producto de tres períodos de cosechas evaluadas no mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, tal y como se observa en la figura 1, no obstante se observa una tendencia a una mayor producción en el almácigo de 6 meses seguido del almácigo de 9 meses de edad producidos en bolsa. Los tratamientos con producciones más bajas fueron los sembrados con el almácigo de 12 meses de edad producido en bolsa y de 9 meses de edad producido al suelo. Resultados similares se obtuvieron en Turrialba (Ramírez y Rodríguez, 1995) en donde las mayores producciones se obtuvieron con plantas de almácigo de la variedad Caturra de seis meses de edad. En ese mismo experimento se encontró que las producciones más bajas se dieron cuando se utilizaron plantas de almácigo de 12 meses de edad indistintamente si era producido en bolsa o al suelo.

En términos generales, la plantación establecida con almácigo de 6 meses de edad produjo un 12,5% más de café que cuando se utilizó almácigo de 12 meses de edad. Esto concuerda con varios autores (López y otros, 1972; Arcila 1974; 1988; Bedoya y Salazar, 1985) quienes comentan sobre la buena calidad de almácigo producido en bolsas de polietileno, cuyas plantas están listas para transplantar-

se a los 6 meses de edad. Aunque no se obtuvo diferencia estadística significativa para la producción de almácigo en bolsa en relación con el producido al suelo (figura 2), se observa una tendencia a una mayor producción con el almácigo producido en bolsa, tanto en la tercera cosecha, como en el promedio de tres cosechas. Sin embargo, la producción de almácigo al suelo continúa siendo una práctica recomendada no solo por los excelentes resultados obtenidos, sino que también por sus menores costos de producción (ICAFE-MAG, 1990; Carvajal 1984).

En las figuras 3 y 4 se observa como el tamaño de planta y grosor del tallo realizadas cuando las plantas tenían 5 meses de transplantadas, tendieron a desaparecer cuando se repitió la medida dos años después, al uniformizarse el tamaño de la planta y el grosor de tallo. Varias investigaciones realizadas en Colombia (Arcila, 1974; 1988; López y otros, 1972) se refieren al tamaño de las plantas de almácigo de Caturra de seis meses de edad, a altitudes entre 1050 y 1550 msnm y a plena exposición solar, lográndose a obtener plantas de almácigo de tamaño entre 17,2 y 24,3 cm de alto; coincidiendo con el tamaño de plantas obtenido en este experimento, en donde se encontró alturas de 24,0 cm para el almácigo de caturra de seis meses producido en bolsa y 19,2 cm para el almácigo de esa misma edad producido al suelo.

Los resultados obtenidos en esta investigación guardan similitud con los obtenidos en Colombia, en plantaciones hechas con almácigo de seis meses de edad, particularmente en lo re-

ferente al tamaño de planta y número de bandolas. En la primera cosecha, el tamaño de la planta y el número de bandolas tiende a uniformizarse independientemente de la edad del almácigo al transplante.

Esta investigación viene a contribuir con nuevos conocimientos en la producción de almácigo de café por parte de los caficultores de nuestro país, pues brinda una alternativa segura y más económica de esta actividad, con la consecuente reducción de los costos de producción al acortar el período de desarrollo del almácigo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALFARO, R. 1989. Investigación de almácigo de café en bolsa. Noticiero del Café. Instituto del Café No. 45. 4p.
- ARCILA, J. 1974. Efecto de la luz ultravioleta en plántulas de café en almácigo. Cenicafé (Colombia) No.3. p. 90-92.
- ARCILA, J. 1988. Factores que afectan el desarrollo de la planta de café en la etapa de almácigo. In. Tecnología del Cultivo del Café. Centro Nacional de Investigaciones en Café. Segunda edición. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. Colombia. p.67-72.
- BEDOYA, H y SALAZAR, N. 1985. Los lodos de la digestión anaeróbica de la pulpa del fruto del cafeto como abono

para almácigo. Cenicafé (Colombia) No. 36. p. 112-124

CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto-Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. p. 254.

CASTELLANOS, S. 1969. Almacigueras de café. Boletín informativo. Instituto Salvadoreño de Investigaciones en Café. No. 87. p.10.

GUERRA, A. 1964. Comparación de sistemas y modalidades de siembra en almacigueras. Boletín Informativo. Instituto Salvadoreño de Investigaciones en café. No. 57. p. 6.

GUERRA, A. 1966. Resultados preliminares, con tres distancias de siembra dos fuentes de materia orgánica, en plantas de almaciguera sembradas en bolsa de polietileno. Boletín informativo. No. 71. p. 8.

HERNANDEZ, M. 1988. Manual de caficultura Guatemala. Asociación Nacional del Café. Guatemala. 247p.

ICAFFE-MAG. 1989. Programa Cooperativo. Informe Anual de Labores 1988. San José, Costa Rica. 101 p.

ICAFFE-MAG, 1989. Programa Cooperativo. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. San José, Costa Rica. 122 p.

ICAFFE-MAG, 1990. Programa Cooperativo. 40 años de Investigación y Transferencia de Tecnología en Café. Instituto del Café. San José, Costa Rica. 88 p.

INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES EN CAFE. 1960. Bolsas de polietileno para almacigueras en café. Boletín Informativo. 10 p.

INSTITUTO SALVADOREÑO DE INVESTIGACIONES EN CAFE 1963. Para un mejor desarrollo de almacigueras. Boletín Informativo. No. 45. 8 p.

LOPEZ, F; NARANAJO, O; VILLEGAS, M y VALENCIA; G. 1972. Influencia de la altitud en el desarrollo de plantación de café en almácigo. Cenicafé (Colombia). No. 4. p. 87-97.

MORENO, M. 1963. Comparación de siembra de cafetos a raíz desnuda y con pilón. Boletín informativo. Instituto Salvadoreño de Investigaciones en café. No. 49. 6 p.

RAMIREZ, G y RODRIGUEZ, O. 1995. Evaluación de las edades para el transplante de almácigo de café (*Coffea arabica*) variedades Caturra y Caturraí, sp. Trabajo presentado en el XVII Simposio sobre caficultura Latinoamericana, San Salvador, El Salvador.

RODRIGUEZ, O. 1990. Evaluación de programas de Fertilización de almacigales de Café en el Cantón de Pérez Zeledón. Noticiero del Café. Instituto del Café. No. 53. 4p.

SALAZAR, N. 1991. Efecto del tamaño de bolsa sobre el desarrollo de "colinos" de café.

Cenicafé. Avances Técnicos (Colombia) Número 170. 4p.

TENORIO, M. 1962. Comparación de varios tratamientos en almacigo de café sembrado en bolsas plásticas. Boletín informativo. Instituto Salvadoreño de Investigaciones en Café. No. 38. p. 6

ESTUDIO DE LA PODA DE BANDOLA A DOS ALTURAS DEL EJE ORTOTROPICO EN EL CAFETO

Bernal Cisneros Durán¹

RESUMEN

En 1993 se estableció un experimento con el objeto de evaluar el estímulo que provoca al cortar (podar) la bandola o rama y su posible efecto en la producción. Este experimento se localizó en Finca La Doka, Sabanilla, provincia de Alajuela, Costa Rica a una altitud de 1400 m.s.n.m., con temperatura promedio de 20°C, precipitación anual de 2600 mm y suelo volcánico. Se realizó en la variedad Caturái, que le correspondía la práctica de poda. Los tratamientos usados fueron: corte de bandola a un tercio, dos tercios de su longitud con respecto al tallo, comparados con la bandola sin corte. Estos cortes se hicieron a dos alturas del eje ortotrópico a 1,0 metros y a 0,40 metros respectivamente. El análisis matemático del promedio de tres cosechas no establece diferencias significativas entre tratamientos. Al analizar los efectos de longitud de bandola y altura de tallo por separado, la poda del eje vertical a 1,0 m establece diferencias estadísticas con respecto a la de 0,4 m. Mientras que la poda de bandola no marcó diferencias estadísticas. Los resultados indican que no hay aumento en la producción significativamente al realizar esta práctica.

Palabras claves: Café, poda de, bandola, eje ortotropico, Costa Rica

INTRODUCCION

La planta de café como ente productivo y ser vivo, después de un período de producción de 3-4 años llega a sufrir agotamiento o merma la producción. Pasado este período la vía más aconsejable de recuperar ese nivel productivo es hacer uso de la práctica de poda o recepa.

Normalmente ésta, se ha hecho en el eje ortotrópico o tallo a diferentes alturas desde 0.25 m hasta 1.50 m o

más tomando como referencia el nivel del suelo. Esta variación de altura va a depender del grado de agotamiento que exhiba la planta, con resultados positivos considerando las diferentes condiciones agroecológicas.

Las ramas plagiotrópicas tienen las mismas yemas que el eje ortotrópico, sólo que en este caso las yemas cabeza de serie, originan ramas plagiotrópicas de segundo orden, éstos a su vez pueden dar origen por el mismo pro-

¹ Ing. Agr. Instituto del Café de Costa Rica

ceso a ramas plagiotrópicas de tercer orden. Tomando en consideración lo anterior, resulta interesante evaluar que sucede en términos de estímulo y productivo el cortar o podar la bandola. En Costa Rica algunos productores y técnicos realizan esta práctica con resultados interesantes, donde efectivamente se ha observado que hay un estímulo de crecimiento en ramas secundarias y terciarias y por ende un aumento en la producción.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se efectuó en finca La Doka-Sabanilla, Provincia de Alajuela, Costa Rica de marzo de 1993 a marzo de 1997. Esta finca se encuentra ubicada a una altitud de 1400 m.s.n.m., temperatura media anual de 20°C, precipitación total anual de 2600 mm y suelo volcánico.

La variedad utilizada fue Catuaí, espaciada a 1.90 metros entre hileras y 0.90 metros entre plantas, a 3 ejes por punto de siembra con 6 años de edad que le correspondía la práctica de poda. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con 6 tratamientos y 6 repeticiones.

Los tratamientos se detallan en el Cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al analizar tres períodos de producción ver Cuadro No. 2, no se establecen diferencias estadísticas entre tratamientos, a pesar de la notable diferencia en producción entre el trata-

miento más productivo y el que menos produjo. Al analizar los efectos por separado de las diferentes longitudes de bandola, se obtiene que no hay significancia entre éstos, lo que indica estadísticamente que es indiferente realizar o no el corte de bandola para mejorar la producción (Gráfico #1).

Cuadro 1. Tratamientos en el ensayo estudio de la poda de bandola a 2 alturas del eje ortotrópico.

Tratamiento	Altura eje ortotrópico	Longitud de bandola
1	1.0 m	1/3
2	1.0 m	2/3
3	1.0 m	sin corte
4	0.4 m	1/3
5	0.4 m	2/3
6	0.4 m	sin corte

Al ver el Gráfico #1, se puede observar además que la diferencia de altura en el corte del tallo o eje ortotrópico, si refleja diferencias estadísticas a favor del corte a 1,0 m. comparativamente con la poda a 0,4m.

Esto ya había sido demostrado en pruebas anteriores, pero se quería evaluar si el corte de bandola tendría diferente comportamiento a diferente altura del tallo lo cual no se dio.

Es importante anotar algunas observaciones colaterales que aunque no fueron evaluados, si es notorio su efecto por ejemplo:

- Al podar la bandola, permite mayor entrada de luz sobre todo en siembras muy densas o con problemas de luminosidad.

- Favorece una mayor recirculación de aire lo que ayuda al combate de ciertos patógenos
- Se produce un estímulo provocando crecimiento secundario y terciario que ayuda al combate de malezas sobre todo en poda del tallo a 1,0 m.

El corte a 2/3 fue la que produjo un leve incremento de producción, con respecto al no podar la bandola, lo que corresponde acá, es analizar si de acuerdo a los precios del café es rentable esta práctica ya que realizarla es necesario 3 jornales adicionales por hectárea.

Cuadro 2. Producción de café cereza para los años de 1994 a 1996 y el promedio de los 3 períodos en el experimento longitud de la poda de bandola.

Tratamiento	1994 kgs/ha	1995 kgs/ha	1996 kgs/ha	Promedio kgs/ha	Efecto
2	37.152,0	14.138,0	21.853	24.381,0	n.s
3	34.830,0	18.473,0	18.370	23.891,0	n.s
1	32.069,0	19.789,0	18.499,0	23.452,0	n.s
5	9.804,0	25.078,0	16.589,0	17.157,0	n.s
6	7.534	21.285	19.325	16.048,0	n.s
4	4.954	22.466	17.028	14.816,0	n.s

c.v.= 19

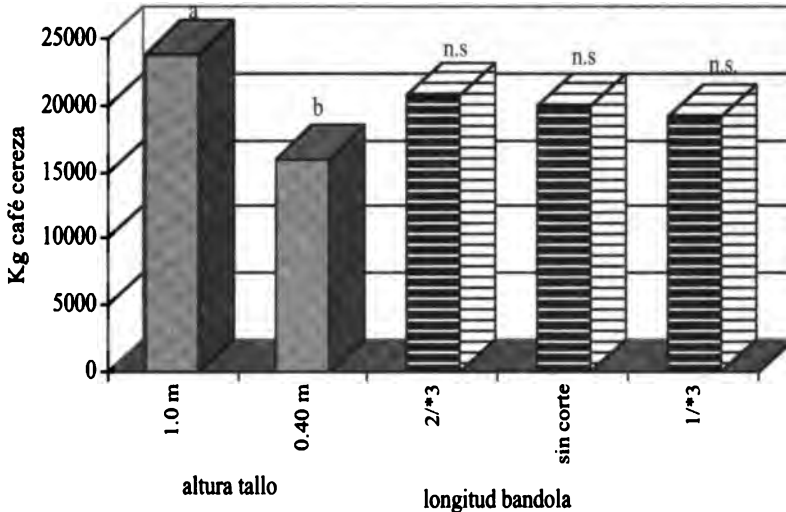


Figura 1. Producción de café cereza para el promedio de tres períodos en altura de tallo y longitud de bandola.

BIBLIOGRAFIA

- ARIAS, O. 1982. Algunos aspectos sobre fisiología de crecimiento y desarrollo del café. Curso de caficultura para técnicos. ANACAFE-CATIE. Ciudad de Guatemala. 11 p.
- MAESTRI, M., SANTOS, R. 1981. Ecofisiología de cultivos tropicales. Café. Serie de publicaciones Misceláneas No. 288, IICA-PROMECAFE. 43 p.
- RAMIREZ, J.E. 1996. Poda y Manejo de *Coffea arabica* L. I ed. ICAFE San José-Costa Rica. 60p.

EVALUACION DEL ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO INICIAL DE CUATRO ESPECIES MADERABLES ASOCIADAS CON CAFE

Johnny Montenegro¹
Guillermo Ramírez²

RESUMEN

Se estudió la implementación de un modelo agroforestal en una plantación de café en establecimiento como alternativa de producción sostenible, evaluándose el crecimiento inicial de las especies arbóreas asociadas. La investigación se realizó en Turrialba, Costa Rica, a 650 m.s.n.m., 21°C y 2680mm de precipitación pluvial. El café, var caturra se estableció en agosto y las especies arbóreas laurel (*Cordia alliodora*), deglupta (*Eucalyptus deglupta*), cedro (*Cedrela odorata*), y nogal (*Juglans olancheana*) en octubre de 1995, en un terreno con 30% de pendiente. Se utilizó un diseño irrestricto al azar con cuatro tratamientos y 30 repeticiones. Las mayores tasas de sobrevivencia las presentó el cedro y el laurel (100% y 97,5% respectivamente). Se determinaron diferencias significativas ($P < 0.0001$) entre especies para las variables evaluadas: diámetro basal (DB), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (ALT) y diámetro de la copa (DC). Los mayores valores se determinaron en deglupta, cedro y laurel, y los menores en nogal. La incidencia de *H. grandella* en cedro alcanzó 70% a los 18 meses de edad de plantación. Se considera que la inversión para la implementación del modelo agroforestal es de bajo costo y mínimo riesgo con alto potencial económico. Se considera factible la producción de madera en estos sistemas de producción cafetalera. El estudio continuará por varios años con la evaluación del desarrollo de los árboles, de factores fitopatológicos y de producción de grano de café.

Palabras claves: Sistemas agroforestales, establecimiento, *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*, *Eucalyptus deglupta*, *Juglans olancheana*, Costa Rica.

¹ Investigador Agroforestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Costa Rica, Fax 556-0140
² Instituto del Café de Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica existen cerca de 115.000 has de café, con una producción de 2.8 millones de dobles hectolitros (DHL), producidas por 88662 agricultores (ICAFFE 1994a), siendo la mayoría (82.2%) pequeños productores. En el período 1986-1992 el precio del café se redujo en forma sostenida (ICAFFE 1994b), lo cual comprometió seriamente la economía nacional. Por otra parte, la demanda de productos madereros se incrementa, y la deforestación en los países tropicales continuó a una tasa alarmante (3.9 millones de ha) durante 1981-1990 (FAO 1993), siendo necesario diseñar alternativas para producir madera. Una opción sería sustituir los árboles de poró (*Erythrina spp*) por especies maderables en los sistemas de producción cafetalera. Existen evidencias que señalan que la presencia de árboles maderables asociados a cultivos, presentan mayores beneficios económicos que con árboles de servicio (von Platen 1993). En café se ha demostrado la importancia de los árboles para sombra, ya que los rendimientos son inferiores cuando la plantación se mantiene a plena exposición solar (Ramírez 1993). El objetivo fue estudiar la implementación de un modelo agroforestal en una plantación de café en establecimiento como alternativa de producción sostenible, evaluándose el crecimiento inicial de las especies arbóreas asociadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se desarrolló en la finca "Las Pavas", Turrialba, Costa Rica, a 650 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 21°C y 2680 mm de precipitación pluvial. La zona no presenta estación seca definida, y se clasifica como Bosque húmedo tropical (Holdridge 1978). El café cv caturra se estableció en agosto de 1995, a una densidad de 5848 plantas/ha, en un terreno con pendiente del 30%. El manejo agronómico incluyó la aplicación por planta, de 10-30-10 a la siembra (60 g), y posteriores aplicaciones de 44-0-0-2 (30 g), y urea (30 g). En mayo se fumigó el café con una mezcla de 1.0 kg de oxiclورو de cobre, 1.0 kg de sulfato de zinc, 0.5 kg de poliboro, 2.0 kg de urea y 180 ml de nu-film, en 200 litros de agua. El control de malezas se realizó con paraquat (Gramoxone[®], 1.0 lt/200 lt de agua) + tricopir (Garlón[®], 45 ml/bomba de 16 lt), paraquat + 2,4-D (1 lt de cada uno/ 200 lt de agua), y glifosato (Round up[®], 90 ml/bomba de 16 lt. Las maderables asociadas y evaluadas: laurel (*Cordia alliodora*), *deglupta* (*Eucalyptus deglupta*), *cedro* (*Cedrela odorata*), y nogal (*Juglans olanchiana*) son las únicas especies arbóreas presentes, y se establecieron en octubre de 1995. En enero de 1996 se resembró el nogal. Cada parcela consta de 30 árboles, cinco filas de seis árboles cada una, ubicadas en la línea de siembra del café. La densidad utilizada fue 100 árboles/ha. Con el cedro se utilizaron pseudoes-tacas de 12 meses de edad, las restantes especies se establecieron con plántulas de 30-40 de altura. En todos

los casos, se aplicó a la siembra triple superfosfato (30 g/árbol), y 10 meses después 30 g de nitrato de amonio al nogal, por presentar clorosis foliar muy marcada, y 75 g de urea/árbol de cedro. Para controlar la defoliación causada por zompopas (*Atta sp* y *Agromyrmex sp*), se aplicó sulfluramida (Mirex[®]) directamente en los hormigueros. Se aplicó carbofurán (Furadán[®]), 20 g/árbol de cedro para contrarrestar el daño de *Hypsipyla grandella*, pero no se observó resultado positivo en el control de la plaga. Se realizó poda de saneamiento y se eliminó la parte afectada, posteriormente se seleccionó el rebrote más vigoroso. Las ramas laterales y rebrotes que se originaron en el tallo de las restantes especies arbóreas fueron eliminados mediante poda.

Diseño experimental.

Se utilizó el diseño irrestricto al azar, con cuatro tratamientos y 30 repeticiones (árboles) por tratamiento. El análisis estadístico consideró la totalidad de los árboles, ya que no se detectaron diferencias significativas entre la parcela útil y los bordes, excluyéndose los árboles sembrados con menos de un año de siembra. El análisis estadístico se realizó con el programa SAS, y la separación de medias con la prueba de Tuckey.

Tratamientos.

Los tratamientos lo constituyeron el café asociado con: T1: *Cordia alliodora*, T2: *Eucalyptus deglupta*, T3: *Cedrela odorata*, T4: *Juglans olanchana*.

Variables.

Se determinó: sobrevivencia (%) al año, a los 12 y 18 meses: diámetro (cm) a la altura del pecho (DAP), diámetro basal (cm) (DB), altura total (m) (ALT), a los 18 meses: diámetro (cm) de la copa (DC). Estas variables se midieron con cinta métrica plástica (DAP y DC), forcípola (DB), y una vara telescópica (ALT).

RESULTADOS Y DISCUSION

Sobrevivencia.

Las mayores sobrevivencias las presentaron el cedro (100%), el laurel (96.7%) y el deglupta (86.7%); la menor se determinó en nogal (16.7%). Estos resultados son superiores a los reportados por Butterfield (1995) en la zona Atlántica de Costa Rica, para laurel, cedro y deglupta plantados en sistemas tradicionales. Somarriba (1994) también reporta mayores mortalidades para laurel, cuando lo combinó con cacao y plátano. La sobrevivencia del nogal se afectó negativamente por un desbordamiento que ocurrió en la parte superior de esta parcela en enero de 1996. Debe resaltar el buen prendimiento de las pseudoestacas de cedro, ya que no se perdió ninguna. En el caso del laurel solamente un árbol no sobrevivió y, tres en el deglupta, siendo estas especies más aconsejables para ser establecidas en sistemas de producción similares al evaluado.

Diámetro basal.

Se determinaron diferencias importantes ($P < 0.0001$) entre especies para

esta variable (Cuadro 1), determinándose correlaciones significativas ($P < 0.0001$) y positivas para DB y DAP ($r = 0.81$), y para DB y ALT ($r = 0.67$). Los mayores y similares DB fueron determinados en laurel,

cedro y deglupta. Es posible que en el nogal, sembrado en enero de 1996, el menor desarrollo del DB esté influenciado por el establecimiento durante la época de menor precipitación.

Cuadro 1. Diámetro basal, diámetro a la altura del pecho, altura total y diámetro de copa de cuatro especies maderables asociadas al café (*Coffea arabica*) en Turrialba, Costa Rica, 1997.

Especie maderable	DB, cm		DAP, cm		ALT, m		DC, m
	12 m	18 m	12m	18m	12m	18m	18 m
<i>Cedrela odorata</i>	9.8 ^a	10.9 ^a	4.4 ^a	6.3 ^b	2.7 ^{bc}	3.5 ^b	1.3 ^c
<i>Cordia alliodora</i>	9.5 ^a	11.5 ^a	4.3 ^a	7.9 ^a	3.1 ^b	4.3 ^b	2.7 ^b
<i>Eucalyptus deglupta</i>	9.5 ^a	11.5 ^a	5.2 ^a	8.7 ^a	4.4 ^a	6.4 ^a	3.8 ^a
<i>Juglans olanchiana</i>	4.0 ^a	5.1 ^b	1.8 ^b	2.2 ^c	1.4 ^d	1.5 ^c	1.1 ^c

Valores dentro de columna con diferente letra difieren según Tukey al $P < 0.05$.

DB= diámetro basal, DAP= diámetro a la altura del pecho, ALT= altura total, DC= diámetro de copa.

Diámetro a la altura del pecho.

El DAP mostró ser diferente ($P < 0.0001$) entre especies (Cuadro 1), existiendo correlación significativa ($P < 0.0001$) y positiva ($r = 0.74$) entre DAP y ALT. Las especies que presentaron mayores DAP fueron cedro, laurel y deglupta, con valores superiores a los reportados por CATIE (1986) y Butterfield (1995) para cedro y laurel sembrados en plantaciones puras; mayores a laurel y similares a cedro plantados en asociación con cacao (Sánchez y Dubón 1993). Los valores de DAP pueden explicarse por la fertilidad natural del suelo donde se ubicó el ensayo, la fertilización aplicada a la plantación de café y a las especies maderables durante el primer año de establecimiento.

Altura total.

La ALT mostró ser diferente ($P < 0.0001$) para las especies evaluadas (Cuadro 1), determinándose correlación significativa entre DB y DAP ($P < 0.0001$, $r = 0.80$). La mayor ALT la presentó deglupta, una especie que se caracteriza en las regiones tropicales por altas tasas de crecimiento (FAO 1993). El laurel presentó buen desarrollo, los valores de ALT son superiores a los reportados por Sánchez y Dubón (1993) asociada a cacao, por CATIE (1986) y Butterfield (1995) en plantaciones puras, e inferiores a los de Somarriba (1994) en la región de Changuinola, Panamá. La ALT promedio del cedro pudo haber sido mayor, ya que los árboles

afectados por *H. grandella* fueron podados totalmente. Al completarse el año esta plaga afectaba al 43% de los árboles, a los 18 meses la incidencia era de 70%.

Diámetro de la copa.

Se determinaron diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) entre especies para esta variable (Cuadro 1), y correlaciones significativas ($P < 0.001$) y positivas entre DC y DB ($r = 0.71$), DC y DAP ($r = 0.65$), y DC y ALT ($r = 0.68$). El mayor DC lo presentó deglupta, y los menores nogal y cedro, siendo intermedio el laurel. El DC posiblemente influya en el corto plazo a la especie asociada, por ello se inició la evaluación de problemas fitosanitarios en la plantación de café para determinar el efecto de esta interacción; también se cuantificará la producción de grano.

Costo de establecimiento.

Los costos se reportan por hectárea y corresponden a los gastos incurridos durante los 18 meses de evaluación que tiene hasta el momento la investigación. Estos son similares para todas las especies maderables evaluadas, ya que solo el cedro se sembró con pseudoestacas, de menor precio en la región, sin embargo para nuestros cálculos se considera igual de igual costo. El precio de cada arbolito es de 25 colones, ello significa 2500 colones (\$10.87 US³), se requiere medio día para la siembra (hoyado y fertilización fosfórica), para una erogación de 1230 colones (\$5.35). A pesar de que

el laurel presenta autopoda, es conveniente realizar la poda para eliminar la interferencia física que producen las ramas laterales muy bajas sobre el café. Esta labor requiere dos jornales/ha, 3000 colones (\$13.04 US), y por el fertilizante aplicado y la mano de obra correspondiente 776 colones/ha (\$3.37). En resumen, los gastos incurridos hasta los 18 meses tienen un costo de 7496 colones (\$32.59 US) por hectárea, una inversión de mínimo riesgo, pero de gran potencial económico debido al incremento constante en los precios de la madera.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones en que se realizó la presente investigación se puede concluir que: es factible establecer especies forestales maderables de manera conjunta con café; con el desarrollo obtenido hasta el momento parece factible obtener madera en este sistema de producción; debido al excelente prendimiento de las pseudoestacas de cedro, la facilidad de manejo para la siembra y el desarrollo inicial de los árboles, sería aconsejable utilizar este tipo de material para su establecimiento; debido a la alta incidencia de la *H. grandella* en el cedro, se debe desarrollar una estrategia de control para disminuir los daños de esta plaga; si existe riesgo de ataque de hormigas en el sitio de siembra, es aconsejable no utilizar especies del género *Eucalyptus*, ya que son muy apetecidas por estos insectos afectándose la sobrevivencia de los árboles, lo cual disminuye el posterior desarrollo y

³ 1US\$/230 colones

es motivo de malformación; el establecimiento de las especies forestales requiere de muy baja inversión y presenta un potencial económico muy alto; este estudio continuará por varios años para determinar la tasa de crecimiento de las diferentes especies forestales, como su influencia en la producción de la plantación de café.

BIBLIOGRAFIA

BUTTERFIELD, R. 1995. Desarrollo de especies forestales en tierras bajas húmedas de Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico N. 260 41 p.

CATIE. 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. Serie Técnica Informe Técnico N. 79. 691 p.

FAO. 1993. Proceedings of the Regional Expert Consultation on Eucalyptus. 4-8 Oct. 1993. Bangkok, 225 p.

HOLDRIEDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.

ICAFE 1994a. Análisis del registro de entregadores de café cosecha 1992-1993. Edgar Rojas y Alvaro Borbón (eds). San José, Costa Rica. 100 p.

ICAFE 1994b. Informe sobre la activi-

dad cafetalera de Costa Rica. Gilberto Rojas, Alvaro Borbón y Sandra Camacho (eds). San José, Costa Rica. pp. 90-101.

RAMIREZ, G. 1993. Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana*. In *Erythrina in the New and Old Worlds*. pp 121-124.

SANCHEZ, J. y DUBON, A. 1993. Especies no tradicionales como sombra permanente del cacao en Honduras. In Wilberth Phillips (ed) Seminario Regional "Sombras y cultivos asociados con cacao", Turrialba, Costa Rica. CATIE pp. 141-154.

SOMARRIBA, E. 1994. Cacao, plátano, laurel. Producción agrícola y crecimiento maderable. Resultados de ensayos del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ en la región de Changuinola, Panamá. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico N. 233 71 p.

VON PLATEN, H.H. 1993. Evaluación económica de sistemas agroforestales de cacao con laurel y poró en Costa Rica. In Wilberth Phillips (ed) Seminario Regional "Sombras y cultivos asociados con cacao", Turrialba, Costa Rica. CATIE pp. 165-171.

EFFECTOS DE SOMBRA DE *ERYTHRINA POEPPIGIANA* SOBRE *COFFEA ARABICA* VARS. CATURRA Y CATIMOR¹

Reinhold G. Muschler,²

RESUMEN

En 1993 se iniciaron experimentos con diferentes niveles de sombra (0% a más del 80% de sombra) de *Erythrina poeppigiana* en plantaciones comerciales de *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor en la zona de Turrialba, Costa Rica (700 msnm, 2300 mm/año). Los diferentes tratamientos de sombra se establecieron por medio de poda de árboles grandes. Según las evaluaciones de tres cosechas (2 reportados aquí) hay un máximo de producción de grano de calidad (PGC) bajo sombra intermedia y permanente. Para la cosecha 95/96 la ventana de sombra óptima era entre el 20 y 60% de sombra. Niveles de sombra más altos redujeron la PGC significativamente. Sin embargo, aún 80 % de sombra permitió producir hasta 70% (40 fan/ha) de la producción en sol demostrando, para ambas variedades, una alta capacidad de adaptación a sombra en las condiciones de Turrialba. Los cafetos al sol sufrieron de temperaturas excesivas causando altos porcentajes de frutos chasparreados, quemados o momificados y una reducción del vestido foliar. Los frutos de las parcelas sombreadas fueron más grandes y sanos. El estado vegetativo de los cafetos bajo poró alto era mejor durante todo el año que en las parcelas al sol y con poró pequeño. La incidencia de malezas fue alta solamente en las parcelas al sol y con poró pequeño después de la poda. Se recomienda una poda selectiva de poró alto, para generar una sombra homogénea alrededor del 40% a través del año.

Palabras claves: sombra, sostenibilidad, café, *Coffea arabica*, poró, *Erythrina*, Caturra, Catimor, producción, calidad

¹ Presentado en el XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura, San José, Costa Rica. Setiembre 1997

² Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Apdo 126, 7170 CATIE, Costa Rica, FAX (506)-556-1533 E-mail: muschler@catie.ac.cr

INTRODUCCIÓN

En la zona de Turrialba, Costa Rica, la mayoría de los cafetales tienen poró gigante (*Erythrina poeppigiana*) como árbol de servicio y sombra. Típicamente, los árboles se podan 2 o 3 veces por año para, sobre todo, estimular la floración y, luego, la maduración del fruto. En muchos casos es una poda total donde se cortan todas las ramas causando cambios microclimáticos muy drásticos. En otros casos se dejan ramas selectas para proporcionar un tipo de sombra permanente. Hay una gran discusión sobre los niveles adecuados de sombra (p.e., Fournier 1988; Beer et al. 1997; Fernandez y Muschler 1997). Sin embargo, la información científica sobre los mejores niveles de sombra para café en función del ambiente (cf. Muschler 1997, este vol.) es limitada. Por ende, este estudio se desarrolló

con el fin de cuantificar el sombrero e investigar el comportamiento de *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor bajo diferentes niveles de sombra de poró.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron al final de 1993 en 15 sitios en fincas cafetaleras en la zona de Turrialba. Este artículo presenta datos de cuatro sitios. Los sitios fueron escogidos por homogeneidad de suelos, relieve, exposición, población de cafetos y por densidad y sombreado uniforme de poró. La edad de los cafetos varió entre 6 y 10 años, y la de los poró entre 10 y 20. En cada sitio se establecieron 4 tratamientos de diferentes niveles de sombra de poró y en dos se estableció una parcela adicional con sombra artificial. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Los tratamientos de sombra y su manejo

Código	Tratamiento	Manejo
T1	Sol	poda permanente de poró ("poró sin ramas")
T2	Poda total	poda total (descumbra) de poró 3 veces al año
T3	Sombra abierta	poda selectiva de poró alto para abrir el dosel
T4	Sombra densa	libre crecimiento de poró
T5	Sarán	sombra artificial de 50%

Estos tratamientos de sombra produjeron condiciones microclimáticas muy diferentes. De T1 a T4 el nivel de sombreado aumentó del 0% a

> 80%. T5 redujó la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en más del 50% (Fig 1). T2 y, en menor grado, T3 exponían los cafetos a cam-

bios fuertes en los tiempos de poda (Fig 1).

Se evaluaron las siguientes variables de 25 plantas por parcela: sombreado (con "hemispherical densiometer" y "Sunfleck Ceptometer"), humedad relativa, temperatura del aire, suelo y follaje, dimensiones y estado vegetativo de los cafetos, producción y calidad de café, incidencia de malezas y cobertura del suelo.

RESULTADOS

En este artículo se presentan datos de producción y tamaño de grano en función del sombreado. Los resultados resumidos son:

1. Solamente el tratamiento "sombra densa" con > 80% de sombra redujo la producción significativamente (Fig 2).
2. Cafetales bajo sombra permanente e intermedia (T3 y T5) produjeron la misma cantidad de fruto de calidad (fruto sano) que las parcelas al sol (Fig 2). Al mismo tiempo los cafetos bajo poró alto (T3 y T4) mantenían un buen estado vegetativo mientras que los cafetos en T1 y T2 mostraron deficiencias foliares, defoliación fuerte y niveles de enfermedades más altos.
3. La reducción de "Poda total" con respecto a "Sol" podría ser causado por trastornos fisiológicos de los cafetos como consecuencia de los cambios extremos en el momento de la poda de los porós (Fig 2).
4. La producción no diferió entre Caturra y Catimor 5175 (Fig 2).

5. Hay una "ventana óptima" de sombra a 40 ± 20 % de sombra (Fig 3) para las condiciones de Turrialba.
6. La incidencia de frutos quemados, momificados y chasparreados (*Cercospora coffeicola*) bajó de más del 15% al sol a un 10% con poda total y a < el 1% bajo poró alto. Por ende, la producción de frutos de calidad fue fuertemente reducido a niveles de < 20% de sombra (Fig 3).
7. El porcentaje de granos grandes (> 17/64 de pulgada) aumentó fuertemente con los niveles de sombra (Fig 4).
8. Café bajo sarang produjo similar en cantidad (Fig 2) y calidad (Fig 4) a café al sol indicando que la reducción de PAR en más del 50% no inhibió la floración.
9. Las diferencias en el rendimiento de beneficio no fueron significativas entre Caturra y Catimor.
10. El crecimiento de malezas fue fuerte solamente en las parcelas al sol y con poda total después de la poda. Por ende, no había necesidad de aplicar herbicidas en las parcelas de poró alto.

DISCUSIÓN

Los datos de producción de este estudio refuerzan los argumentos a favor de manejar sombra en la zona de Turrialba. Por las contribuciones ecológicas de los árboles (cf. Nair and Muschler 1993) es probable que un sistema agroforestal de este tipo sea más sostenible a largo plazo que un

cafetal en plena exposición. Aunque el experimento es relativamente joven para evaluar efectos a largo plazo, el agotamiento de las plantas y la calidad inferior del fruto a plena exposición hace probable que la producción a largo plazo se reducirá en estas parcelas. En contraste, árboles asociados al café pueden ayudar a mantener tanto la cantidad como la calidad de producción. Así, en un estudio a largo plazo en Turrialba se encontró que la producción promedia de 8 cosechas de parcelas que no fueron fertilizadas pero que tenían sombra (estimado a menos de 30%) y biomasa de *Erythrina poeppigiana* superó la producción de parcelas al sol en un 65% (650 msnm; Ramirez 1993). Aparte de un mayor tamaño de grano también otros atributos de la calidad de grano pueden ser favorecido por la sombra (Barboza 1991).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado que la sombra homogénea y permanente (T3 y T5) mejoró las condiciones vegetativas y productivos de los cafetos en comparación con los otros tratamientos, y que este sombreo ayudó a suprimir malezas, se recomienda un manejo de poró alto. Los porós se pueden manejar con podas selectivas para dar formación a los árboles y lograr una sombra homogénea y permanente del 20 al 60%. Este manejo es extensivo y no requiere de mucha mano de obra; además permite que los arboles entren a su ciclo fenológico con una defoliación corta que puede coincidir con la floración del café. El ahorro financiero por la supresión de malezas y la mejor calidad del grano bajo sombra permanente hace este sistema todavía más atractivo.

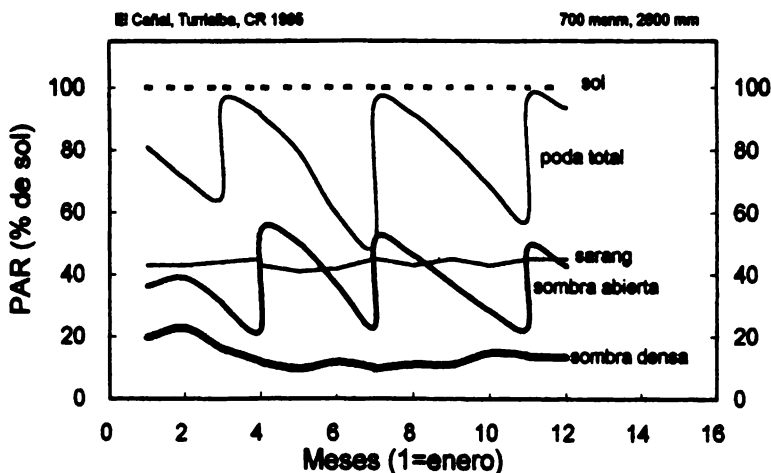


Figura 1. Niveles de radiación fotosintéticamente activa (PAR) en los tratamientos con poró (*Erythrina poeppigiana*) y sarang de 50% a través de un año típico (promedios de cuatro bloques). Las oscilaciones en "poda total" y "sombra abierta" indican podas.

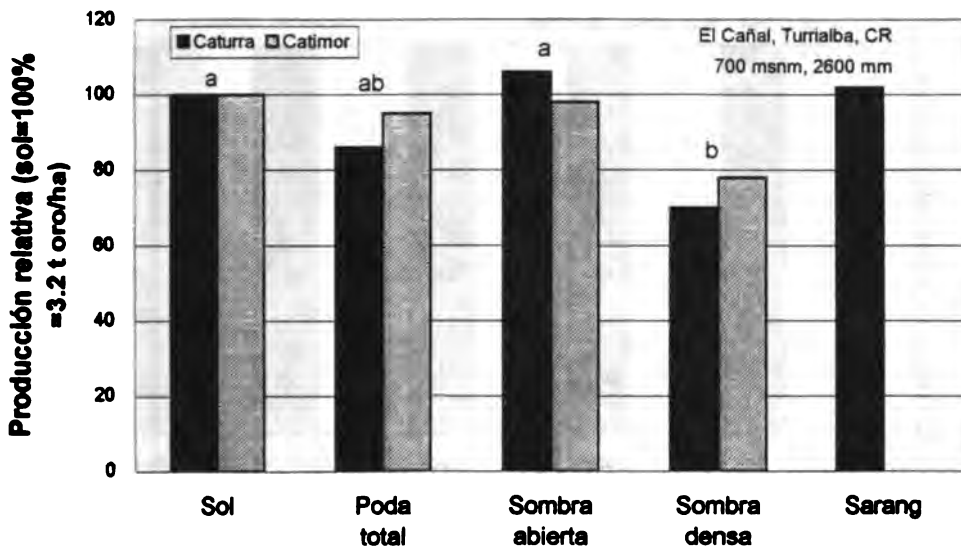


Figura 2. Producción de frutos de calidad de cafetos de 7 años de Caturra y Catimor 5175 bajo cinco niveles de sombra (cosechas 94/95 y 95/96). Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente (LSD @ $\alpha = 0.05$)

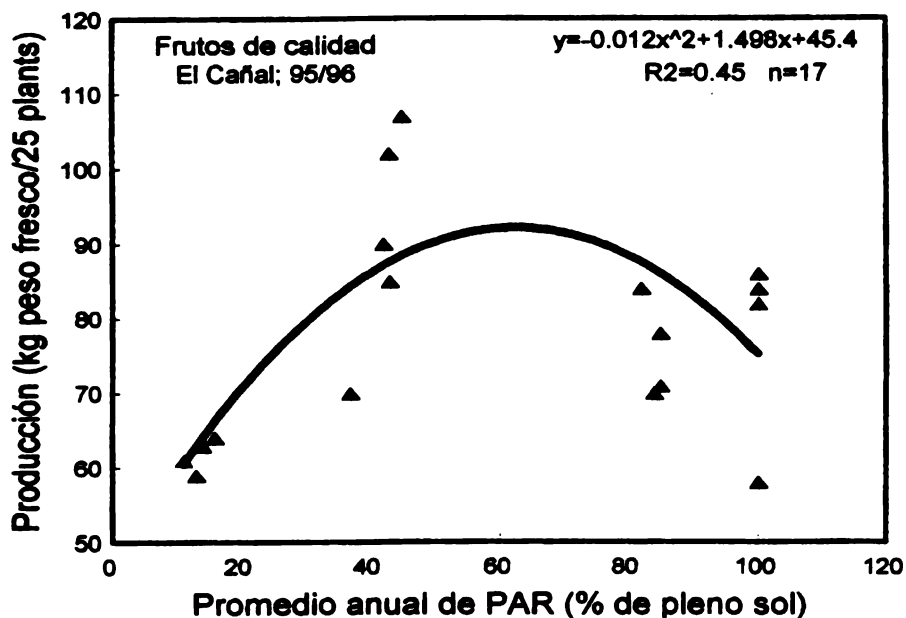


Figura 3. Producción de granos de calidad en función de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) (promedio anual) disponible bajo *Erythrina poeppigiana* podada con diferentes intensidades.

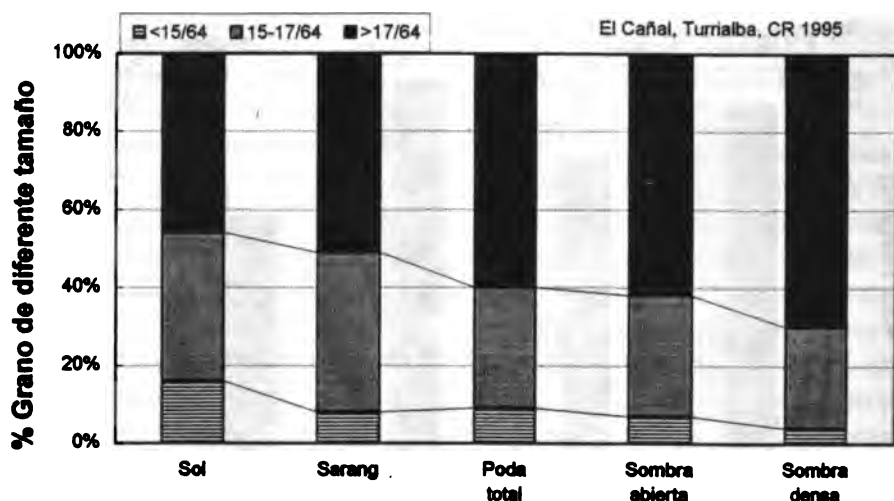
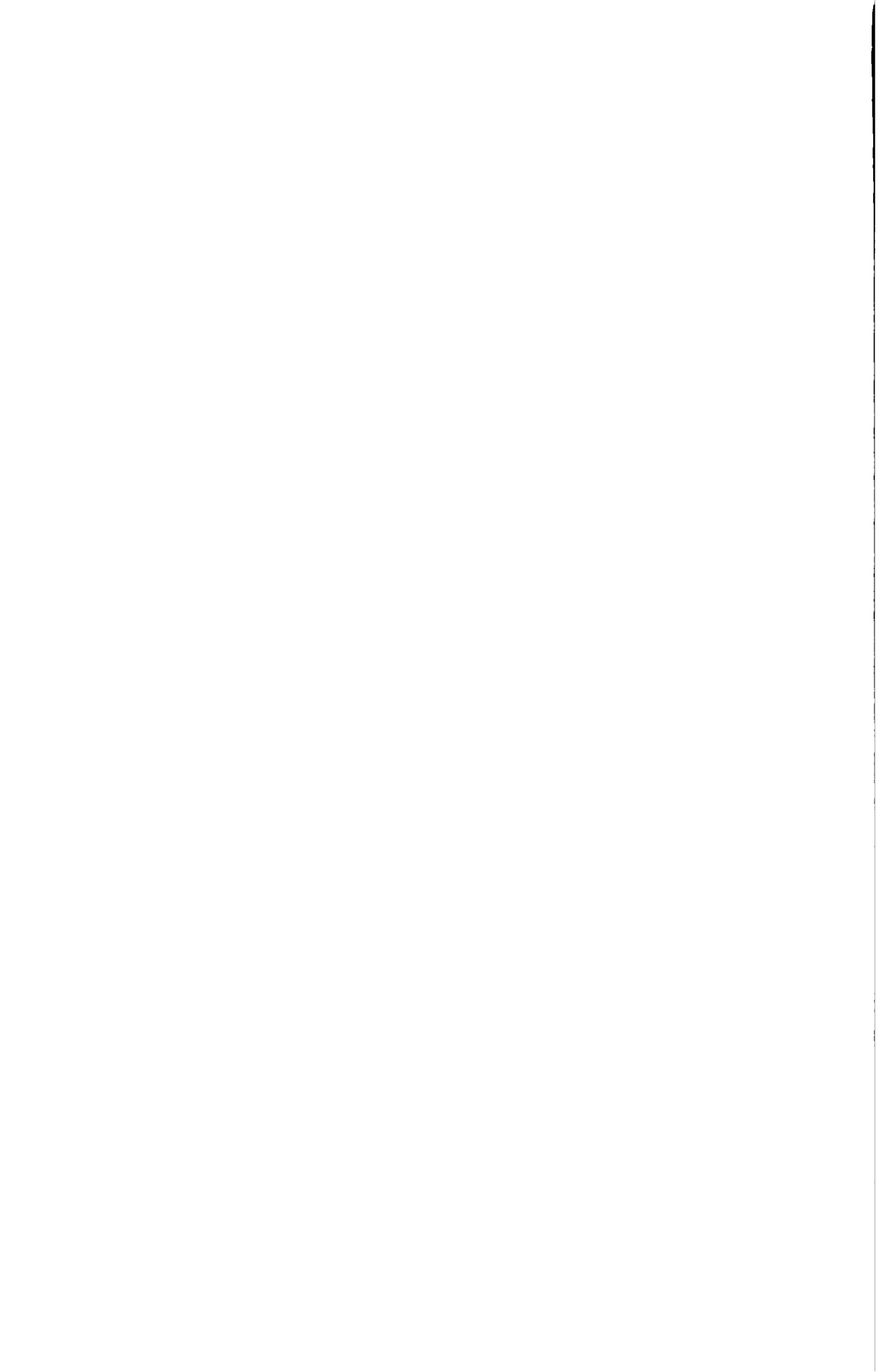


Figura 4. Distribución de tamaño de grano para café producido bajo diferentes niveles de sombra. Sombra aumenta el porcentaje de granos grandes drásticamente (diámetros en sesentaicuatros de pulgada).

BIBLIOGRAFIA

- BARBOZA O, G A, 1991. Calidad de la bebida y beneficiado en función de la fertilización del café (*Coffea arabica* L.) cultivado bajo sombra regulada y a plena exposición solar. Tesis Lic. Universidad de Costa Rica, Sede de occidente. 96 pp.
- BEER J W, MUSCHLER R G, SOMARRIBA E, KASS D, 1997. Shade management in coffee and cacao plantations - a review. *Agroforestry Systems* (in print)
- FERNANDEZ C E, MUSCHLER R G, 1997. Los sistemas de cultivo del café frente al desafío del ecodesarrollo. In: Bertrand B, Dufour B, Sallée B (eds). *Desafíos de la Caficultura Centroamericana*. CIRAD/IICA /PROMECAFE. 30 pp manuscript (in review)
- FOURNIER LA 1988. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12:131-46
- NAIR PKR, MUSCHLER RG 1993. *Agroforestry*. Pp. 987-1057 En: Pancel L (ed.). *Tropical Forestry Handbook Vol 2*. Berlin: Springer.
- RAMIREZ LG 1993. Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. pp 121-24 in: Westley SB and Powell MH (eds.) *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, Hawaii: Nitrogen Fixing Tree Association.

NUTRICION DEL CAFE



EVALUACION DEL EFECTO DE LAS MICORRIZAS EN ALMACIGOS DE CAFE

Emilio Mariscal D.¹
Francisco Anzueto²
Armando García²
Mauro Molina²

RESUMEN

Bajo condiciones de invernadero se evaluó el efecto de la aplicación de endomicorrizas en plántulas de café de la variedad Catuaí, trasplantadas en macetas plásticas de 1 litro de capacidad. Se adicionaron 100 gramos del producto comercial "bioraíz" al sustrato de cada maceta, este producto se reporta como "suelo micorrizado" conteniendo raíces infectivas y micelio externo del tipo arbuscular. Dos meses después se inocularon las plantas con una población de *Meloidogyne sp.* para estudiar paralelamente una posible acción nematocida de las micorrizas sobre el nemátodo. Para el estudio se utilizaron seis tratamientos con diferentes combinaciones de: micorriza, fertilizante y nematocida, incluyendo un testigo absoluto. El experimento concluyó a los nueve meses de su inicio, observándose que en todas las variables vegetativas analizadas, que fueron: - vigor, - número de nudos, - peso fresco de raíz, - peso fresco foliar y - peso fresco total, aquellos tratamientos que incluían micorriza fueron estadísticamente superiores a los tratamientos sin micorriza. No se apreció un efecto significativo de la micorriza sobre las poblaciones de nemátodos, pero fue evidente la buena respuesta vegetativa de las plantas "micorrizadas", lo cual podría interpretarse por un mejor estado nutricional de las mismas y cierto efecto de tolerancia a los nemátodos.

Palabras claves: micorrizas, café, viveros, nemátodos, Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años se reportan experiencias en vivero e invernadero que demuestran los efectos positivos de la simbiosis endomicorrízica -de vesículas y arbusculos-, sobre el cre-

cimiento y nutrición de plantas jóvenes de café (7). En el campo, el sistema radicular del cafeto es colonizado naturalmente por las endomicorrizas VA, variando la intensidad de la simbiosis en función de: las especies de micorrizas presentes, las prácticas

¹ Tesista Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

² Depto. de Investigaciones, ANACAFE, 5a. calle 0-50 Zona 14, Guatemala.

culturales, edad de las plantas y la fertilización (1,4,6). La micorriza además de su efecto como biofertilizante, puede presentar una acción nematocida (7). Se señala una mejor simbiosis de la micorriza en suelos de baja fertilidad; las adiciones crecientes de fosfatos reducen la formación de estructuras reproductivas del hongo (5). Con base en estos antecedentes, se programó evaluar localmente el efecto de las micorrizas bajo el objetivo de reducir costos en vivero, produciendo a la vez plántulas de buena calidad agronómica para el campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de invernadero en finca "Buena Vista" de ANACAFE, Retalhuleu, Guatemala, con temperatura media de 26 ± 4 °C y humedad relativa de $75 \pm 5\%$. Se inició en marzo de 1995 con la preparación de un semillero de la variedad Catuai. En la fase de "soldadito", las plántulas se colocaron en macetas de 1 litro de capacidad conteniendo un substrato tierra-arena, en proporción 2:1, previamente esterilizado con bromuro de metilo. Al momento del trasplante se realizó la única aplicación de micorrizas, con 100 gramos del producto comercial "bio-raíz" dentro del agujero de siembra de la plantita, este producto es reportado por la empresa distribuidora como "un suelo micorrizado", conteniendo raíces infectivas (vesículas, hifas y esporas) y micelio externo de micorrizas del tipo arbuscular (MA), compuesto por diez especies de hongos.

Dos meses después de aplicada la micorriza se inocularon todas las plantas con una población de *Meloidogyne sp.*, origen "Los Manaques" (3), con 2000 huevos por maceta. En los tratamientos que incluyeron fertilización química, se realizaron dos fertilizaciones en forma disuelta con 1 g de 15-15-15 por planta, la primera a las dos semanas del trasplante y la segunda 3 meses después. Se evaluaron 6 tratamientos, con 20 plantas como repeticiones:

1. "MFN" =micorriza + fertilizante + nematocida
2. "Moo" = micorriza
3. "MoN" = micorriza + nematocida
4. "MFo" = micorriza + fertilizante
5. "oFN" =fertilizante + nematocida
6. Ningún producto (testigo absoluto)

Las variables analizadas fueron las siguientes: - Vigor de planta, - Número de nudos, - Peso fresco de raíz, - Peso fresco foliar, - Peso fresco total, - Población final de nemátodos, - Porcentaje de infección de la micorriza (final). El vigor fue evaluado con base en una escala de 0 a 5, representando 0, a una planta muerta y 5, a una planta sana y vigorosa, los valores restantes corresponden a estados intermedios de vigor.

RESULTADOS

Nueve meses después de establecido el estudio se procedió a evaluar el efecto de los tratamientos y realizar el

análisis correspondiente. En la Tabla 1 se condensan los datos finales de vigor, número de nudos, peso fresco foliar, peso fresco de raíz, peso total y población final de nemátodos.

Variables vegetativas:

En los datos de vigor vegetativo y nú-

mero de nudos se observa que todos los tratamientos con micorriza fueron estadísticamente superiores, en un segundo plano aparece el tratamiento Fertilizante+Nematicida "oFN"; correspondiendo los valores más bajos al testigo "ooo", el cual no tuvo aplicación de productos.

Tabla 1. Variables vegetativas y población final de nemátodos.

Tratamiento	Vigor	Número	Peso	Peso	Peso	Nemátodos
	Escala 0-5	de Nudos	Foliar (g)	Raíz (g)	Total (g)	
M + F + N	4.6 a	9.55 a	17.1 b	4.5 b	21.6 b	794 c
M o o	4.9 a	9.55 a	17.4 b	7.0 a	24.4 b	2214 ab
M o + N	5.0 a	10.45 a	22.3 a	8.2 a	30.5 a	1649 bc
M + F o	4.7 a	9.55 a	18.0 b	4.1 bc	22.2 b	2534 bc
o + F + N	2.9 b	6.50 b	8.0 c	2.9 c	10.9 c	3137 ab
o o o	1.1 c	4.55 c	1.8 d	1.1 d	2.9 d	3506 a

M=micorriza F=Fertilizante N=Nematicida o= Ausencia

Promedios con letras iguales no difieren significativamente al 5 % (Neuman & Keuls)

En peso fresco foliar y peso fresco total, el tratamiento Micorriza+Nematicida, "MoN", muestra los valores más altos, seguido por los otros tratamientos con micorriza, "MFN", "Moo" y "M Fo". El tratamiento Fertilizante + Nematicida, "oFN", se ubica en un tercer plano mientras que al testigo le corresponden los valores más bajos. La figura 1 presenta los promedios correspondientes al peso fresco total de planta. En relación al peso fresco de raíces se observa que los tratamientos Micorriza + Nematicida, "MoN", y Micorriza sola, "Moo",

presentan los valores más altos, seguidos por los tratamientos Micorriza + Fertilizante + Nematicida, "MFN", y Micorriza + Fertilizante, "MFo". Con menores pesos de raíz se ubican los dos tratamientos sin micorriza.

Población final de nemátodos:

Luego de la extracción se estimaron las poblaciones de nemátodos por 25 gramos de raíz. Como se observa en la figura 1, las poblaciones finales fueron relativamente altas; el tratamiento "MFN" muestra la menor densidad poblacional. Debe acotarse

sin embargo, que se trabajó con una especie de nemátodo muy agresiva y persistente (3) y se efectuó una sola aplicación de nematicida. La buena respuesta agronómica de los tratamientos "micorrizados" se podría interpretar por una mejor nutrición de las plantas y cierto efecto de tolerancia temporal a los nemátodos.

Eficiencia de infección de la micorriza.:

Este aspecto se evaluó a través del porcentaje de micorriza en raíces para cada tratamiento, de acuerdo a los resultados (Tabla 2), se observa un rango de 54 a 84% de infección, correspondiendo a calificaciones de "media-alta" y "alta-muy alta" de acuerdo a la escala de Kormanik y McGraw (2).

CONCLUSIONES

Los resultados indican que la aplicación de micorrizas permite obtener plantas de almácigo bien desarrolladas, aún bajo programas mínimos de fertilización química. Al revisar los índices de crecimiento de la planta, se aprecia que los tratamientos con aplicación de micorriza fueron consistentemente superiores a aquellos donde no se aplicó la misma, destacando el tratamiento Micorriza + Nematicida, "MoN". Los tratamientos sin Micorriza, "oFN", y testigo, "ooo", mostraron los menores valores en las variables de crecimiento analizadas. Esto sugiere que la presencia de micorrizas en la etapa de almácigo, ejercería un efecto positivo para el desarrollo vegetativo de las plantas, favoreciendo su posterior aclimatación o

"pegue" en campo definitivo. Se han iniciado nuevas investigaciones sobre micorrización de plantas injertadas y estudios del comportamiento en campo definitivo, de plantas micorrizadas en la fase de almácigo. La evaluación de dosis más bajas del producto comercial, bajo la perspectiva de reducción de costos, sería una investigación conveniente de realizar.

BIBLIOGRAFIA

- DAVIES E., YOUNG J.L., LINDERMAN R. 1983. Soil lime level (pH) and VA-micorriza effects on growth responses of sweetgum seedlings. Forestry abstracts. Vol. 44, No. 10, pp 665.
- KORMANIK P., MCGRAW, A. 1984. Quantification of Vesicular-arbuscular Micorrhizae in plant roots. In: Methods and principles of Micorrhizal Research. N.C. Univ. of Florida. pp-41.
- MOLINA, A. 1996. Caracterización patogénica y determinación específica de cinco poblaciones de *Meloidogyne spp.* en *Coffea arabica* L. variedad catuaí. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos, Guatemala. 48 p.
- SANCHEZ M.P. Las micorrizas como componente de la productividad del suelo. Universidad Nacional de Colombia Palmira. pp 36-39.

Tabla 2. Estimación de eficiencia de las micorrizas. Escala Kormanik-McGraw (2)

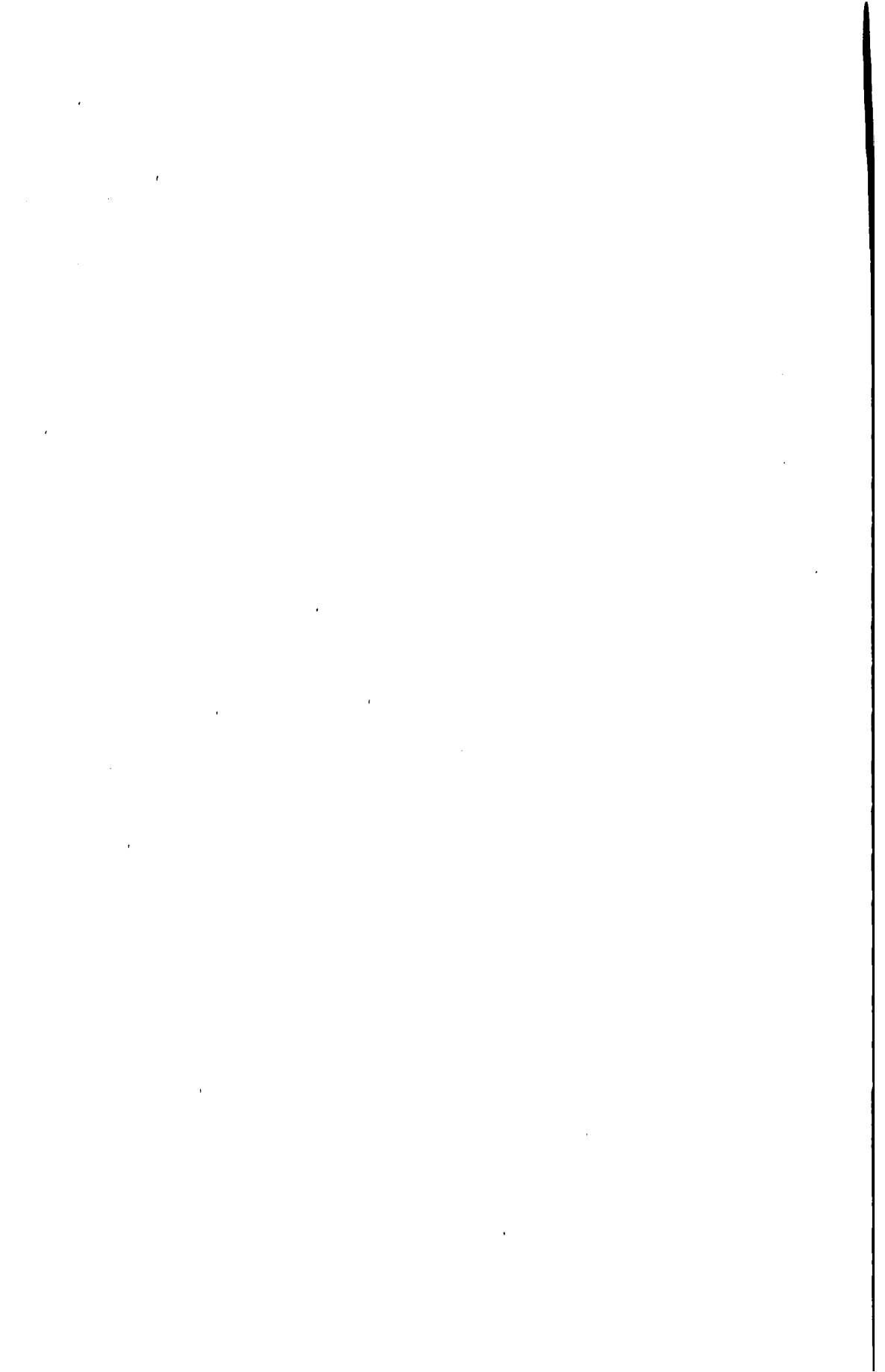
	TRATAMIENTOS					
	M + F + N	M o o	M o + N	M + F o	o + F + N	o o o
% INFECCIÓN	59%	54%	56%	84%	0	0
CALIFICACIÓN	media-alta	media-alta	media-alta	alta-muy alta	sin	sin
M=micorriza	F=fertilizante	N=nematicida	o = sin aplicación			

SIEVERDING, E. 1991. Vesicular-Arbuscular mycorrhiza Management in Tropical Agro-systems. GTZ. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany. Eschborn.

SIEVERDING, E. & SAIF, S.R. 1984. VA mycorrhiza management: A New, low cost, biological technology for crop an pasture production

on infertile soils. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

VAAST, Ph. 1995. Les effets des micorhizes a vesicules et arbuscules, et des nematodes sur la croissance et la nutrition du cafeier. Synthese de doctorat, Ph.D a l'Universite de Californie, Davis, Juillet 95. Dactilografiado, 17 p.



ESTUDIO DE SISTEMAS FERTILIZACIÓN ORGÁNICA VERSUS FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (*COFFEA ARÁBICA*) EN LA ZONA DE ALAJUELA

Ronny Alfaro Araya ¹

RESUMEN

En el cantón de San Ramón, Alajuela desde 1988 se realizó un experimento para estudiar el uso de una fuente de materia orgánica y su efecto en la producción de café. Se usaron dos niveles de pulpa de café descompuesta como fuente de materia orgánica de 13. t 6.5 t/ha. Los niveles de fertilizante químico fueron de 500 kg IFC/ha y 1000 kg/FC/ha. El cultivar utilizado fue el Caturra, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados demostraron que el nivel de fertilización química de 1000 kg/ha de fórmula completa supera al nivel inferior de 500 kg en más de 2580 kg/ha de cereza. La fertilización orgánica solo no muestra diferencia significativa entre ambos niveles de materia orgánica, pero si se establece mayores diferencias tanto en producción, como una mayor significancia con respecto al testigo y al nivel bajo de fertilización química. Con respecto a las interacciones los mayores rendimientos se obtienen cuando aplicamos los 1000 kg/ha de fertilizante químico y cualquier nivel de materia orgánica, aunque con un nivel inferior de aplicación química y los mismos niveles de material orgánico, también se obtienen buena producción y con diferencias productivas muy estrechas y si mostrar significancia alguna.

Palabras claves: fertilización orgánica, fertilización química, Costa Rica

INTRODUCCION

El uso de productos orgánicos para el abonamiento de los cafetos, con el fin de aumentar y mantener la fertilidad del suelo, es una práctica muy importante ya que dejamos de lado la contaminación frecuente que ocurre con los ríos, al incorporar desechos de origen vegetal y animal, lográndose

con esto un equilibrio en la naturaleza que beneficia al ecosistema y al hombre.

La constante pérdida de los materiales orgánicos principalmente por la erosión hídrica, contribuye al desgaste de los suelos puesto que en su formación, los microorganismos juegan un papel importante y ellos a su vez dependen de los residuos orgánicos

¹ Ingeniero Agrónomo Investigador del ICAFE Costa Rica

de plantas y animales en constante descomposición.

La diversificación de la microflora del suelo se consigue por la adición periódica de materia orgánica, ya que todos ellos aumentan la humificación de dicho material como su principal actividad, además su enriquecimiento con minerales, y su transporte dentro del suelo. De esto se deduce que la diversificación de la vida del suelo, está ligada a la cantidad de materia orgánica a disposición, por lo que suelos deficientes en ésta crea condiciones en donde la aparición de plagas es inminente. (7).

Ningún suelo es productivo sin su vida, por que lo que da su potencial de producción es la bioestructura, la movilización de los nutrientes, la fijación del nitrógeno del aire, la capacidad de retener agua la aireación adecuada, su permeabilidad para las raíces, y todo depende en gran parte de la vida del suelo, la cual se reduce en gran cantidad en ausencia de materia orgánica. (7).

REVISION DE LITERATURA

Dentro de la actividad cafetalera se hace necesario la búsqueda de alternativas más eficientes para obtener las más altas producciones al menor costo posible, tomando en cuenta el aumento considerable de los insumos; y es así como el uso de la materia orgánica como un complemento a la fertilización química o su posible reducción, hace que la pulpa de café y otros componentes orgánicos sean de interés al caficultor.

La pulpa es el primer y principal sub-

producto que se obtiene en el proceso de beneficiado, en la etapa de despulpado, formada por el exocarpio y parte del mesocarpio, representa en base húmeda el 41% en peso del fruto de café. (4)..

Suarez de Castro, citado por Uribe y Salazar (8) señala la materia orgánica como una mezcla de carbohidratos, proteínas, grasas y resinas y dice que muchos autores consideran que el contenido de materia orgánica determina el valor nutritivo del suelo.

Cáceres (1) menciona que el Potasio es elemento mayoritario contenido en la pulpa de café y en segundo lugar el nitrógeno, además de que la importancia de la pulpa radica en su alto porcentaje de materia orgánica con una serie de efectos benéficos para el suelo tales como:

- Mejorar la textura del suelo, haciéndola más porosa para la aireación de las raíces.
- Retiene más humedad
- Propicia la vida microbiana
- Aumento de la fertilidad potencial
- Ayuda en el control de nemátodos al mantener a microorganismos que los parasitan..

En trabajos realizados con pulpa de café descompuesta, Mestre (3), encontró que la aplicación de 500 grs de pulpa por cada dos kilos de suelo en viveros, produjo plantas de mayor peso, a la vez que disminuyó la población de nemátodos patógenos del suelo. Esto concuerda con lo encontrado por Rodríguez (6) quien obtuvo una disminución altamente significativa, en los nemátodos patógenos del suelo, principalmente del género *Ph-*

ratylenchus sp con respecto a los tratamientos con fertilización química y sin fertilizante alguno.

Cadena (2) encontró una disminución en la intensidad y severidad de la enfermedad *Cercospora coffeicola*, con la adición de pulpa de café al suelo.

Experiencias en Brasil, Colombia y Centro América han demostrado que pueden lograrse aumentos del rendimiento entre 80 y 200% sobre el testigo, con aplicaciones de pulpa usando entre 5 y 10 kg por planta por año. La combinación de fertilización química anual y abonamiento con pulpa cada 2 años resulta muy conveniente. En Colombia usan 400 grs por planta por año de la fórmula 18-6-18- que puede reemplazarse con 6 kg de pulpa (1). Cáceres.

Rosales (5) encontró que diferentes mezclas de gallinaza + pulpa de café,

siempre en mayor proporción esta última, presentan un desarrollo bastante considerable de plántulas de café con respecto al no uso de este tipo de compuestos orgánicos.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el Cantón de San Ramón, provincia de Alajuela a una altitud de 1150 m.s.n.m., con una precipitación de 2300 mm anuales, suelo Oxíc dystrandept, en una plantación de Caturra iniciando desde la siembra a una distancia de 1,70 m entre calles y 0,90 entre plantas, con plantas formadas a tres ejes ortotrópicos. En el experimento se evaluaron seis períodos de cosecha. En Cuadro 1 se presenta el detalle de los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el experimento de Fertilización Orgánica versus Fertilización Química. San Ramón, Alajuela.

Descripción de tratamientos ha/año	Dosis/planta/año
1-Testigo absoluto	
2-1000 k/F.C.	144 gr F.C. + 40 gr Nutrán
3-500 k/F.C.	72 gr F.C. + 40 gr Nutrán
4-6500 k/M.O.	1 kg
5-13000 k/M.O.	2 kg
6-6500 k-M.O. + 1000 k/F.C. + 90 k/N	1 kg M.O. + 144 gr F.C. + 40 gr Nutrán
7-6500 k-M.O. + 500 k/F.C. + 90 k/N	1 kg M.O. + 72 gr F.C. + 40 gr Nutrán
8-13000 k-M.O. + 1000 k/F.C. + 90 k/N	2 kg M.O. + 144 gr F.C. + 40 gr Nutrán
9-13000 k-M.O. + 500 k/F.C. + 90 k/N	2 kg M.O. + 144 gr F.C. + 40 gr Nutrán

F.C.: 18-3-10-8-1.2

N: Nitrato de amonio,

M.Orgánica, pulpa de café descompuesta

El experimento se inició desde la siembra por lo tanto desde ese 1er año (1988) se hicieron las aplicaciones de los tratamientos en forma continua hasta el año 1996.

La materia orgánica durante los 9 años de aplicaciones se hizo en forma

incorporada rotando la posición de colocación del material.

En el cuadro 2 se muestran los datos del contenido de cada uno de los elementos en el material utilizado como fuente de materia orgánica en el experimento.

Cuadro 2. Contenido nutricional de la pulpa de café descompuesta. San Ramón, Alajuela

ELEMENTO											
pH	M.O.	Ca	K	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn	P	N	S
	%	meq/100 ml muestra	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	
8,62	54,6	6,4	60,8	11,8	6	51	16	117	772	3,45	32

Para análisis se empleó metodología de análisis de suelo. CICAPE. 1995

DISCUSION Y RESULTADOS

Como se puede observar en la figura 1 el tratamiento sin fertilizante químico y orgánico es el presenta al final de las seis cosechas registradas, las más bajas producciones, provocando una mortalidad de plantas mayor al 90% esta lógicamente por efectos nutricionales.

Fertilización Química:

Con respecto a los niveles de fertilización química en los cuales las variaciones corresponden a la aplicación de la fórmula completa ya que todos los tratamientos con excepción del testigo y los tratamientos sólo orgánico, llevan una aplicación extra de nitrógeno al final de la época lluviosa. En la figura 2, se puede observar que el nivel de 1000 kg de fórmula completa supera en más de 10 fan/ha al nivel de 500 kg/F.C./ha.

Fertilización Orgánica:

Los tratamientos con solamente la aplicación de pulpa de café descompuesta se puede observar en la figura No. 3, no se encontró diferencia significativa entre las aplicaciones del material orgánico aunque con el uso de mayor producto se aumenta ligeramente la producción en casi 3 fan/ha. Con respecto a la no aplicación de pulpa si es bastante considerable el aumento en producción comparativamente con el uso de 6500 y 13000 kg/ha de ese material con los cuales se logran producciones de 16 a 19 fan/ha respectivamente superiores a la no aplicación de materia orgánica. Indudablemente se nota que las aplicaciones de materia orgánica son consideradas de suma importancia en la productividad de las plantas, además existe una tendencia de que a mayor cantidad de materia orgánica se aplique por planta, mayor la productividad de ésta; aunque se podría

ver mejor esta diferencia con niveles más amplios de materia orgánica y poder establecer un mejor criterio sobre el uso del abono orgánico.

Fertilización Química + Fertilización Orgánica

Cuando se hace la interacción de ambos factores, los tratamientos de 500 y 1000 kg/F.C./ha ambos con aplicaciones de 6500 kg/M.O./ha o en su defecto en 1 kg/M.O./planta, se establece una diferencia de 6 fan/ha a favor del nivel más alto de químico, tan estrecha diferencia debe ser atribuible al abono orgánico aplicado ya que cuando no se aplica este se establece una mayor diferencia en producción entre ambos niveles de fertilizante químico.

Cuando aumentamos la dosis de materia orgánica por planta con los mismos niveles de fertilizante químico (500 y 1000 kg/F.C./ha), entre ambos no hay amplia diferencia, por lo que para mantener una buena producción muy estrecha y son los que mantienen las mayores productividades al término del experimento- .

El uso de un producto orgánico en un cultivo se usa básicamente como mejorador de las condiciones físicas y químicas del suelo; pero su utilización va a depender mucho de las necesidades del suelo, su disponibilidad, el tipo de material, dosis a aplicar y otro tipo de factores que puedan incidir sobre el costo de aplicación como: transporte y mano de obra. Lo que sí es importante de considerar es que la interacción químico-orgánico reduce la utilización de abono químico, pero no se debe de interpretar como un sustituto de éstos aún.

Pero si debe de tomarse en cuenta los efectos benéficos que produce la materia orgánica como mejorador de la estructura del suelo, y otras consideraciones antes citadas, que nos van a permitir mejorar mucho nuestros suelos altamente erosionados y poder así darle una mejor utilización a los fertilizantes químicos que en muchos casos se pierden por completo por mal manejo del suelo.

BIBLIOGRAFIA

- CACERES, D. V. Fertilización Orgánica El Caficultor (10). UNICAFE. 15-18. 1995.
- CADENA, G. Efecto de la pulpa de café, usada como sustrato en almácigo de café. IV Simposio sobre Caficultura. IICA, 109-111. 1981.
- MESTRE, A. Evaluación de la pulpa de café como abono para almácigos. El café de Nicaragua. 316: 18-24. 1978.
- MONTERO, H., M. Elaboración de bioabono a partir de pulpa de café. CICAFAE (Costa Rica). 6-7. 1992
- ROSALES, M., J. Compuestos de pulpa de café. El café de Nicaragua (3) UNICAFE. 16-18. 1995.
- RODRIGUEZ, G. Las mezclas físicas orgánicas y el tratamiento con nematocidas en el desa-

rrollo de plantas de almácigo de café. El Café de Nicaragua. 245: 19-23. 1972.

PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico del Suelo. La biología del suelo. "El Ateneo". Buenos

Aires. 5ta edición 128-136-1980.

URIBE, A., SALAZAR, N. Influencias de la pulpa de café en la producción del cafeto. CENICAFE. 2 (34). 45-48.

EVALUACION DEL EFECTO DEL LOMBRICOMPOST DE BOVINO COMO ABONO EN ALMACIGO DE CAFE

*J. Danilo Hernández G. **

*Cecilia Villalobos S. **

RESUMEN

El presente trabajo se efectuó en la Finca Experimental Santa Lucía, Universidad Nacional, con el objetivo de evaluar la respuesta del almacigo de café, variedad caturra al abonamiento con lombricompost a base de estiércol de bovino.

Se compararon dos dosis de lombricompost de estiércol de (8 y 16 l/m²) bovino y una dosis de fertilizante químico.

Los resultados obtenidos demuestran que hubo diferencia significativa entre la dosis mayor de lombricompost y los otros tratamientos ($P < 0,05$) para la variable altura de planta y número de horquetas, y en cuanto al diámetro de tallo hubo diferencias con el tratamiento químico, no así con la dosis menor de lombricompost.

Se concluye en este trabajo que el lombricompost, aún en la dosis menor provocó una respuesta favorable en crecimiento y desarrollo de las plantas de café, comparada con el manejo tradicional con fertilización química.

Palabras claves: Lombricompos de bovino, abono orgánico, almacigo de cafe.

INTRODUCCION

En la actualidad cada vez se le da mayor importancia al uso de abonos orgánicos para la producción agrícola. En los principales países productores de café como Brasil y Colombia se realizan grandes esfuerzos en investigación con el fin de evaluar diferentes fuentes de materia orgánica con posibilidades para ser usadas en almacigo y en plantaciones de café (Campos, 1985).

El uso de almacigo de buena calidad para la siembra de áreas nuevas, renovación o repoblación de cafetales es de mucha importancia en caficultura, pues se ha demostrado que gran parte del éxito en el establecimiento de la futura plantación, dependerá de condición del almacigo utilizado (Rodríguez, 1990).

Considerando que actualmente se desarrolla un proyecto de producción de abonos orgánicos en la Finca Experimental Santa Lucía de la Escuela

* Profesores de la Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Proyecto Agricultura Sostenible, Finca Experimental Santa Lucía.

de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional se estableció un ensayo con el objetivo de evaluar la respuesta del almácigo de café variedad caturra (*Coffea arabica*) al abonamiento con lombricompost a base de estiércol de bovino.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Finca Experimental Santa Lucía, de la Universidad Nacional, ubicada en el distrito de Santa Lucía, Barva de Heredia, a una altura de 1250 msnm, una precipitación media anual de 2371,1 mm y una temperatura media de 19°C. El ensayo se estableció en Junio de 1995 en un suelo Andisol, algunas de cuyas características químicas se resumen en el Cuadro No 1.

Los tratamientos evaluados fueron dos dosis de lombricompost de estiércol de bovino de 16 y 8 l/m² y una dosis de fertilización química de 780 Kg N/ha, 1066 Kg P₂O₅/ha y 453 Kg K₂O/ha.

Los tratamientos se ubicaron en parcelas de 1,5 m x 5 m (7,5 m²) y en cada parcela se sembraron 80 plantas de café de la variedad Caturra en manquito.

En los tratamientos con lombricompost se dividió la dosis total en cuatro aplicaciones parciales efectuadas cada dos meses a partir de la siembra y hasta el mes de diciembre de 1995. El compost se aplicó distribuyendo la dosis en la base de cada planta.

En los tratamientos de fertilización química, la dosis se dividió en dos aplicaciones, una con fórmula 12-28-

8 de 1100 Kg/ha y otra con 20-7-12-3-2 (1400 Kg/ha) y además nutrán (1100 Kg/ha) respectivamente. La cantidad y tipo de fertilizante fueron las mismas determinadas para un almacigal existente en la finca.

De la población total de cada tratamiento se tomaron 24 plantas al azar y en ellas se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo a la primera horqueta y número total de horquetas. Esta evaluación se hizo en el mes de junio de 1996, antes del transplante.

Como complemento de la información se efectuó un análisis foliar de plantas muestreadas al azar en cada tratamiento antes de la poda de raíz.

El manejo del cultivo fue igual en todos los tratamientos: se aplicaron deshierbas manuales, aplicaciones foliares de cobre, zinc, boro, magnesio y aplicaciones preventivas de sulfato de cobre, fermate y una de benomyl.

En verano se aplicó riego por aspersión y dos meses antes de la época del transplante se efectuó una poda de la raíz pivotante.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro No 2 se puede observar que no existe diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos químico y la dosis menor de lombricompost para ninguna de las variables evaluadas, sin embargo se encontró diferencia significativa entre la dosis mayor de lombricompost y los otros tratamientos para las variables altura de planta y número de horquetas, y en cuanto al diámetro de tallo no hubo diferencias con el tratamiento químico.

mico, no así con la dosis menor de lombricompost.

Los resultados indican que el lombricompost, aún en la dosis menor provocó una respuesta satisfactoria en crecimiento y desarrollo de las plantas, comparada con el manejo tradicional de la fertilización química del almácigo.

Al respecto Cadena (1983) informa haber obtenido plantas más vigorosas y menos afectadas de chasparria (*Cercorpora cofficola*) abonando plántulas de café con pulpa de café descompuesta.

Santinato *et al.* (1978), informan que la gallinaza, cachaza y pulpa de café utilizadas en un 15, 30 y 45% respectivamente como sustrato en almácigo de café provocaron resultados satisfactorios en la planta, tanto en peso seco de la parte aérea, como en peso seco de la raíz, lo cual guarda relación con los datos obtenidos en este estudio.

Campos (1985), informa que el uso de enmiendas orgánicas tales como gallinaza, pulpa de café y cachaza de ingenios tuvieron efecto sobre la altura y diámetro de la planta y en el número de horquetas o pares de bandolas en plantas en almácigo.

En el Cuadro No. 2 puede observarse que cuando se utilizó lombricompost en cualquiera de sus dosis, se presentó un aumento en el diámetro de tallo y número de horquetas en la planta, en relación al tratamiento químico. Esto se relaciona con una mayor absorción de nutrientes en estos tratamientos, como se desprende de los datos del Cuadro No. 3.

Puede notarse también que la concentración de los nutrientes en las hojas del café se encuentra dentro de los ámbitos considerados adecuados para

el cultivo (Cuadro Nos. 3 y 4), lo que indica que la cantidad de estos elementos aportada por todos los tratamientos fue suficiente para suplir las necesidades de la planta.

Uno de los problemas del uso de los abonos orgánicos es la dosificación, ya que la composición química y el contenido de humedad del material fluctúan a través del tiempo, como puede observarse en los Cuadros 5 y 6, en donde por ejemplo, se muestran variaciones en la dosis que van desde 5655,5 Kg materia seca/ha hasta 27314 Kg materia seca/ha para cada aplicación de la dosis mayor de lombricompost. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta prueba demuestran el efecto beneficioso del uso del lombricompost en el desarrollo de las plantas de café en almácigo, probablemente relacionado con una liberación más lenta pero continua de los nutrientes al suelo, lo que garantizaría un aporte menos fluctuante de estos a la planta durante todo su ciclo, lo cual no sucede cuando se utiliza el fertilizante químico.

Debe también considerarse el aporte de los abonos orgánicos en el aumento de la retención de humedad del suelo lo que puede haber favorecido una absorción mejor de los nutrientes por la planta, sobre todo en un suelo con un drenaje rápido como es el utilizado en este estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de abonos orgánicos es una opción que se presenta al agricultor para el manejo de la fertilización del

Cuadro No. 1. Resultados del análisis de suelo para la parcela de almácigo de café.

SUELO	pH	pH	Acidez int.	P	Ca	Mg	K	Cu	Fe	Mn
	(H2O)	KCL	cmol (+)/Kg	ppm--1	cmol (+)/Kg			ppm -1		
SANTA LUCIA	5,9	4,9	0,2	23	5,25	1,66	1,26	0,5	15	1,0

Cuadro 2. Valor promedio de las variables evaluadas en café de acuerdo al tratamiento aplicado.

TRATAMIENTO PLANTA	ALTURA DE (cm)	DIAMETRO DE TALLO (cm)	NUMERO DE ORQUETAS
Lombricompost dosis alta	40,00 a *	0,79 a	6,13 a
Lombricompost dosis baja	31,38 b	0,68 ab	5,25 b
Trat. Químico	31,38 b	0,63 b	4,88 b

*Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes según prueba de Duncan (a = 0,05). Dosis alta = 16/m²; Dosis baja = 8/m²

* Fuente: Hernández, D; Montes de Oca, P; Villalobos, C. Respuesta del almácigo de Café var. Caturra al abonamiento con lombricompost de bovino. Escuela Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. Costa Rica. 1996.

Cuadro 3: Resultados del análisis foliar realizado a plantas de almácigo de café según tratamiento.

TRATAMIENTO	PORCENTAJE					mg/Kg			
	N-TOTAL	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Lombricompost dosis alta	3,24	0,15	2,51	1,28	0,34	314	28	21	97
Lombricompost dosis baja	3,14	0,16	2,48	1,27	0,33	227	10	16	107
Químico	3,08	0,13	2,69	1,26	0,34	164	8	13	160

Cuadro 4. Ambitos adecuados de nutrientes en los tejidos para el café en producción.

N	P	K	Ca	Mg	S
----- % -----					
2,3-3,0	0,12-0,20	2,0-2,5	1,0-2,5	0,25-0,40	0,10-0,20
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
----- ppm -----					
40-75	10-25	70-125	50-300	12-30	1,10-0,50

Fuente: Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo.

Cuadro 5. Porcentaje de materia seca y cantidad de materia seca aplicada por litro de lombricompost usado en cada fertilización.

LOMBRICOMPOST	% MATERIA SECA	g. MAT. SECA /l
Fertilización 21-6-95	22,50	141,39
Fertilización 21-8-95	38,84	271,88
Fertilización 24-10-95	90,15	676,49
Fertilización 14-12-95	91,00	682,86

Cuadro 6. Variación en el % de materia orgánica y % de N - total en los lombricompostes utilizados en la primera y segunda fertilización en café en almácigo.

LOMBRICOMPOST	% MATERIA ORGANICA	% N - TOTAL C/N	
Fert. 21-6-95	42,88	2,52	9,89
Fert. 21-8-95	30,82	1,26	14,22

cultivo. Aparte del beneficio económico que puede derivarse de su uso, es importante considerar el aporte que estos sustratos pueden dar a la sostenibilidad del sistema de producción. Como se demuestra en este trabajo, puede obtenerse en el café en almácigo un desarrollo mejor utilizando el lombricompost de estiércol de bovino, que con el manejo tradicional de la fertilización química.

Es importante en el caso de los abonos orgánicos, establecer pautas de almacenamiento y manejo que lleven a mantener un material más estable en cuanto a contenido de humedad y composición química con el fin de poder afinar el concepto de la dosificación, para establecer recomendaciones aplicables al manejo del café en su etapa de almácigo.

ABSTRACT

This essay was carried out to evaluate the response of coffee seedlings caturra variety to the fertilización with earthworm compost based on bovine manure.

Two doses of earth worm compost were compared to a dosis of chemical fertilizer.

The results show a statistical significant difference between the higher dosis of earthworm - compost and the other treatments for the variables plant height and number of branches points, and the stem diameter with the chemical treatment.

It is concluded that the earthworm compost, even at the lower dosis had positive response on growth and development of coffee plants compared

to the traditional way with chemical fertilization.

BIBLIOGRAFIA

- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. p. 37.
- CADENA, G.A. 1983. Uso de la pulpa de café para el control de la mancha del hierro en almácigo. CENICAFE. Caldas, Colombia. Vol 33 (3) .
- CAMPOS, E. 1985. Fertilización del café con materia orgánica. Noticiero del café, Instituto del Café. San José, Costa Rica. 1 (1-2).
- HARA, T. 1974. Ensaio de abudacao mineral e organica para la formacao do cafezais en solos vegetacas de cerrao. Resumos II Congreso Brasileiro sobre Pesquisa cafeiras. Pocos de Caldas, Brazil, 392 p.
- RODRIGUEZ, O. 1990. Evaluación de programas de fertilización de almacigales de café en el cantón de Pérez Zeledón. ICAFE Boletín. Técnico 53 (1):1.
- SANTINARO, R., et al 1978. Estudios preliminares para aproveitamento de noras fontos de materia organica. Ma producas de mudas c'e formacao de cafeiro. Resumo II Congresos Brasileiro pesquisas cafeiras. Ribeirco Preto. Sao Panto, Brasil 414 p.

FERTILIZACION DE CAFE A PLENA EXPOSICION SOLAR Y CON SOMBRA REGULADA

J. E. Ramírez¹

RESUMEN

En la finca El Mirador ubicada en San Isidro de Heredia (Costa Rica) se evaluó el efecto de la fertilización con niveles crecientes de fórmula química (N-P-K-Mg-B) y un tratamiento con solo N sobre la producción de cafetos establecidos a plena exposición solar y con sombra regulada.

Se encontraron diferencias significativas para niveles de fertilización, parcelas al sol y con sombra, y en el contenido de nutrimentos en el suelo. La mayor producción se obtuvo con la aplicación de 990 kg/ha/año de fórmula completa más la adición de 215 kg/ha de Nitrato de Amonio (33% N) en las parcelas establecidas a plena exposición solar. Los tratamientos al sol producen más que su equivalente con sombra, excepto en el testigo. En los tratamientos manejados bajo sombra regulada se encontró mayor contenido de Ca y Mg con respecto a las parcelas al sol.

Palabras claves: Fertilización, suelos, sol y sombra, manejo, *Coffea arabica*, Costa Rica.

INTRODUCCION

El manejo de sistemas de cultivo de café a plena exposición solar o con sombra, involucra la interacción de factores ambientales, las condiciones de fertilidad del suelo y el manejo agronómico del cultivo. Cuando se establecen plantaciones en lugares que presentan condiciones de clima favorables y se utilizan tecnologías modernas de cultivo, las características químicas y físicas de los suelos y las estrategias de fertilización que se aplican, constituyen un factor crítico

en la respuesta productiva del cafeto sea con el cultivo al sol o con sombra. No obstante se conoce que la demanda de nutrientes varía entre sistemas, así mismo la reserva de nutrientes en el suelo puede resultar diferente debido al condicionamiento en la fenología del cafeto que establece cada uno de los sistemas de cultivo (Carvajal, 1984., Ramírez 1993., Segura, 1994., Suárez de Castro, 1961).

Por eso el estudio de la respuesta productiva del cafeto en condiciones de plena exposición solar y con sombra regulada aplicando diferentes estrate-

¹ Ingeniero Agrónomo, Investigador Cultivo de Café, Instituto del Café de Costa Rica

gias de fertilización, mantiene una perspectiva de interés meridiano sobretodo cuando se contempla prioritariamente la posibilidad de establecer pautas de manejo que permitan adecuar la demanda de nutrientes por parte de las plantas y atenuar el deterioro acelerado de la fertilidad mediante las reservas potenciales de nutrientes en los suelos.

Con base en estas consideraciones se estableció un experimento para determinar la respuesta productiva del cafeto a la fertilización química con niveles crecientes de fórmula completa y un tratamiento con solo nitrógeno a plena exposición solar y con sombra regulada.

Localización del estudio:

El experimento se realizó en la finca El Mirador ubicada en el distrito San Francisco, cantón de San Isidro, provincia de Heredia, a una elevación de 1375 msnm, con precipitación anual promedio de 2100 mm, temperatura promedio de 20°C y un suelo que corresponde a Typic Dystrandep. La plantación está conformada por el cultivar Caturra establecida en 1987, con distancias de siembra de 1,90 m entre hileras y 0,80 m entre plantas, formadas a 2 ejes ortotrópicos y manejo de un ciclo de poda de 5 años.

Diseño experimental:

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Sol y sombra como parcela principal y niveles de fertilizante como sub-parcela. Los resultados fueron sometidos a la prueba de Duncan con una probabilidad del 5%.

TRATAMIENTOS

1. Testigo sin fertilización
2. 330 F.C. + 570 N.A.
3. 660 F.C. + 390 N.A.
4. 990 F.C. + 215 N.A.
5. 1320 F.C. + 37 N.A.
6. 750 N.A.

-Niveles de fertilizante químico en kg/ha/año

-F.C. = Fórmula Completa (18-5-15-6-2) dividida en 2 épocas (mayo, agosto) y extra nitrogenada hasta completar 250 kg N/ha/año.

-N.A. = Nitrato de Amonio (33,3% N) dividido en 3 épocas (mayo, agosto, octubre)

-50% del lote experimental manejado a plena exposición solar. 50% con sombra regulada de *Erythrina fusca*, establecida a distancias de 7,6 m x 6,4 m. Se poda una vez por año en el mes de agosto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de niveles superiores de fertilización con fórmula completa. Se destaca principalmente el nivel de 990 kg, dado que en el efecto de la interacción niveles sol/sombra se constituye en el mejor tratamiento por producción. Así mismo cuando la dosis de fertilizante sobrepasa este nivel, la tendencia productiva tiende a decrecer tal como lo presentan los datos del Cuadro 1 para niveles y lo muestra la Figura 1 para la interacción.

Cuadro 1. Efecto de la dosis de fertilizante sobre la producción de café cereza. Heredia, Costa Rica. (Promedio de ocho períodos de cosecha).

TRATAMIENTOS (kg/ha)	PRODUCCION (fan/ha)	PORCENTAJE (%)	EFFECTO
990 F.C. + 215 N.A.	56,4	219	a
1320 F.C. + 37 N.A.	55,4	215	a
660 F.C. + 390 N.A.	50,5	196	b
750 N.A.	50,3	195	b
330 F.C. + 570 N.A.	46,1	179	c
Testigo	25,8	100	d
SOL	49,0	100	a
SOMBRA	45,9	94	b

c.v.= 11,64%. Duncan al 5%.

Estos datos concuerdan bastante con los resultados obtenidos en experimentos anteriores realizados en otras zonas cafetaleras de Costa Rica (ICAFE-MAG, 1990. Jiménez y Ramírez, 1987) según los cuales, en sistemas de cultivo intensivo las mayores cosechas se logran cuanto el nivel de fertilización con F.C. alcanza un límite superior cercano a 1000 kg/ha/año con adición extra de N. (ICAFE-MAG, 1989).

En un estrato productivo inferior se ubican los tratamientos que llevan 660 kg de F.C. y la fertilización con solo N. Sin embargo, la cosecha promedio que se obtiene con estas alternativas sugiere la posibilidad de lograr buenas producciones reduciendo la cantidad de fertilizante por aplicar en 13% con F.C. y en 38% con N. Así mismo, se plantean las alternativas de orientar estrategias de fertilización ya sea con fórmulas integradas por varios elementos o siguiendo una sola

vía de fertilización nitrogenada. Cabe agregar que los resultados del experimento ratifican el papel preponderante del N en la productividad del café encontrado en otros estudios, dado que la aplicación de fertilizante nitrogenado en este ensayo incrementó la producción en 95% respecto al testigo (ICAFE-MAG, 1990. Ramírez, 1997). Esta observación sugiere atribuir activa participación del N en las cosechas obtenidas con niveles altos de F.C., toda vez que la aplicación de los mismos implica la edición proporcional en cada caso de 250 kg N/ha/año.

Por su parte el aumento productivo que conlleva la fertilización con 330 kg de F.C. respecto al testigo, destaca la importancia de la fertilización del café aún cuando se aplique dosis baja de fertilizante.

En la comparación general para los sistemas al sol o con sombra, se detectaron diferencias significativas con

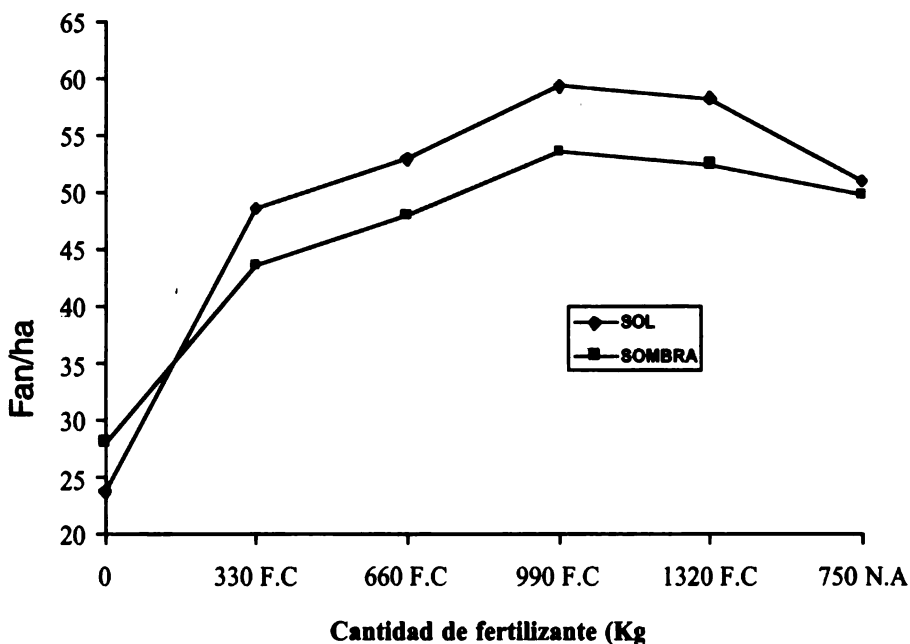


Figura 1. Efecto de la interacción sombrío/nivel de fertilizante sobre la producción de café cereza. Heredia, Costa Rica. Promedio de ocho cosechas. (Significativo al 1%)

mayor producción en la parcela principal a plena exposición solar, no obstante en términos productivos este incremento es apenas del 6% con tendencia de los últimos años a disminuir la diferencia. Así mismo en la determinación del efecto de la interacción por niveles al sol y con sombra, se encontraron diferencias favorables en las parcelas al sol y con F.C., donde la mayor producción equivalente al 10% se alcanza para el tratamiento con 990 kg. La diferencia en la interacción para el tratamiento con solo N es mínima mientras que el testigo con sombra supera a su alternativo al sol en 15%.

En principio estos resultados confirman que el cultivo al sol mostrará ventaja en cuanto a cosecha en suelos

con buena fertilidad natural y cuando se añaden los nutrimentos a las plantaciones en cantidades apropiadas, lo que reduce a la vez participación al efecto de la sombra sobre la producción (Carvajal, 1984., Ramírez, 1993). Sin embargo, en condiciones del presente experimento, las diferencias a favor del cultivo al sol fueron marcadas durante los primeros años del estudio siendo menos evidentes conforme los árboles de sombra adquirieron mayor fuste y se adecuaron convenientemente las condiciones del sistema.

Mediante los datos del análisis de suelos y su comparación estadística para niveles y sistemas de cultivo que se presenta en el cuadro 2, se detectaron diferencias en las características químicas actuales del suelo.

Cuadro 2. Análisis de suelos para niveles de fertilización y sistema de manejo. Heredia, Costa Rica. 1997.

Análisis	pH		cmol(+)/L				mg/L					
	H ₂ O	Ca	Mg	K	ACIDEZ	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	
Testigo	5,5 a	6,9 a	1,8 a	0,67 ab	0,72 b	10,15 a	11,0 c	20,9 ^m	205 b	6,6 b	3,2 ^m	
330 kg F.C.	4,8 b	3,9 b	1,4 abc	0,55 b	1,96 a	7,76 b	13,4 bc	24,3	309 a	18,1 a	3,2	
660	4,8 b	3,1 b	1,2 bc	0,61 ab	2,20 a	7,14 b	16,6 ab	21,5	333 a	21,7 a	3,3	
990	5,0 ab	4,0 b	1,7 ab	0,62 ab	1,59 ab	7,92 b	18,3 a	24,2	303 a	14,7 ab	3,4	
1320	4,7 b	3,8 b	1,4 abc	0,72 a	1,50 ab	7,42 b	18,9 a	22,4	308 a	19,2 a	2,9	
750 kg N.A.	4,5 b	3,5 b	0,9 c	0,35 c	2,41 a	7,15 b	13,3 bc	23,2	368 a	19,5 a	3,3	
SOL	4,8 ^m	3,4 b	1,1 b	0,50 ^m	2,1 ^m	7,18 b	15,1 ^m	22,2 ^m	315 ^m	16,1 ^m	3,1 ^m	
SOMBRA	4,9	5,0 a	1,7 a	0,67	1,3	8,66 a	15,5	23,3	294	17,2	3,3	

Duncan al 5%.

Esta infomación se puede ordenar de la siguiente manera:

pH	Testigo > 990 F.C. > 660 F.C. = 330 F.C. = 1320 F.C. = N.A. Sombra = Sol
Ca	Testigo > Niveles F.C. = N.A. Sombra > Sol
Mg	Testigo > 990 F.C. > 330 F.C. = 1320 F.C. > 660 F.C. > N.A. Sombra > Sol
K	1320 F.C. > Testigo = 660 F.C. = 990 F.C. > 330 F.C. > N.A. Sombra = Sol
Acidez	N.A. = 660 F.C. = 330 F.C. > 990 F.C. = 1320 F.C. > Testigo Sombra = Sol
CICE	Testigo > Niveles F.C. = N.A. Sombra > Sol
P	1320 F.C. = 990 F.C. > 660 F.C. > 330 F.C. = N.A. > Testigo Sombra = Sol
Fe	N.A. = 330 F.C. = 660 F.C. = 330 F.C. = 1320 F.C. = 990 F.C. > Testigo Sombra = Sol
Mn	660 F.C. = 750 N.A. = 1320 F.C. = 330 F.C. > 990 F.C. > Testigo Sombra = Sol

En las parcelas sin fertilización se encontraron los mayores contenidos de Ca y Mg, y el K únicamente es superado por el tratamiento con 1320 kg F.C., destaca el valor más bajo de acidez que alcanza el testigo, mientras que los contenidos de P, Fe y Mn son bajos aunque sin llegar a disminuir hasta niveles críticos. Estos datos indican mayor reserva de bases en el suelo posiblemente por menor requerimiento de las plantas para crecimiento y producción, así mismo estas parcelas no fueron sometidas al efecto acidificante de los fertilizantes, además manifiestan el resultado de no haber recibido P y una menor disponibilidad de Fe y Mn asociada con el aumento del pH.

En cuanto a los niveles de fertilización con F.C. se aprecia el mayor aporte de P y K mediante la aplicación de 1320 kg F.C. y su relación con el óptimo requerido para mayor cosecha con 990 kg F.C. En cuanto a la interpretación individual para otros niveles se considera necesario realizar una discusión más extensa la cual será motivo de una futura presentación sobre el tema.

En las parcelas con fertilización nitrogenada el contenido de las bases se reduce notablemente inclusive hasta el rango crítico para el caso de Ca y Mg; la acidez aumenta mientras que el P resulta tan bajo como en el testigo; por su parte Fe y Mn aumentan respecto a otros tratamientos. Los datos indican un deterioro en la reserva de varios nutrimentos en el suelo por mayor demanda de las plantas para crecimiento y producción sin restitución de los mismos al suelo por medio del fertilizante, más aún, la mayor

acidez contribuye a reducir la disponibilidad de bases y acentúa la fijación de P en el suelo. El valor superior del pH sugiere menor disponibilidad de los cationes menores, tal como lo manifiestan los datos para Fe y Mn.

La comparación general para el contenido de nutrimentos en parcelas al sol y con sombra indica diferencias significativas, los valores para Ca, K y la CICE fueron mayores en los tratamientos manejados con sombra, lo que muestra un efecto favorable en la condición química del suelo bajo este sistema. Estos beneficios se atribuyen a la participación de varios factores convergentes de posible acción directa e indirecta: una demanda menos intensiva de nutrientes debido a una condición más favorable de los cafetos desde el punto de vista fotosintético, disminución en la intensidad del lavado de nutrimentos del suelo, la acción fertilizante del material de poda de los árboles y el fertilizante químico adicionado per se. Estos factores pueden contribuir con diferente grado de participación a mejorar las reservas de los nutrimentos en el suelo (Carvajal, 1984).

CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para niveles. La mayor producción se obtuvo mediante la fertilización con 990 kg de fórmula completa y suministro adicional con 215 kg de Nitrato de Amonio.
2. Los tratamientos con 660 kg F.C. + 390 N.A. y la fertiliza-

ción nitrogenada constituyen un segundo grupo estadístico con buenos promedios de cosecha, reduciendo la cantidad de fertilizante por aplicar en 13% y 38% respectivamente.

3. Mediante la fertilización con solo N, el nivel de las bases (Ca, Mg, K) se reduce y se provoca un acentuado efecto acidificante en el suelo, lo que limita la posibilidad de optar por esta alternativa de fertilización.
4. La fertilización con N incrementa la producción en 95% respecto al testigo, lo que sugiere considerar un papel preponderante del N en los resultados de cosecha con fórmula completa.
5. Se encontraron diferencias significativas para la comparación general sol/sombra. El cultivo al sol aumenta la producción en 6% respecto a la sombra.
6. Se detectaron diferencias para la interacción niveles al sol y con sombra. Los tratamientos con F.C. al sol producen más que los correspondientes con sombra. La diferencia entre los tratamientos con solo N resulta mínima, mientras que el testigo con sombra supera a su alternativo al sol en 15%.
7. Se determinaron diferencias significativas entre niveles de fertilización para el contenido de nutrientes en el suelo: Ca, Mg, K, P, Fe y Mn. El testigo presenta mayor contenido de Ca, Mg y un alto nivel de K mientras que Fe y Mn son más bajos. En los suelos de las par-

celas con solo N ocurrió el efecto inverso. Para niveles de F.C. se presentó una condición variable. Los tratamientos manejados bajo sombra regulada mostraron mayor contenido de Ca y Mg con respecto a las parcelas al sol.

BIBLIOGRAFIA

- CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto-Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. 2 da. ed. Berna, Suiza. 254 p.
- JIMENEZ, E., RAMIREZ, J.E. 1987. Fertilización de café a plena exposición solar y bajo sombra regulada. IX Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. Tapachula (México). IICA-PROME-CAFE. p. 47-51.
- PROGRAMA COOPERATIVO ICAFE-MAG. 1990. 40 años de Investigación y Transferencia de Tecnología en Café. San José (Costa Rica). 68 p.
- PROGRAMA COOPERATIVO ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. San José (Costa Rica). 122 p.
- RAMIREZ, J.E. 1997. Fertilización con fuentes de nitrógeno. Informe anual de labores 1996. San José (Costa Rica). En prensa.

RAMIREZ, L.G. 1993. Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana*. *Erythrina in the New and Old Worlds*. Westley SB and Powell MH (eds). Paia, Hawaii. p. 121-124.

SEGURA, A. 1994. Cuantificación del aporte de materia seca y

nutrimentos del material de poda en cafetales al sol y bajo sombra regulada. ICAFE-MAG. Informe anual de labores 1993. San José (Costa Rica). p. 11-16.

SUAREZ DE CASTRO, F. 1961. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. (Turrialba) *Café* 3 (10): 81-102.

FACTORES NUTRICIONALES ASOCIADOS A LA EXPRESIÓN DE LA CORCHOSIS RADICAL EN CAFÉ

*Floria Bertsch'
Carlos Henríquez'
Floria Ramírez'
Edgar Vargas²
Oscar Ortiz³
Odilio Rivera³
Rolando Picado³*

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el corroborar la posible relación entre diversas variables químicas de suelo y de manejo nutricional, con la enfermedad en café, conocida como corchosis radical. Se realizó un estudio de reconocimiento en la Hacienda Juan Viñas (provincia Cartago, Costa Rica) y un ensayo bajo condiciones de invernadero con un suelo de misma zona proveniente de un lote afectado por la enfermedad. Para la fase de reconocimiento se utilizó un muestreo de áreas afectadas y no afectadas con el fin de establecer la comparación entre ambas condiciones. En la fase de invernadero, se sembraron plantas de café de 9 meses, en macetas de 5 L con el suelo afectado; se aplicaron cinco tratamientos (+Cal, +Compost, +Mn, +Zn y +Fe) además del testigo, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las plantas, sus raíces y el suelo fueron evaluados a los 6 y 12 meses. Las variables de planta evaluadas fueron daño de la raíz, peso seco radical y parte aérea. Además se contó con las variables químicas del análisis de suelo y planta, para cada una de las unidades experimentales. En la comparación de los 10 lotes muestreados, se observó una alta correlación entre la incidencia de la enfermedad y los valores altos de acidez, niveles bajos de pH, y contenidos escasos de materia orgánica; no se encontró ninguna relación con el análisis de planta realizado. En invernadero, en las dos evaluaciones realizadas, se encontró un efecto benéfico de la aplicación de cal sobre los índices biológicos; el tratamiento +Fe, en tanto, presentó los valores más bajos del estudio para estas variables. Los tratamientos +Mn, +Zn y + Compost, estuvieron en una categoría intermedia, muy semejante al testigo y no se encontraron argumentos sólidos para concluir al respecto. Aquí tampoco se observó ninguna relación congruente entre el aspecto aéreo, los valores de análisis foliar

¹ Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

² Laboratorio de Fitopatología, Universidad de Costa Rica

³ Hacienda Juan Viñas, Jiménez, Cartago

y el daño encontrado en las raíces, por lo que se limitó mucho la utilización de esta herramienta para el diagnóstico de la enfermedad y se sugiere la necesidad de efectuar diagnósticos directos de las raíces, principalmente en plantaciones jóvenes en el campo. También se observó a través del tiempo una disminución significativa de los valores del Ca intercambiable en el suelo de hasta el 40%, durante el período de la investigación, lo cual pudo ser debido al lavado y a la absorción por parte de la planta. Al comparar el testigo con el tratamiento +Ca, en todo momento se encontró una diferencia en el % de saturación de acidez de un 50%. Como alternativas para evitar la predisposición nutricional a la corchosis radical y con base en las condiciones de la zona y los valores de Mg presentes en el suelo se recomienda, en primer lugar la utilización de enmiendas (carbonato de calcio o dolomita, según el caso). Debido a la alta cantidad de cosechas sucesivas de café que se realizan en la zona por ciclo, también se sugiere un mayor fraccionamiento de la fertilización química de modo que contraresta el estrés que se produce en estas épocas de alto consumo de nutrimentos.

Palabras claves: Corchosis, factores asociados, raíces, nutrición, Costa Rica

INTRODUCCION

El aumento de las áreas afectadas por el decaimiento prematuro de las plantas de café luego de su primera cosecha fuerte y la dificultad para establecer algún agente causal directo de este problema, ha motivado la necesidad de explorar otros componentes del sistema de producción, en este caso los factores nutricionales del suelo que pudieran guardar alguna relación con la expresión de la corchosis.

Los antecedentes que existen sobre este problema, nombres que recibe, sintomatología, y agentes que han sido asociados en forma preliminar con esta enfermedad, se resumen en el Cuadro 1. La información proviene de un encuentro científico propiciado por PROMECAFE durante el año 1996 que reunió la experiencia al respecto de los países centroamericanos y el Caribe sobre el tema (IICA-PROMECAFE, 1996).

Desde el punto de vista patológico no se ha podido responsabilizar en forma contundente a un mismo y/o único organismo de los síntomas descritos (IICA- PROMECAFE, 1996; Negrón y Acosta, 1989; Marbán, 1989; Lutzeyer y Pülschen, 1994). Los organismos que se han encontrado con más frecuencia asociados con la corchosis son *Fusarium* y *Meloidogyne*, y se reportan más en conjunto que aisladamente (IICA-PROMECAFE, 1996). Por ejemplo, la inoculación de *F. oxysporum* sobre plantas de café afectadas por *M. incognita*, bajo condiciones de invernadero en Puerto Rico, agravó el daño del nematodo y causó muchos de los síntomas atribuidos a esta enfermedad (Negrón y Acosta, 1989).

Dado que el enfoque reduccionista causa-efecto ha resultado limitado para enfrentar el problema, la aplicación de una visión mucho más integral de la interacción planta, patóge-

no y ambiente (Huber, 1996), que involucre la identificación y priorización de los factores que inciden en el funcionamiento del sistema como un todo, resulta una nueva alternativa.

En esta línea, se decidió efectuar en la Hacienda cafetalera Juan Viñas, Jiménez, Cartago, una revisión y análisis de los factores básicos de manejo y una exploración de las condiciones nutricionales del suelo, ligadas al fenómeno de corchosis. Para ello se realizaron evaluaciones bajo condiciones de campo e invernadero, con el fin de identificar aquellas prácticas nutricionales que, efectuadas en forma complementaria, pudieran disminuir en alguna medida la predisposición ambiental hacia la presente enfermedad.

MATERIALES Y METODOS

Etapas exploratoria de lotes en campo

Se efectuó un muestreo sistemático de suelos y foliar en 5 lotes identificados como afectados por corchosis, y en 5 lotes sanos. En general, el problema se presenta en parches, por lo que en algunos lotes es posible encontrar las dos condiciones muy cercanas.

Todos los análisis efectuados en este experimento se realizaron en el Laboratorio de Análisis del Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

Etapas de invernadero:

Sobre suelo proveniente de un lote en el que los síntomas de "corchosis" se habían evidenciado ampliamente, se establecieron plantas de café de la va-

riedad Caturra, de aproximadamente 9 meses de edad (almácigo), en macetas de 5 L de capacidad. Esto significa que en cada maceta quedó un par de ejes.

Los tratamientos establecidos fueron:

Un Testigo, al que se le realizó, en la medida de lo posible, las mismas prácticas que en la finca, y otros 5 tratamientos a los que se les aplicó en forma individual un factor adicional al momento de la siembra:

1. **Cal**, en una dosis correspondiente a 4 t de $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{ha}$ (12,5 g/pote), colocado en la superficie de los potes
2. **Fe**, en dosis de 700 ppm de Fe, como solución líquida de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
3. **Mn**, en dosis de 300 ppm de Mn, como solución líquida de $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
4. **Zn**, en una dosis de 9 kg/ha de Zn, aplicado en forma granular como ZnSO_4
5. **Compost**, en una dosis correspondiente a 40 t/ha (100 g/pote), colocado en la mitad del pote, del producto elaborado en la propia Hacienda, y cuya composición se anota en el Cuadro 2.

En lo referente al resto de las prácticas estos tratamientos se manejaron en igual forma que el testigo.

Cada tratamiento se repitió 4 veces y el experimento se distribuyó en el invernadero como un bloques completos al azar. Esta decisión se tomó para considerar la variación normal que se presenta en el material de almácigo usado para la prueba. En el bloque I se ubicaron las plantas de menor ta-

Cuadro 1. Nomenclatura, sintomatología y factores asociados a la expresión de Corchosis radical en café.

Nombres de la enfermedad	
<ul style="list-style-type: none"> - Mal de Viñas, Síndrome del decaimiento letal - Guatemala - Corchosis - Costa Rica Clorosis típica, Fusariosis y Marchitez lenta - Nicaragua - Otros: Marchitez Vascular, La Muerte Vestida 	
Sintomatología	
<p>Distribución</p> <ul style="list-style-type: none"> - en parches o focos <p>Síntomas Aéreos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - decoloración, clorosis, amarillamiento - defoliación sistemática de las plantas, paloteo - necrosamiento de ramas y frutos - decaimiento lento de la planta - marchitez, flacidez - grupos de entrenudos cortos y grupos de entrenudos largos (ataque cíclico?) 	<p>Síntomas radicales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - corchosis, alta concentración de agallas y lesiones - deformación, engrosamiento basal de la raíz, raíz principal bifurcada - escasez de raicillas - raíces primarias y secundarias con coloraciones café oscuro - pudrición de la raíz, deterioro y muerte del tejido cortical - obstrucción del sistema de transporte
Factores asociados	
<p>Organismos asociados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>coffae</i> - Nematodos de la raíz: <i>Meloidogne</i> y <i>Pratylenchus</i> - Cochinillas - <i>Rosellinia</i> sp. - <i>Phyllophaga</i> sp. <p>Varietades afectadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caturra - Catuaf - Catimor: 5175 - Varietades injertadas - Canephora - Bourbon - Robusta <p>Factores predisponentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mayor intensidad lumínica - mayor fotosíntesis-estrés fisiológico - degradación del suelo-erosión - dispersión por escorrentía de hongos y nematodos - disminución de micro flora y fauna benéfica - deficiente asimilación de nutrientes - estrés de producción de las plantas 	<p>Manejo inadecuado del cafetal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mal manejo de la sombra: poca, cafetos con sombra de montaña - manejo intensivo: altos insumos, sin o con poca sombra - mala siembra: "cola de chancho", sobrecultivo - estrés tecnológico produce predisposición (modelo de producción y manejo) <p>Condiciones de suelo asociadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - alta acidez de los suelos - niveles tóxicos de aluminio - baja fertilidad de suelos - desbalance nutricional - desbalance de K en el suelo - alto contenido de manganeso en el suelo - bajo contenido de materia orgánica - suelos pesados - suelos poco profundos

maño y en el IV las más grandes. Las otras dos repeticiones se sembraron con plantas intermedias. A los 6 meses fue cosechada, obser-

vada y analizada en detalle la repetición correspondiente al bloque III, y a los 12 meses se evaluaron de igual manera las 3 repeticiones restantes.

Cuadro 2. Composición mineral del compost de la Hacienda Juan Viñas.

%					mg/kg			
N	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
1.49	1.03	2.4	0.37	0.4	33467	160	230	823

La principal variable utilizada como indicadora de la presencia o no de corchosis fue el **aspecto radical o daño radical**, evaluada visualmente con una escala de 0 a 3, (0=sin daño, 3=con mucho daño). El valor presentado corresponde al promedio de la observación de 5 personas diferentes. También se evaluó el peso fresco y seco de las raíces y de la parte aérea, la altura, el aspecto aéreo con una escala de 0 a 3 (0=mal estado, 3=excelente estado) y se efectuaron análisis químicos de suelos y foliares para cada unidad experimental.

Los nematodos son un factor clave señalado repetidamente en la evolución de este complejo, sin embargo por inconvenientes metodológicos, su acción no fue evaluada adecuadamente en este experimento. Por un lado, el programa de la finca incluye el uso de nematicidas, por lo que el producto fue aplicado en forma generalizada poco después de instalar el experimento. Se dejó un tratamiento sin aplicarle nematicida, sin embargo los resultados obtenidos en unos análisis preliminares realizados en la evaluación de los 6 meses, indicaron la presencia de poblaciones muy bajas (inferiores a 3000 nematodos/100 g de suelo) o nulas en todos los tratamientos inclusive el que no tenía ne-

maticida, por estas razones se excluyó la consideración de este factor.

RESULTADOS Y DISCUSION

Etapa exploratoria de lotes en campo

El principal problema que se le detectó al programa de atención nutricional que practica la finca se relaciona con el período de cosecha. Bajo las condiciones climáticas de la zona de Juan Viñas la floración presenta un patrón escalonado que genera un período de cosecha que puede alargarse hasta 6 meses, de julio a diciembre. Durante este lapso las actividades de la finca se concentran en la cosecha. También este fenómeno implica que cada planta es cosechada de 7 a 10 veces por año. Cada vez que una planta es sometida al proceso de cosecha es comprensible que sufra un estrés, que se acompaña de pérdida de hojas y por lo tanto, de disminución en su capacidad fotosintética. Si se compara la intensidad de este efecto con el que se puede dar en otras plantaciones que se cosechan en 2 ó 3 pasadas, resulta bien justificada la necesidad de atender con mayor consideración la nutrición de cafetales como los de Juan Viñas para evitar cualquier tipo de predisposición

hacia enfermedades. Lo tradicional es que el programa de la finca incluya una encalada después de la poda y 3 épocas de fertilización. Las 2 primeras, que contribuirán con el llenado de los frutos se efectúan después de los picos de mayor floración. Entre la segunda y tercera aplicación, a la cual se le recarga la preparación vegetativa para el próximo ciclo, transcurren hasta 5 meses, pues en ese tiempo se está efectuando la cosecha. Este pe-

ríodo podría estar resultando muy "estresante" para las plantas.

Como se puede observar en el Cuadro 3, en el que se presentan los resultados del análisis de suelos provenientes del muestreo preliminar para comparar lotes sanos y afectados, es claro que la condición promedio de los suelos de los lotes afectados es más limitante que la de los lotes sanos. Los problemas de acidez son evidentes y suficientemente acentuados.

Cuadro 3. Análisis de suelos promedio de lotes de café sanos y afectados con corchosis en la Hacienda Juan Viñas, Jiménez, Cartago.

LOTE	pH	cmol(+)/L						mg/L					
		acidez	bases	Ca	Mg	K	CICE	%SA	%MO	P	S	Fe	Mn
Sano	4.9	1.69	6.18	4.8	0.8	0.52	7.86	22	5.4	27	79	430	30
Afectado	4.5	3.4	4.67	3.5	0.7	0.48	8.05	43	4.7	40	57	411	55

El bajo pH propicia la solubilidad del Al, el cual, específicamente para café (Pino, 1977 (169); Pavan y Bingham, 1982; Aponte y Valencia, 1983), está demostrado que ocasiona un crecimiento pobre de la parte aérea y un patrón anormal de crecimiento de raíces (Aponte y Valencia, 1983). Niveles mayores a 16 ppm de Al en solución nutritiva inhiben la división celular en la raíz, propician la formación de macrocélulas en la corteza radical y ocasionan la curvatura de la raíz pivotante (Aponte y Valencia, 1983). La sección radical que más sufre el efecto del Al es el extremo apical debido a que por esta zona se produce la

mayor absorción del elemento (Salas, 1996); en maíz, esta punta corresponde a los 2 mm terminales (Ryan *et al.*, 1993).

Los contenidos de bases, Ca y Mg son inferiores a los niveles críticos establecidos (4 y 1 cmol⁽⁺⁾/L, respectivamente) y menores en los lotes afectados en relación con los lotes sanos. La alta extracción de bases por parte del cultivo y el fuerte lavado en suelos volcánicos bien estructurados, han sido previamente documentadas en plantaciones colombianas (Aponte y Valencia, 1983) y encafetales costarricenses con alta densidad y tecnología (Cabalceta y Bornemisza, 1996).

Altos contenidos de Al y bajas bases repercuten en % de saturación de acidez altos, que en este caso, como en promedio son superiores a 40%, indican claramente una fuerte limitación para el desarrollo adecuado de cafetos de alta productividad (Abruña, *et al.*, 1975 ; Bertsch, 1995).

El otro factor que destaca en el análisis de suelos son los bajos niveles de materia orgánica en ambas condiciones, e inferiores en los suelos afectados. Este evento aporta más evidencias del severo deterioro nutricional de estos suelos con gran influencia volcánica.

El Mn en los suelos afectados figura en niveles más altos que en los lotes sanos, en forma congruente con las condiciones de mayor acidez discuti-

das anteriormente para estos lotes (Iyengar, 1971). Excesos de Mn disponible en el suelo, mayores a 100 ppm han sido reportados como inductores de acucharamientos, clorosis, puntos necróticos, defoliación descendente y pérdida de cerezas en las bandolas productivas. Además, induce la deficiencia de Fe, al interferir con la absorción y utilización de este elemento (Iyengar, 1971).

En el Cuadro 4 en el que se comparan los análisis foliares, no es posible establecer diferencias importantes entre los lotes sanos y afectados. Los indicadores foliares no están reflejando la intensidad de los problemas radicales, de ahí la importancia de identificar nuevas variables para evaluar el problema.

Cuadro 4. Promedio de análisis foliares de lotes sano y afectado de café en la Hda. Juan Viñas.

LOTE	%					mg/kg					
	N	Ca	Mg	K	S	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Sano	2.78	1.24	0.38	2.14	0.17	0.21	133	42	15	193	44
Afectado	2.57	1.23	0.32	2.26	0.15	0.19	139	89	22	255	37

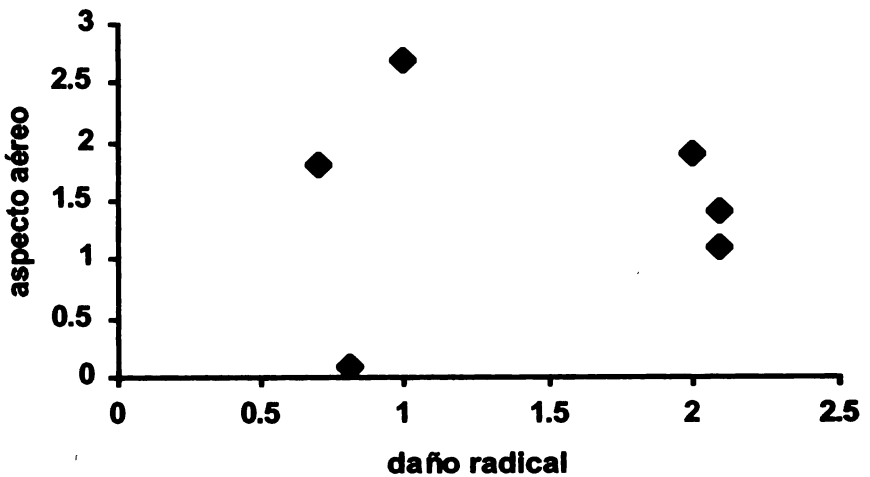
Etapas de invernadero:

En el período de evaluación se encontró una pobre relación entre el daño radical y el aspecto aéreo de las plantas (Figura 1), fenómeno que coincide con el comportamiento observado en otras oportunidades en el campo de que los problemas de raíz no se reflejan claramente en la parte aérea durante las primeras etapas de desarrollo de la enfermedad. Este detalle permite reforzar la importancia de efec-

tuar el diagnóstico de la enfermedad en el campo, principalmente en plantaciones jóvenes mediante la observación directa de las raíces.

De las observaciones visuales hechas en el invernadero durante la cosecha del experimento fue posible establecer en forma cualitativa que a más daño radical se presentaron coloraciones rojizas en las raíces, mayor número de raíces engrosadas y un menor volumen radical.

Figura 1. Relación daño radical-aspecto aéreo de planta de café sembradas en invernadero.



En el Cuadro 5 se presentan las variables biológicas evaluadas para cada uno de los tratamientos a los 6 y 12 meses.

Al ordenar los tratamientos según el daño radical en las dos épocas, se pueden establecer tres grupos: uno con daño bajo en el que se ubica el tratamiento con Cal, otro con el daño más alto en el que se ubica el Fe, y un tercero, intermedio, en el que quedaron el resto de los tratamientos.

Para la segunda cosecha, a los 12 meses, se encontró que las diferencias estadísticamente significativas en relación con el tratamiento Testigo (Prueba de Dunnett, $p < 0.05$) se establecieron sólo con el tratamiento con Cal. Esta relación se demuestra el efecto beneficioso del encalado al expresar un menor daño radical, y a la vez un mayor peso de la biomasa de la raíz y de la parte aérea.

La adición de una dosis alta de Fe (700 ppm) sumadas a la fuerte acidez

del suelo (Loué, 1988), fue el tratamiento que produjo los efectos más detrimentales sobre el comportamiento biológico evaluado en las plantas de café.

Por otro lado, los resultados indican que la adición individual de Mn y Zn al suelo, al menos en las dosis y condiciones utilizadas en este experimento no afectaron visiblemente el crecimiento del cultivo ni influyeron en el estado de la raíz en comparación con el Testigo. Esto resulta de especial interés en el caso del Mn en el que las dosis utilizadas (300 ppm) podrían considerarse tóxicas para la planta (Iyengar, 1971).

El tratamiento con Compost, a través de cuya aplicación se pretendió mejorar las condiciones biológicas del suelo como una estrategia de control de la enfermedad, no logró demostrar su efectividad. Como se observa en el Cuadro 5, ese tratamiento mostró inicialmente una mejor condición ra-

dical que el Testigo, sin embargo el efecto se perdió para la segunda evaluación. Esta respuesta pudo deberse a la calidad del material utilizado, especialmente a su grado de madurez que es el que influye directamente sobre las poblaciones de organismos (Adani *et al.*, 1997). Las anteriores observaciones no excluyen la posibilidad que otros materiales orgánicos

puedan ser utilizados con resultados más alentadores (Hoitnik y Grebus, 1994).

Análisis químico de suelos: En el Cuadro 6 se presentan los resultados de análisis de suelos para los tratamientos de invernadero después de 6 y 12 meses de crecimiento de las plantas de café.

Cuadro 5. Índices biológicos evaluados en café Caturra durante un año de crecimiento en invernadero.

Tratamientos	Estado de raíz	Peso Raíz	-----g----- PS Aéreo	PS Total
6 meses		fresco		
CAL	0.0	58	29	33
Compost	1.0	40	26.3	30
Zn	1.3	57	36	40
Mn	1.9	42	29	32
TESTIGO	1.9	42	19	22
Fe	2.8	41	32	36
12 meses		seco		
CAL	1.0*	54*	92*	146*
Mn	1.7	40	62	102
Zn	1.8	33	67	99
Compost	2.0	30	66	96
TESTIGO	2.1	36	60	96
Fe	2.1	32	60	91

* Prueba de Dunnett a $P < 0.05$

Cuadro 6. Análisis químico promedio de los suelos evaluados en café Caturra durante un año de crecimiento en invernadero.

Tratamientos	Ca	Mg	K	acidez	bases	CICE	%	Fe	Mn	Zn
	-----cmol(+)/L-----					SA				
6 meses										
CAL	15.6	0.70	0.54	1.9	16.8	18.7	10	444	345	3.6
Compost	6.6	0.8	0.52	3.2	7.92	11.1	29	502	401	4.0
Zn	6.6	0.70	0.67	3.8	7.97	11.8	32	585	403	31.0
Mn	6.0	0.60	0.53	2.9	7.13	10.0	29	522	526	3.0
TESTIGO	6.6	0.70	0.58	3.7	7.88	11.6	32	639	430	5.8
Fe	5.2	0.60	0.56	3.9	6.33	10.3	38	850	394	4.6
12 meses										
CAL	8.8*	0.39	0.19	2.1	9.38*	11.5	18*	367	79	4.6
Mn	6.3	0.40	0.26	2.5	6.96	9.5	27	424	187*	4.0
Zn	5.3	0.39	0.22	3.4	5.91	9.3	36	414	112	27.1
Compost	3.7	0.42	0.29	4.3	4.41	8.7	48	366	155*	5.0
TESTIGO	5.3	0.43	0.17	3.3	5.90	9.1	36	412	99	4.3
Fe	4.9	0.36	0.24	3.8	5.50	9.3	42	813*	81	3.8

* Prueba de Dunnett a $P < 0.05$

A los de 6 meses aún se puede observar claramente el efecto de las aplicaciones sobre los contenidos de los elementos en el suelo. En el caso del tratamiento con cal, aumentó el Ca disponible, las bases y la CICE, y disminuyeron la acidez, el % de saturación de acidez, el Fe y el Mn. También al cabo de estos 6 meses, las aplicaciones de Zn, Mn y Fe se ven reflejadas en los contenidos del suelo. La Figura 2 muestra el efecto del encalado: la acidez se neutraliza parcialmente y se enriquece el contenido de bases.

Cabe destacar, sin embargo, que en este suelo aún bajo condiciones de invernadero el efecto del encalado se disminuyó dramáticamente al cabo de

un año (44%) y el % de saturación de acidez casi se duplicó. Hay que tomar en cuenta que en este caso se usó Hidróxido de Ca que es la fuente de encalado de más rápida acción y que pierde su efectividad más prontamente. Pese a esto, es esperable que esta situación bajo condiciones de campo sea igual o aún más severa debido a que la precipitación es más intensa que la frecuencia de riego en el invernadero, y a que las prácticas comunes de fertilización, normalmente incluyen productos altamente acidificantes como son los amoniacales y algunas fuentes ricas en S (Aponte y Valencia, 1983).

También es importante notar que en todos los tratamientos disminuyeron

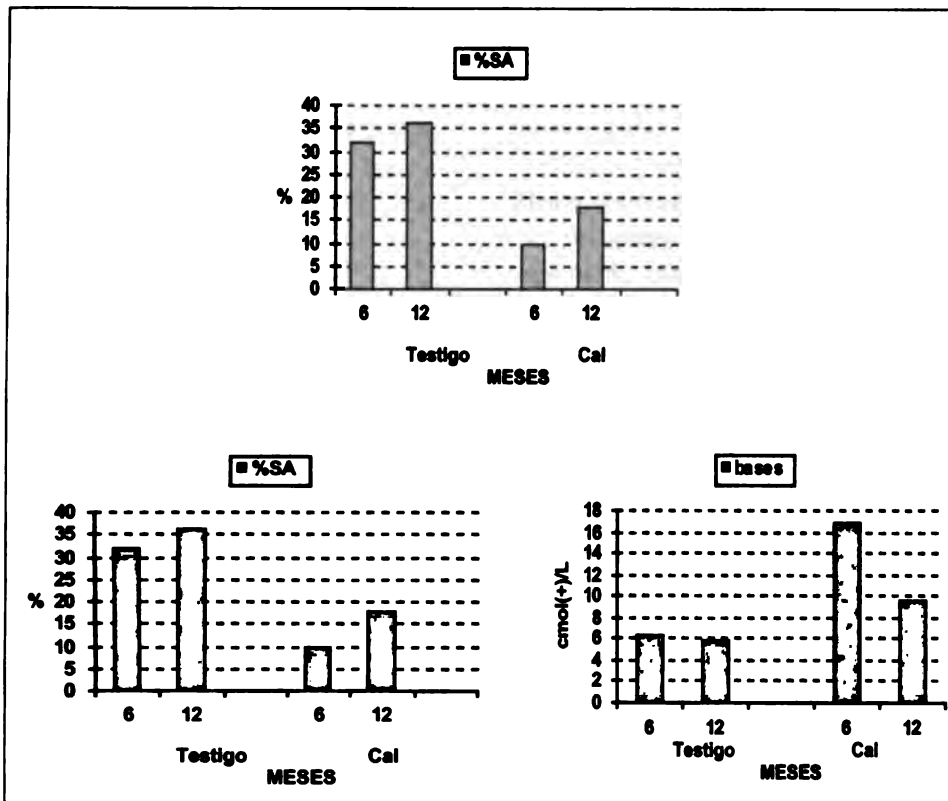


Figura 2. Variaciones del % saturación de acidez a lo largo del experimento en los tratamientos con y sin calcio.

los niveles de Ca y muy significativamente los de Mg, probablemente por lavado y por consumo por parte de la planta. El K también desciende en forma importante (50%).

A pesar del comportamiento biológico obtenido al encalar y a las modificaciones en las características químicas encontradas en el suelo, no es posible señalar a la acidez como el único y directo factor responsable de la corchosis, pues aún en este tratamiento aparecieron evidencias de problemas en el sistema radical (un valor de daño radical de 1).

Un criterio muy importante para resolver los problemas nutricionales es

atacarlos por orden de prioridad (Silva, 1984), y en este caso, la acidez es un fenómeno de una repercusión tan integral en el suelo (Bertsch, 1995) que si se detecta debe resolverse de manera primordial e inmediata. Estos resultados apoyan cuantitativamente las observaciones señalados por otros autores (IICA-PROMECAFE, 1996). Aparte de las ventajas potenciales que un encalado adecuado a las necesidades específicas de cada lote proveería en el manejo de la corchosis, sería conveniente considerar el estado de elementos paralelos como el Mg. Con base en experiencias previas, podría sugerirse el uso de fuentes dolo-

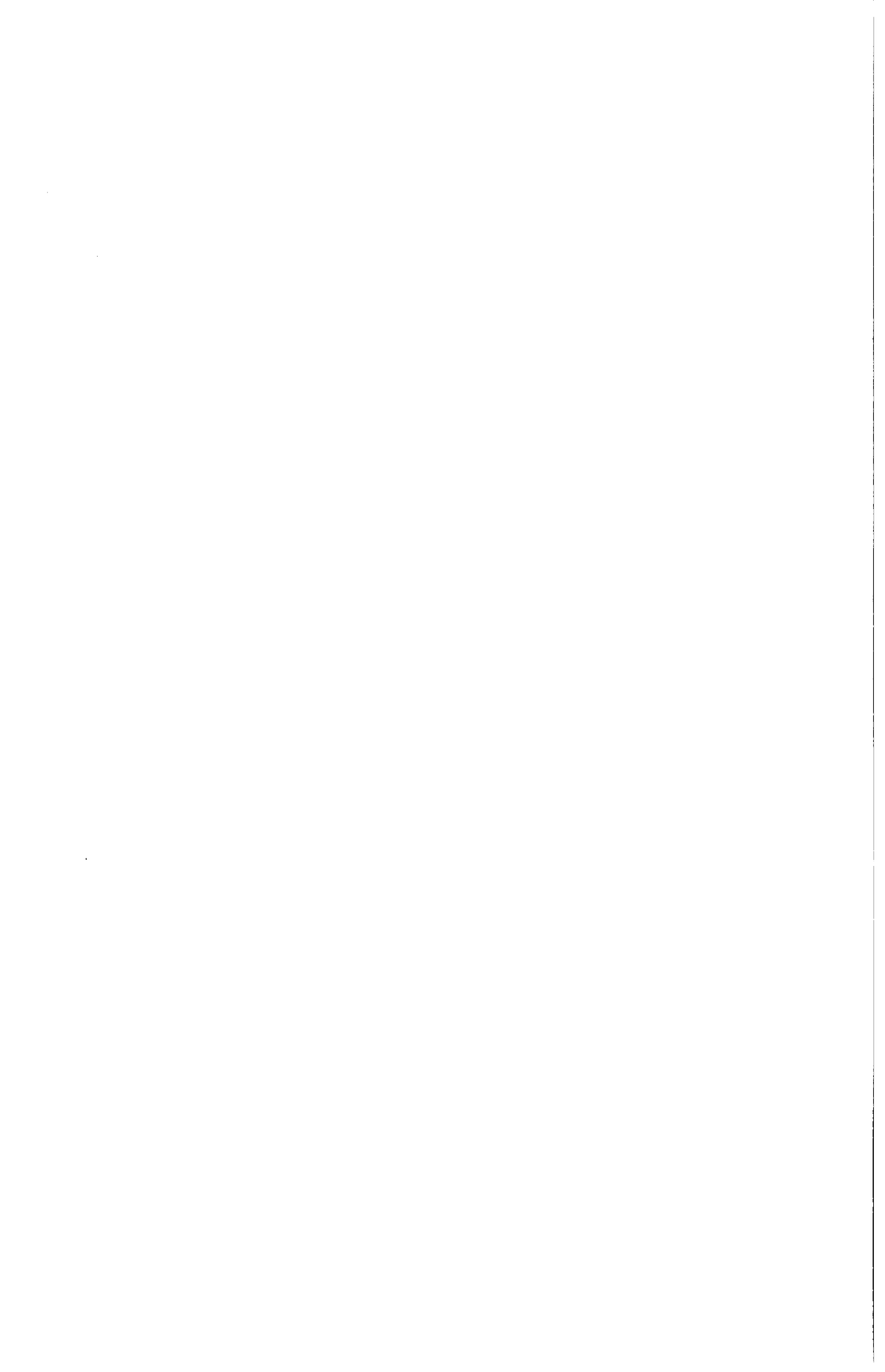
míticas en vez de Carbonato de Ca cuando el nivel de Mg sea menor a 0.6 cmol(+)/L.

Por otro lado, sería conveniente suplir con mayor frecuencia que la tradicional, los nutrimentos requeridos por la planta a través de un programa de fertilización más fraccionado. Esto significa que sería muy recomendable en los lotes afectados por corchosis distribuir el fertilizante anual en al menos 4 aplicaciones, en busca de evitarle a la planta cualquier condición de predisposición hacia la enfermedad.

BIBLIOGRAFIA

- ABRUÑA, F.; VICENTE-CHANDLER, J.; BECERRA, L.; BOSQUE-LUGO, R. 1965. Effects of liming and fertilization on yields and foliar composition of high yielding sun-grown coffee in Puerto Rico. *J. Agr. Univ. Puerto Rico* 49: 413-428.
- ADANI, G.; GENEVINI, P.L.; GASPERI, F.; ZORZI, G. 1997. Organic matter evolution index (OMEI) as a measure of composting efficiency. *Compost Science and Utilization*, Vol 5, No. 2: 53-62.
- APONTE, M.E.; VALENCIA, G. 1983. Toxicidad de Aluminio en plantas de café. *Cenicafé Julio-Setiembre*: 61-97.
- CABALCETA, G.; BORNEMISZA, E. 1996. Acidificación de suelos cafetaleros del valle central. En: *Memoria, X Congreso nacional agronómico y de recursos naturales, III Congreso nacional de fitopatología, II Congreso nacional de suelos*. Editores Bertsch, F.; Badilla, W.; Bornemisza, E. Vol III: 109-113. Editorial Universidad Estatal a Distancia y Editorial de la Universidad Nacional.
- HOITINK, H.; GREBUS, M.E. 1994. Status of biological control of plant diseases with composts. *Compost Science and Utilization*, Vol 2, No. 2: 6-12.
- HUBER, D.M. 1996. Management of nutrition to control plant pathogens. En: *Memoria, X Congreso nacional agronómico y de recursos naturales, III Congreso nacional de fitopatología, II Congreso nacional de suelos*. Editores Bertsch, F.; Rivera, G.; Mora, F.; Navarro, J.R.; Badilla, W. Vol II: 1-2. Editorial Universidad Estatal a Distancia y Editorial de la Universidad Nacional.
- IICA, PROMECAFE. 1996. Primer encuentro regional de consulta sobre factores condicionantes de la marchitez lenta del cafeto, *MEMORIA. IICA, PROMECAFE, Nicaragua*.
- IYENGAR, R. 1971. Manganese toxicity of coffee in India. In-

- dian Coffee, August: 316-318.
- IYENGAR, R. 1972. Manganese status of some coffee soils in South India. *Indian Coffee*, January: 30-32.
- LOUÉ, A. 1988. Los micronutrientos en agricultura. Versión española de Alonso Domínguez V. Ed. Mundi Prensa. Madrid, 354 p.
- LUTZEYER, H.; PÜLSCHEN, L. 1994. Avances en el control de plagas y enfermedades en cultivos perennes tomando como referencia el café. Bonn, Alemania.
- MARBAN, N. 1989. Corchosis del cafeto una amenaza a la agricultura. *Boletín informativo, MIP*, Setiembre, No. 13, Catic.
- NEGRON, J.; ACOSTA, N. 1989. The *Fusarium oxysporum* f.sp. *coffea*-*Meloidogyne* incognita Complex in Bourbon coffee. *Nematropica*, Vol 19. No. 2: p 161-168.
- PAVAN, M.A.; BINGHAN, F.T. 1982. Toxicity of Aluminium to coffee seedlings in ultisols and oxisols amended with Ca CO₃, Mg CO₃ and CaSO₄.2H₂O. *Soil Sc. Soc. Of Am.J.* 46, 1201-1207.
- PINO, A.V. 1977. Toxicidad de aluminio en café (*Coffea arabica* cv Caturra). Tesis Ing. Agr. San José, UCR, Facultad de Agronomía, Escuela de Fito-tecnia. 76 p.
- RYAN, P.R.; Di TOMASO, J.M.; KO-CHIAN, L.V. 1993. Aluminium toxicity in roots: an investigation of spatial sensitivity and the role of the root cap. *J. Exp. Bot.* 44, 437-446.
- SALAS, R. 1996. El aluminio en la relación suelo planta. En: Memoria, X Congreso nacional agronómico y de recursos naturales, III Congreso nacional de fitopatología, II Congreso nacional de suelos. Editores Bertsch, F.; Badilla, W.; Bornemisza, E. Vol III: 109-113. Editorial Universidad Estatal a Distancia y Editorial de la Universidad Nacional.
- SILVA, F. 1984. Fertilidad de Suelos. FAO, SCCS, Segunda edición, Colombia. 418 p.



EFFECTO DE DOSIS Y FRACCIONAMIENTOS DEL NITROGENO EN EL RENDIMIENTO DEL CAFE (COFFEE ARABIACA L) EN 3 FINCAS DE NICARAGUA

Víctor H. Cáceres D.²

RESUMEN

Con el fin de conocer los momentos óptimos de aplicación del nitrógeno y la dosis más rentable, se evaluaron 5 fraccionamientos y 2 dosis del elemento, de 1994 a 1996 en 3 precipitaciones que varían de 1300 a 1500 mm anuales. Las texturas de los suelos fueron: Franca en dos fincas y franco arcillosa en la tercera finca, siendo las dosis, de N, 125 kg/ha y 250 kg/ha. con el promedio de producción de 3 años no se encontró diferencia significativa entre los fraccionamientos de N, así como a las dosis, variando la respuesta, de 835.26 kg/ha de café oro con el fraccionamiento 1/3-2/3-0, hasta 1058.52 kg/ha de café oro con el fraccionamiento 1/3-1/3-1/3, ambos con la dosis de 125 kg/ha de N. En los 2 niveles de N, los rendimientos más bajos (835.26 kg/ha y 876.15 kg/ha de café oro), se obtuvieron con el fraccionamiento 1/3-2/3-0.

Palabras claves: Nitrógeno, dosis, fraccionamiento, rendimiento, Nicaragua.

INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido el efecto que ejercen los fertilizantes en el desarrollo y rendimiento de los cafetos. Particular importancia se le atribuye al nitrógeno por sus múltiples funciones en la planta (formación de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, etc). Su naturaleza gaseosa que los vuelve muy inestable para su aprovechamiento por las plantas, repercute en que las cantidades a usar sean altas, Sin embargo las demandas varían según las condiciones propias de cada

zona y aún de la edad y manejo de la plantación. En Nicaragua las zonas cafetaleras están claramente definidas, pero el uso del nitrógeno al menos en la región del Pacífico está regido más por la capacidad económica para este nutrimento esencial que por razones de orden tecnológico. De tal manera que, con el objeto de armonizar las necesidades de los cafetos y el empleo más eficiente del nitrógeno, tanto en dosis como en la época de aplicación, se inició en 1994 el presente trabajo en 3 fincas del Pacífico. Estas son representativas de zonas

¹ Ing. Agr. Responsable del área de suelos y fertilidad del Centro Experimental de café UNICAFE, Colonia Centroamericana Contiguo a Konifoto, telf. 786129 Managua, Nicaragua.

con características propias de producción, de este importante rubro para la economía de Nicaragua.

Trabajos conducidos por Campos E. y Pérez J. (1) en 3 sitios de Costa Rica probando cuatro niveles de N (0, 100, 200 y 300 kg/ha) y cuatro épocas de aplicación, no encontraron diferencias significativas entre los niveles de N en 2 localidades. En Desamparados, la dosis de 200 kg/ha, fue superior a la de 100 y 300 kg/ha con una significancia del 5%.

Las épocas de aplicación fraccionada no tuvieron diferencias significativas en la producción en 2 de los 3 sitios. En Desamparados, la aplicación total del N en Mayo superó en 102% a la producción obtenida cuando el N se fraccionó 50% en Mayo y 50% en Agosto.

López de León, E. et. al. (3) en Guatemala, estudiando tres épocas de fertilización con una fórmula completa (20-11-11) y urea (46-0-0) con la variedad Caturra, encontró los mejores rendimientos cuando aplicó la fórmula completa en Mayo y Setiembre y una aplicación adicional de N en Noviembre. Así mismo se observó que los resultados de la aplicación de nitrógeno en Mayo y fórmula completa en Septiembre, fueron similares al testigo (sin fertilización).

Figueroa, N. (2) tratando de restablecer el número óptimo de hijos de recepa y el efecto de las épocas de aplicación de fertilizantes en Honduras, uso urea como fuente de N (• onz por planta), la fórmula 18-6-12-4-2 (3 onz por planta) y el testigo (sin fertilización). La densidad fue de 2480 plantas/87 y 1987/88 no encontró respuesta a las épocas de fertilización,

pero sí, una regresión lineal positiva en la producciones cuando uso tres hijos de recepa.

Oseguera, F et al (4) indica que para un mejor aprovechamiento de los nutrientes, la frecuencia o número de aplicaciones de fertilizantes en el café no debe ser menor de tres para las condiciones de precipitación en Honduras. Agrega que la (5 y 4 onzas por planta) y la complementaria de nitrógeno (4 onzas de urea por planta) antes de finalizar el mismo, produce los mayores rendimientos. Dosis de N, entre 281 y 430 kg/ha no mostraron diferencia estadística significativa.

El Instituto Hondureño del café IH-CAFE (5) establece que para los dos primeros años del cultivo, son suficientes de 100 a 125 kg/ha de N y del tercer año en adelante incrementar la dosis hasta 250 kg/ha de N.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se establecieron en las fincas: La Chuscada, municipio de Diniomo, departamento de Granada. El congo, municipio de Diriamba, departamento de Carazo y El Jardín municipio de El Crucero, departamento de Managua. A continuación se expresan las características de cada zona. En Diriamba se utilizó la variedad caturra con 2 años de plantada al iniciar el ensayo, con distanciamientos de 1.9 m. entre surco y 0.92 m entre plantas. En Diniomo la variedad Caturra con distancias de 1.71 m. entre surco y 0.83 m entre plantas. Finalmente en El Crucero la variedad fue Caturra con 1.66 m entre surco y 0.83 m. entre plantas.

Cuadro 1: Datos climáticos y de suelo de ensayos de dosis y fraccionamientos de N.

FINCA	A.S.N.M.	PRECIPIT mm/año	TEMP. °C	TEXTURA SUELO
La Chuscada, Diriomo	600	1.405	26.2	Franco arcilloso
El Congo, Diriamba	630	1.817	24.5	Franco
El Jardín, El Crucero	800	1.727	23	Franco arenoso fino

Las densidades poblaciones fueron: 5720, 7042 y 7258 plantas por ha, en Diriamba, Diriomo y El Crucero respectivamente. El manejo de los ensayos fue igual al de los plantíos comerciales, referente a las podas sanitarias control mecánico de malezas, control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*. Ferr.) y roya (*Hemileia vastatrix*.. Berk - br.)

Como fuente de los fertilizantes se empleo la urea (46% N), el triple superfosfato (46% P205) y el muriato de potasio (60% k20).

La dosis de P205 fue de 60 kg/ha, y k20, 40 kg/ha. El nitrógeno se dividió en dos dosis, que junto con los diferentes fraccionamientos conforman los tratamientos del estudio.

Estos quedaron ordenados de manera que los cinco primeros, corresponden a la dosis de 125 kg/ha de N y los otros cinco a la dosis de 250 kg/ha de N. Los fraccionamientos se distribuyen en tres épocas: la Primera ente Mayo y Junio, la segunda entre Julio y Agosto y la tercera entre Septiembre y octubre, dependiendo del inicio del invierno.

Por razones de simplificación solo se nombrará la forma de fraccionamiento del nitrógeno.

T1	1/3	-	2/3	-	0
T2	1/3	-	0	-	2/3
T3	1/3	-	1/3	-	1/3
T4	0	-	1/3	-	2/3
T5	0	-	2/3	-	1/3
T6	1/3	-	2/3	-	0
T7	1/3	-	0	-	2/3
T8	1/3	-	1/3	-	1/3
T9	0	-	1/3	-	2/3
T10	0	-	2/3	-	1/3

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, en arreglo factorial 2 x 5 con 4 repeticiones. La parcela experimental constó de 4 surcos de 5 plantas c/u y la parcela útil de 8 plantas. Se evaluó el rendimiento, transformado a café oro con una relación de 1:5 uva - oro, en kg/ha.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con los promedios de rendimiento, de cada una de las fincas en los ciclos 1994/95, 95/96 y 96/97, se evaluó la respuesta a las dosis y fraccionamientos de N.

En el Cuadro 2, se puede observar la tendencia de los rendimientos frente a las dosis y formas de fraccionar el nitrógeno, ya que no se detectaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los factores evaluados.

Cuadro 2. Rendimiento de café oro en kg/ha en tres localidades del Pacífico de Nic. Promedio de los ciclos 94/95 a 96/97.

Kg/ha	FRACCIONAMIENTO DE N(*)			LOCALIDADES(**)			Promedio
	E1	E2	E3	L1	L2	L3	
125	1/3	2/3		844.35	750.75	915.85	836.98
125	1/3	0		1136.20	815.10	988.65	980.00
125	1/3	1/3		1132.30	1030.90	1018.55	1060.58
125	0	1/3		1053.00	785.85	1137.50	992.11
125	0	2/3		995.15	952.90	1050.40	999.48
PROM.				1032.20	867.10	1022.19	
250	1/3	2/3		870.35	709.8	1053.65	877.93
250	1/3	0		1092.00	846.95	1206.40	1048.45
250	1/3	1/3		941.85	867.75	913.25	907.61
250	0	1/3		955.50	999.05	902.20	952.25
250	0	2/3		877.50	549.65	1033.50	953.55
PROM.				947.44	874.64	1021.80	

(*) E1=Mayo/junio, E2=Julio/agosto, E3=Sept/oct

(**) L1=Mombacho, Granada, L2=Diriamba, Carazo, L3=El Crucero, Managua

Esto concuerda con estudios en Costa Rica (1) en dos sitios y en Honduras (2,4). En Guatemala durante 3 años, encontraron los mejores rendimientos con aplicaciones de fórmula completa en Mayo y Septiembre y una adicional de N. en Noviembre (3). En las tres fincas es notoria la falta de respuesta a la dosis de 250 kg/ha de n, lo cual es consistente durante los tres años de evaluación en todas las fincas, aunque el IHCAFE (5) recomienda este nivel de N. para cafetos en

etapa productiva (mayores de 3 años). Los porcentajes de materia orgánica que varían de 3.65 a 3.87 en La Chuscada, de 5.36 a 6.6 en Diriamba y de 3.5 a 3.96 en El Crucero parecen ser los rangos adecuados, si se usan como discriminante de la respuesta a niveles mayores de 125 kg/ha de N. Con excepción de los fraccionamientos 1/3, 0, 2/3 y 1/3, 2/3, 0; los otros tres logran su mayor rendimiento en el nivel de 125 kg/ha de N. (cuadro2). En el promedio de las tres lo-

calidades, también puede observarse que el fraccionamiento 1/3-2/3-0 es donde se deprimen más los rendimientos, con 837 y 878 kg/ha de café oro, por lo cual se asumió arbitrariamente considerarlo como testigo. Esto es consiste en las tres localidades en la dosis de 250 kg/ha de N. Este comportamiento estaría confirmando la necesidad de las aplicaciones nitrogenadas al final del período lluvioso expresado por Osegurra et al (4) quien encontró los mayores rendimientos, con una secuencia de erilizarre completo al inicio y medianos

del invierno y la colplementaria de nitrógeno al finalizar el mismo.

Beneficio/costo:

Con relación a los costos del fertilizante nitrogenado y la aplicación, considerando como testigo el rendimiento de 837 kg/ha de café oro con el tratamiento de 1/3 -2/3-0 125 kg/ha de N; el fraccionamiento 1/3 -0- 2/3 con 250 kg/ha de N. obtiene un aumento de \$596.24 U.S. Estas cifras por ha, de producción no son despreciables si se considera la situación por la que atraviesa el caficultor en esta región del país.

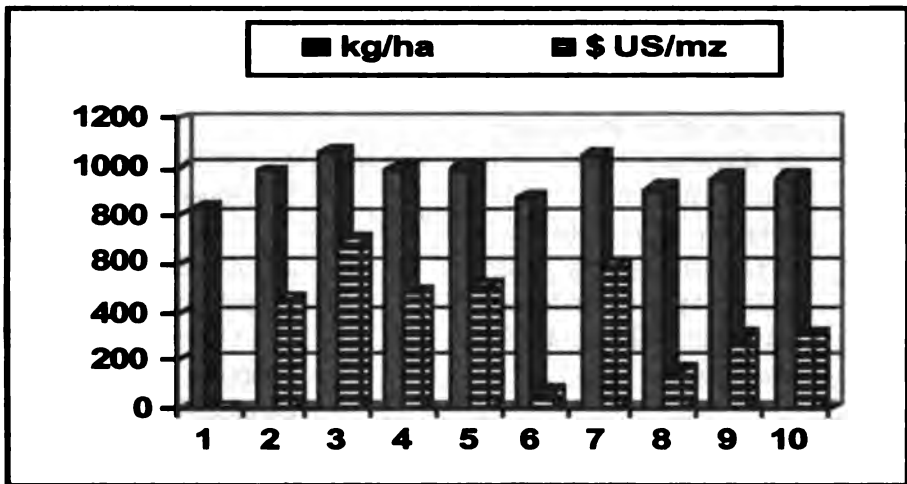


Figura 1. Rendimiento y utilidades con fraccionamiento de Nitrógeno, en tres zonas del Pacífico de Nicaragua, de los años 94 al 96.

CONCLUSIONES

Después de 3 años de cosecha de tratamiento de fraccionamiento de N; aún no se ha encontrado diferencia significativa en ninguna de las tres zonas. Los maouores rendimientos (1060 kg/ha) se obtuvieron con 125 kg/ha de N. fraccionado en 1/3, 1/3, 1/3.

1. Tampoco se detentó diferencia significativa en rendimiento, con el uso de 125 y 250 kg/ha de nitrógeno.
2. Se observó una tendencia negativa con el fraccionamiento 1/3, 2/3,0 en las tres localidades, en el cual se obtuvieron los menores rendimientos 836.98 kg/ha y

877.93 kg/ha de café oro, en los niveles de 125 kg/ha y 250 kg/ha de nitrógeno respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS, E. 1980. Prueba de tres niveles de nitrógeno y cuatro épocas de aplicación. Costa Rica. III Simposio Latinoamericano sobre Caficultura. Tegucigalpa, Honduras. 9-10 diciembre de 1980. pp. 1-9.
- FIGUEROA, N. G. 1989. Evaluación de uno, dos y tres hijos de resepa fertilizados en diferentes épocas del año. Guatemala. XII Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. San Pedro Sula, Honduras. Noviembre 28-29, 1989. pp.259-262.
- LOPEZ DE LEON, E. et al; 1980. Uso de una fórmula completa de fertilizante y urea distribuidas en tres épocas diferentes de aplicación al café. Guatemala. III Simposio Latinoamericano sobre Caficultura. Tegucigalpa, Honduras. 9-10 diciembre de 1980. pp. 215-223.
- OSEGUERA, F. et al; 1989. Evaluación de dosis y frecuencia de aplicación de fertilizantes en la producción de café. Honduras. XII Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. San Pedro Sula, Honduras. Noviembre 28-29, 1989. pp. 317-323
- PALMA, M. 1991. Estimación de los requerimientos de fertilización de café *Coffea arabica* L. a partir del diagnóstico químicos del suelo. Honduras. XIV Simposio de Caficultura Latinoamericana. Resúmenes. Panamá, 20-24 Mayo - 1991 p.

RESPUESTA DE LA ACIDEZ DE UN SUELO A LA APLICACIÓN DE HI-CAL-MAG EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFETO

Gilberto Torres Arias¹

RESUMEN

El estudio comprende de abril de 1990 a diciembre de 1995, en la finca "Tepozuntes", a 670 m.s.n.m., departamento de Sonsonate, El Salvador, en un suelo tipo Inseptisol. Al suelo se aplicó Urea 46% N, empleando 1,06 libras por hectárea, fraccionado en tres épocas, la investigación se desarrolló en cafetal con el cultivar 'Pacas' de 15 años de edad, con 10,000 cafetos/ha, manejados en recepas intercaladas doble planta, ciclo de 4 años, fuente enmendadora fue Hi-Cal-Mag; las dosis fueron de 0, 1, 2, 3 y 4 onzas por planta. El análisis estadístico de varianza no mostró diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo aritméticamente, la mayor producción se obtuvo al utilizar la dosis de 1 onza por planta, con 1,773 kilogramos de café-oro/ha, superando al Testigo en 14%.

Palabras claves: Suelos, respuesta acidez, aplicación de Hi-Cal-Mag, producción, El Salvador

OBJETIVOS

Los objetivos fueron: evaluar el efecto de diferentes niveles de cal en la producción; encontrar el nivel más adecuado de Hi-Cal-Mag que neutralice el Aluminio Intercambiable y determinar costos de producción por tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca "Tepozuntes", municipio de Nahuizalco, departamento de Sonsonate, a 670 m.s.n.m., con temperatura me-

dia anual de 24°C y precipitación media anual de 2,150 mm. El suelo inseptisol, textura arenosa. La duración fue de 6 años. El diseño experimental de bloques al azar, 5 tratamientos y 6 repeticiones, las parcelas experimentales fueron de 16 plantas, 4 las efectivas con cafetos del cultivar 'Pacas' de 15 años de edad, con población de 10,000 cafetos/ha, manejados en recepas intercaladas doble planta, ciclo de 4 años con un brotes por recepa; la fuente de enmienda fue Hi-Cal-Mag (35% Ca y 15% Mg). La fertilización al suelo a base de Urea 46%,

¹ Ingeniero Agrónomo, Técnico en Fertilidad de Suelos, Programa Sistemas de Producción. Fundación PROCAFE. Final Primera Avenida Norte, Nueva San Salvador, El Salvador, Centro América. Fax 228-0669, correo electrónico: procafe@es.com.sv

en dosis de 1,060 libras por hectárea, fraccionada en tres épocas mayo, julio y septiembre. La fuente se aplicó en junio de una sola vez incorporada en la banda de abonamiento, en dosis de 0, 4, 8, 12 y 16 onzas por planta. La sombra permanente fue "pepeto peludo" (*Inga punctata*). Se realizaron dos muestreos de suelo y foliar cada año; la muestra de suelo se tomó a una profundidad de 0 a 20 cm en la banda de abonamiento y la foliar del tercer par de hojas.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presenta la producción promedio de 6 cosechas, la cual al realizarse el análisis estadístico de

varianza, no se encontró diferencia significativa; sin embargo, aritméticamente, la mayor producción se obtuvo con 1 onza por planta con 1,773 kilogramos de café-oro/ha. El análisis de presupuestos parciales e ingresos por manzana (Cuadro 2); manifiesta que con la aplicación de 1 onzas de Hi-Cal-Mag por planta, por planta, presenta el mayor margen de utilidad (2,772 dólares estadounidenses), comparado al resto de tratamientos.

Los resultados de análisis final de suelo (Cuadro 3), presentan un incremento del pH y calcio, y disminución del aluminio intercambiable y magnesio, con respecto a los valores originales en los tratamientos con 2, 3 y 4 onzas de Hi-Cal-Mag por planta.

Cuadro 1. Producción promedio de 6 cosechas, Finca "Tepozuntes", Sonsonate. Diciembre 1995.

TRATAMIENTOS	Kg-oro/ha	%
1. Testigo	1,557	100
2. Hi-Cal-Mag 1 onz/pl	1,773	114
3. Hi-Cal-Mag 2 onz/pl	1,637	105
4. Hi-Cal-Mag 3 onz/pl	1,584	102
5. Hi-Cal-Mag 4 onz/pl	1,505	97

CV: 18.21%

CONCLUSIONES

El tratamiento con 1 onza de Hi-Cal-Mag por planta, aritméticamente, manifestó mayor producción (1,773 kilogramos de café-oro/ha), con un margen de utilidad de (2,772 dólares

estadounidenses); el resto de tratamientos resultaron con producciones similares entre sí y con respecto al testigo; con la dosis de 4 onzas de Hi-Cal-Mag por planta, se incrementó el pH y el contenido de calcio y el magnesio disminuyó, al igual que la pro-

Cuadro 2. Presupuestos parciales e ingresos en dolares USA, en la evaluación de Hi-Cal-Mag, en Finca "Tepozuntes", Sonsonate, El Salvador.

Tratamientos	Cost(\$) qq/Ha	Costo(\$) jornal/ha (7d/h)	Costo (\$ Ha)	Ingreso (\$/Ha)	Utilidad (\$)
1. Testigo	--	--	--	2,546	2,546
2. Hi-Cal-Mag 1 onz/pl	96	30	126	2,898	2,772
3. Hi-Cal-Mag 2 onz/pl	193	30	223	2,676	2,453
4. Hi-Cal-Mag 3 onz/pl	289	30	319	2,589	2,270
5. Hi-Cal-Mag 4 onz/pl	386	30	416	2,461	2,045

Cuadro 3. Comparación de resultados de análisis de suelo, al inicio y al final de la evaluación en Finca "Tepozuntes", Sonsonate. (Diciembre de 1995).

TRATAMIENTOS	CaCl2		Meq/100 cc						% MO	
	pH		Calcio		Magnesio		Aluminio		1990	1995
	1990	1995	1990	1995	1990	1995	1990	1995		
1. Testigo	3.9	4.1	1.36	1.51	0.36	0.13	3.46	3.31	2.9	4.2
2. Hi-Cal-Mag 1 onz/pl	3.9	4.4	1.57	3.55	0.40	0.20	3.57	2.60	2.6	4.3
3. Hi-Cal-Mag 2 onz/pl	3.9	4.7	1.58	3.93	0.40	0.15	3.04	1.48	3.1	4.2
4. Hi-Cal-Mag 3 onz/pl	3.8	4.8	1.32	5.10	0.34	0.15	3.79	1.21	3.2	4.3
5. Hi-Cal-Mag 4 onz/pl	3.8	4.8	1.37	5.10	0.35	0.16	3.49	1.40	3.1	4.4

ducción en 3 %, comparado al testigo. Ésto se da como consecuencia de que el Hi-Cal-Mag presenta el magnesio en forma de hidróxido, el cual en suelos arenosos reacciona con el silice, desplazando al aluminio quedando atrapado en el suelo, evitando su movilidad a profundidad.

cerse en forma incorporada en la banda de abonamiento, para incrementar la eficiencia en el proceso de neutralización. Para mejorar las condiciones de fertilidad en este tipo de suelos, usar una dosis máxima de 4 onzas de Hi-Cal-Mag por planta.

RECOMENDACIONES

Para el manejo de la fuente de Hi-Cal-Mag, las aplicaciones deben ha-

BIBLIOGRAFÍA

ARAOS, F. J.; URZUA, O. R. 1984. Agenda del Salitre. San

Francisco. Sociedad Química y Minera de Chile. p. 79-81.

DONAHUE, L. R.; MILLER, W. R.; SHICKLUNA, C.J. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México, Hispanoamericana. P. 259-260.

MALAVOLTA, E. 1986. El cultivo del café, factores que afectan la productividad. Brasil, Asociación Brasile-

ña. P. 240-242.

SÁNCHEZ, A. P. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. P. 247-249.

VANRAIJ, B. 1991. Fertilidad del suelo y abonamiento. San Pablo, Bra. Instituto Agronómico de Campinas. P. 242-243.

FUENTES Y EPOCAS DE APLICACION DE MAGNESIO EN CAFE (COFFEA ARÁBICA).

Ronny Alfaro Araya¹

RESUMEN

Fuentes y épocas de aplicación de magnesio en café (*Coffea arabica*) en la zona de Alajuela. En el cantón de Naranjo, Alajuela desde 1991 se realiza un experimento para estudiar dos fuentes de magnesio (magox 83% y sulfato de magnesio 17%) en diferentes dosis de aplicación al suelo y obtener el mejor rendimiento en producción. El cultivar que se utiliza es el Catuaí rojo, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los niveles para los diferentes fuentes de magnesio son: 40, 80, 120 y 160 kg/ha con la adición de una base general de N, P, K y B. El elemento en estudio se distribuye en las tres épocas de fertilización. La mayor producción se obtiene con la aplicación de 80 kg/ha de magox con 25722 kg/ha de cereza, con producciones muy similares de 25335 kg y 25100 kg/ha de cereza de la misma fuente en los niveles de 40, 160 y 120 kg/ha, respectivamente. Los cuatro niveles de sulfato de magnesio ocupan las siguientes posiciones en el resumen de las tres cosechas registradas, con producciones muy similares y sin mostrar diferencia significativa con los demás tratamientos. El testigo se ubica en la última posición con 23220 kg/ha de cereza. La investigación continua por algunos períodos más de cosecha.

Palabras claves: Nutrición, épocas aplicación, dosis magnesio, Costa Rica

INTRODUCCION

La investigación constante en nutrición mineral, no ha indicado las necesidades de elementos nutritivos requeridos por la planta de café dentro de estos los elementos magnesio y boro que por las carencias generalizadas en nuestros suelos fueron incluidos en las fórmulas cafetaleras.

El magnesio es un elemento base en la formación de la clorofila, indispensable en el proceso de fotosíntesis,

activa los sistemas enzimáticos y contribuye al aprovechamiento del fósforo dentro de la planta (4).

Van Roy (1) dice que las exigencias de magnesio en las plantas es bastante modesta y varia entre 10 a 40 kg/ha de Mg en dos aplicaciones.

En Brasil (3) la investigación realizada indica que bajos niveles de magnesio en el suelo incide drásticamente sobre la producción de café a la vez que se obtienen buena eficiencia con oxido de magnesio, Kamog, misma

¹ Ingeniero Agrónomo Investigador del ICAFE Costa Rica

investigación con 57-144 kg /ha de MgO fueron las que presentaron las mejores producciones.

Corella y López (2) recomiendan hacer aplicaciones periódicas de Ca CO³ para suplir el calcio y para restablecer el equilibrio entre K, Ca y Mg, además se considera que es necesario aplicar magnesio, como Mg SO⁴ después del encalado para mantener el equilibrio catiónico en el suelo.

El estudio de varias dosis de aplicación de Magnesio (mayor) y sulfato de magnesio, nos va a permitir evaluar este efecto sobre la producción de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se lleva a cabo en el Cantón de Naranjo, provincia de Alajuela a una altitud de 1050 m.s.n.m, con una precipitación de 2500 mm anuales, en una plantación de Catuaí a 2.0m entre calles y 1.0 m entre plantas.

El experimento se inicio desde la sombra, con una formación de planta a tres ejes ortotrópicos. En el Cuadro 1 se presenta el detalle de los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos que se evalúan en el experimento de Fuentes y Dosis de aplicación de magnesio en Café

Tratamiento	Descripción
1	Testigo
2	40 Oxido Magnesio (83%)
3	80 Oxido Magnesio (83%)
4	120 Oxido Magnesio (83%)
5	160 Oxido Magnesio (83%)
6	40 Sulfato de magnesio (17%)
7	80 Sulfato de magnesio (17%)
8	120 Sulfato de magnesio (17%)
9	160 Sulfato de magnesio (17%)

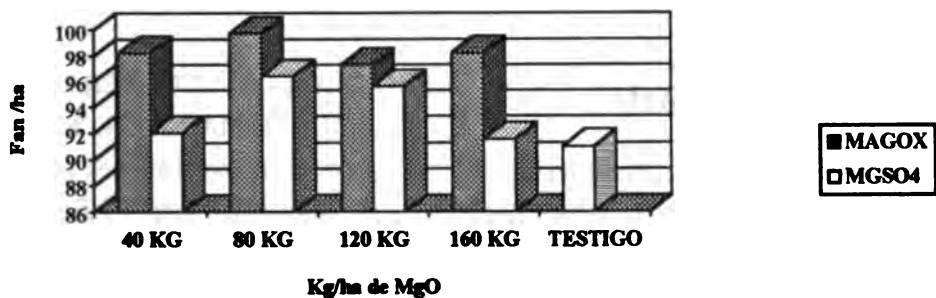


Figura 1: Fuentes y dosis de aplicación de magnesio. Promedio de tres periodos. Naranjo, Costa Rica.

El experimento lleva una base general de: 200 kg de Nitrógeno, 100 kg de K_2O , 30 kg de P_2O_5 y 40 kg de B_2O_3 .

Los tratamientos se distribuye su aplicación en las tres épocas (mayo-agosto-octubre). Se ha evaluado por tres periodos de cosecha. El diseño utilizado en el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En la Figura 1, se observa que los tratamientos de mayor producción son todos los que llevan óxido de magnesio usando como fuente de aplicación el magox al 83%. Aunque no se establece una diferencia significativa entre los mismos, si se puede apreciar que 80 kg /ha de magox en el de mayor producción.

En el mismo nivel de aplicación que el anterior pero usando sulfato, en el que presenta la mayor producción

entre la misma fuente al hacer la comparación de las dos fuentes de magnesio, el magox supera al sulfato de magnesio, en todos los niveles de aplicación.

No existe tampoco diferencia significativa entre fuentes de magnesio, cualquiera de los dos productos mantienen hasta el momento buenas producciones, incluso el testigo que aunque tiene la más baja producción con respecto a todos los tratamientos mantiene una producción de 23478 kg/ha de café cereza.

CONCLUSIONES

El experimento apenas muestra cierta tendencia entre las fuentes y dosis de magnesio en donde el magox presenta en mejor comportamiento productivo hasta contabilizar tres cosechas. Se considera que el experimento debe continuar por más tiempo para observar el comportamiento de los trata-

mientos y registrar más cosechas ya que el mismo es bastante nuevo y es muy prematuro especular sobre cada uno de los tratamientos.

BIBLIOGRAFIA

BERNARD V.R. 1991. Fertilidad do solo e adubacao. Instituto Agronómico de Campinas. Sau Paulo.. 225 p.

CORRELLA, J.F.; LÓPEZ, C. 1984. Respuesta del cafeto a dosis crecientes de magnesio. Agronomía Costarricense UCR. V:8, #2. 118-125 p.

GARCÍA, A.W. 1989. Congreso Brasileiro de Pesquisas Coffeiras. Instituto Brasileiro do Café. Paraná 47-48 p.

PROGRAMA. COOPERATIVO ICAFE-MAG 1989. Manual de Recomendaciones para el cultivo del café. VI Edición. C.R.. 59 p.

CENICAFE. 1988. Tecnología del Cultivo del Café. Federación Nacional de Cafetaleros.. II Edición Colombia. 118-120 p.

EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE POTASIO SOBRE LA PRODUCCION DE CAFE Y LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES

L. Guillermo Ramírez M.*
Martín Mora Ramírez *
Johnny Montenegro **
Ana Lorena Vargas***

RESUMEN

El potasio es uno de los principales elementos en la nutrición del café, pues participa en varios procesos metabólicos de la plantas, además de que se le atribuye un papel importante en el grado de incidencia de algunas enfermedades.

En razón de lo anterior, el Departamento de Investigación y Transferencia de Tecnología del Instituto del Café de Costa Rica, estableció en 1985, un experimento para estudiar el efecto de niveles crecientes de potasio sobre algunos aspectos del cultivo. El estudio se llevó a cabo en Turrialba y las dosis de K₂O evaluadas fueron las siguientes:

0, 50, 100, 150, 200, 250 y 300 kg/ha/año.

Se utilizó la variedad Catuaí rojo, plantada a 1,9 m x 0,9 m. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cinco repeticiones y la parcela útil integrada por tres hileras de ocho plantas cada una.

Después de ocho cosechas, fue evidente el efecto benéfico del potasio sobre la producción de café cereza, pues los tratamientos que recibieron el elemento superaron significativamente el testigo.

Con respecto a la incidencia de *Cercospora coffeicola*, se determinó que la aplicación de potasio la reduce, en tanto que no se halló efecto alguno sobre la incidencia de *Hemileia vastatrix*.

Palabras claves: Niveles de potasio, producción de café, incidencia de enfermedades, Costa Rica.

* Instituto del Café de Costa Rica
** Ministerio de Agricultura y Ganadería
*** Instituto de Biodiversidad

INTRODUCCION

El potasio es uno de los principales elementos en la nutrición del café (3), obteniéndose rápida respuesta de la planta a su aplicación (5). Participa en varios y muy importantes procesos metabólicos de las plantas, como fotosíntesis, respiración y síntesis de clorofila.

Tiene que ver con la apertura y cierre de estomas y además, se le confiere papel importante en el grado de incidencia de algunas enfermedades (1, 4). Basado en lo anterior, el Instituto del Café de Costa Rica consideró conveniente establecer en Turrialba un estudio acerca del efecto de dosis crecientes de potasio sobre la producción de café cereza, y determinar a la vez el comportamiento de la roya (*Hemileia vastatrix*) y la chasparria (*Cercospora coffeicola*).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en 1985 en la Hacienda Atirro, ubicada en Turrialba, a una altitud de 625 m.s.n.m., precipitación de 2650 mm y temperatura promedio diaria de 21°C.

Las dosis de potasio en estudio fueron las siguientes: 0, 50, 100, 150, 200, 250 y 300 kg de K₂O/ha/año.

Como fuente se empleó cloruro de potasio (60%). Adicionalmente en todas las parcelas se aplicó N, P₂O₅, MgO y B₂O₃ en niveles de 300, 75, 150 y 20 kg/ha respectivamente.

Se utilizó la variedad Catuaí rojo, sembrada a 1,9 m entre hileras y a 0,9 m entre plantas, manejada sin sombra

y con un ciclo de poda de tres años. No se realizaron aplicaciones de fungicidas durante 1994, que fue el año en que se evaluó el comportamiento de las enfermedades.

El diseño empleado fue bloques completos al azar con cinco repeticiones. La parcela experimental la constituyeron cinco hileras de ocho plantas cada una, utilizándose como parcela útil las tres hileras centrales.

Para evaluar el rendimiento de café cereza, se cosechó durante ocho años consecutivos el fruto maduro de las plantas que constituyeron la parcela útil. Para hacer la evaluación de enfermedades, se marcaron a dos plantas de cada parcela, cuatro bandolas en el tercio medio.

Cuadro 1. Producción de café cereza del cultivar Catuaí rojo, bajo dosis crecientes de potasio. Promedio de ocho cosechas. Hacienda Atirro, Turrialba, Costa Rica.

Dosis de K ₂ O kg/ha/año	Producción (cereza) kg/ha/año	
200	21233	a
250	20434	ab
150	20434	ab
100	19943	ab
50	19943	ab
300	19685	b
0	17957	c

Tratamientos con igual letra, significa que no hay diferencia entre promedios, según prueba de Duncan al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de café cereza:

El análisis estadístico de la producción de café cereza, promedio de ocho cosechas, detectó diferencias significativas entre tratamientos, Cuadro 1. La prueba de medias agrupa aquellos tratamientos que están en el rango entre 50 y 250 kg de K₂O/ha/año, existiendo una diferencia de 1290 kg de café cereza en favor del nivel de 200 kg de K₂O, sobre el nivel de 50 kg, a su vez el más bajo del rango. El testigo difiere significativamente de todos los tratamientos que recibieron potasio, y es el que ostenta el menor promedio de producción, el cual de hecho, es bastante aceptable. Lo anterior evidencia que el suelo donde se localizó el experimento, mantuvo a lo largo del mismo, niveles de potasio entre medios y altos, y que supliendo este elemento aún en cantidades pequeñas, su efecto se refleja en un aumento en la producción. También los resultados muestran que no necesariamente las dosis más altas darán las cosechas más altas, pues es sabido que niveles altos de potasio podrían ocasionar efectos antagónicos con otras bases:

Incidencia de enfermedades:

Se determinó un efecto importante de la fertilización con potasio sobre la incidencia de *Cercospora coffeicola*, Cuadro 2.

Los mayores niveles de incidencia se obtuvieron en el tratamiento testigo, mientras que lo contrario se presentó en los tratamientos con dosis sobre

200 kg de K₂O por hectárea. De acuerdo con los resultados del análisis estadístico, el comportamiento de la enfermedad fue similar en los tratamientos donde se aplicaron dosis inferiores a 150 kg de K₂O/ha, existiendo solo una verdadera reducción de los niveles de infestación con respecto al testigo, cuando las dosis son mayores de los 200 kg/ha. Resultados similares han sido reportados por Herrera et al (1984) quienes determinaron efecto benéfico de la fertilización con NPK en la reducción de la incidencia de esta enfermedad. Con relación a lo anterior, van Raij (1991) asevera que plantas deficientes en potasio, se tornan más susceptibles a los hongos.

Cuadro 2. Incidencia de *Cercospora coffeicola* en relación a diferentes dosis de potasio. Hacienda Atirro, Turrubal

Dosis de K ₂ O kg/ha/año	Incidencia del hongo %
0	29,6 a
50	17,9 ab
100	16,1 ab
150	19,0 ab
200	15,1 ab
250	11,3 b
300	10,8 c

Tratamientos con igual letra, significa que no hay diferencia entre sus promedios, según prueba de Duncan al 5%

Con respecto al comportamiento de la roya, los resultados obtenidos no mostraron efecto de los diferentes tratamientos sobre ésta, la cual presentó a lo largo de todo el período de evaluación, valores de incidencia menores de 5%, independientemente del nivel de potasio empleado.

CONCLUSIONES

- 1- El suministro de potasio aumenta la producción de café y reduce significativamente la incidencia de *Cercospora coffeicola*.
- 2- El productor debe valerse de un análisis de suelo antes de fertilizar el cafetal, pues cabe la posibilidad de dejar de aplicar potasio por períodos cortos.

BIBLIOGRAFIA

CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. Segunda

edición. Instituto Internacional de la potasa, Berna, Suiza. 254 p.

HERRERA, L.; ANDREU, C.; MORALES, A. 1984. Influencia de la fertilización con NPK en cafetos al sol sobre la incidencia de *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke. Centro Agrícola (Cuba) 11 (1): 79-86.

JIMENEZ, H. 1979. El potasio en la nutrición del cafeto. Noticiero del café. 5 (176): 4p.

RAMIREZ, J. 1986. El potasio en el cafeto Noticiero del café. 1 (12):4p.

RAIJ BERNARDO van. 1991. Fertilidade do solo e adubacao. Ceres, Sao Paulo, 343 p.

EVALUACION DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS CULTIVADOS DE CAFE DEL CANTON DE ATENAS, COSTA RICA

*Ing. José María Alplzar Saborío**

*Ing. Ana Lucía Ureña Bogantes***

*Ing. Oscar Ramírez Bogantes****

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en el cantón de Atenas de la provincia de Alajuela-Costa Rica, con datos de 502 muestras de suelo tomadas por los caficultores, previa capacitación. Los análisis se efectuaron en el Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante la metodología rutina para la extracción por volumen de Carolina del Norte. El objetivo fue ofrecerles recomendaciones particulares a los productores de los fertilizantes y enmiendas más adecuadas así como correlacionar la información con problemas aislados que se presentan en el cultivo. Los datos mostraron un 89,4% de los suelos con problemas de pH bajos (menos de 5,5), debido probablemente a la alta acidez intercambiable que presentan. En más del 90% de las muestras el contenido de bases es alto, razón por lo que en forma generalizada, en términos de saturación de acidez, el problema no es tan serio como con los otros elementos minerales. Limitantes se encontraron el P y el Zn.

Palabras claves: Suelos, fertilidad, café, Cantón de Atenas, Costa Rica.

INTRODUCCION

La capacitación de caficultores para el cantón de Atenas de la provincia de Alajuela, se ejecuta mediante la estrecha coordinación de un equipo técnico perteneciente regionalmente a tres organizaciones relacionadas con el sector: la Agencia de Extensión Agrícola del MAG, la Cooperativa de Caficultores y Servicios Múltiples de Atenas R.L. y el Instituto del

Café de Costa Rica. Para 1997 se programó como un elemento importante del Plan de Trabajo, la realización de un diagnóstico del estado nutricional de los suelos dedicados al cultivo del café, con el fin de buscarle solución a problemas que en forma aislada se presentan en el cultivo, así como ofrecerle al caficultor recomendaciones del manejo nutricional-enmiendas y fertilizantes más adecuadas.

* Ing. Agr. Departamento Investigación y Transferencia de Tecnología en Café. ICAFE

** Ing. Agr. Agente de Extensión del MAG.

*** Ing. Agr. Técnico de COOPEATENAS R.L.

REVISION DE LITERATURA

Entre los factores determinantes para producir en forma eficiente la mayoría de los cultivos y en particular el café, está el controlar que la disponibilidad de los nutrientes para la planta, se localicen en el suelo en cantidades suficientes y en un balance adecuado (Bertsch, 1986; Malavolta, E., et al, 1992).

El análisis químico del suelo y su relación con las exigencias nutricionales del cultivo (niveles críticos), le dan importancia práctica a esta herramienta, no sólo para obtener un uso racional de los fertilizantes, sino que también ayuda a preveer problemas de fertilidad.

Bajo nuestras condiciones tropicales, estudios realizados revelan que la mayoría de los suelos presentan reacción ácida ($\text{pH} < 6$) y para Costa Rica se encontró que el 43% de los suelos cultivados registraron pH inferior a 5,5 y en un 20% se acentúa el problema de acidez intercambiable al encontrárseles un valor mayor que 0,5 cmol^{+}/L . (Bertsch, 1986).

Los efectos detrimentales de esta situación, no sólo deben valorarse sobre las propiedades químicas del suelo, sino que también conlleva a consecuencias biológicas como la disminución de organismos benéficos (amonificadores, nutricadores, fijadores de nitrógeno, micorrizas), aumenta la población de organismos patógenos (*Rosellinia*, *Fusarium Colletotrichum* y nemátodos), baja actividad de bacterias y lombrices y produce trastornos en el sistema radical (Pavan, 1995).

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de suelo fueron tomadas por los caficultores entre febrero y mayo de 1997, previa capacitación que se les brindará con el fin que fueran representativas y para su seccionamiento en la finca se consideraron variaciones en el terreno como pendiente, color, textura y condición del cultivo, entre otras.

Para el presente estudios se utilizaron datos de 502 análisis de suelos, procesados en el Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante la metodología de extracción por volumen de Carolina del Norte (Dias-Romeu y Hunter, 1978). El mecanismo utilizado para valorar la fertilidad de los suelos, fue el de comparar la información obtenida con los niveles críticos adoptados por Bertsch (1986) y Segura (1990), divididos en categorías de bajo, medio y alto (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los porcentajes de frecuencias en cada categoría para cada característica.

El pH determinado en agua, mostró que un alto porcentaje de los suelos-89,4%-, registraba valores inferiores a 5,5 lo que concuerda con la alta acidez intercambiable encontrada; aproximadamente el 70% de las muestras tiene valores superiores a 1,5. Sin embargo en apenas el 15,3% de las muestras se registró una saturación de acidez mayor de 50% considerada alta, por razón del aceptable nivel de cationes cambiables (suma de bases)

que contiene estos suelos; aproximadamente más del 90% de las determinaciones, registraron valores superiores a $5\text{cmol}^{(+)}\text{/L}$. Sin embargo, para café altamente productivos, niveles de más de 25 - 30% de saturación de acidez no son recomendables.

Cabe destacar el buen equilibrio o disponibilidad de cationes mayores (Ca, Mg y K) que se detectó en los

suelos, pues también más del 65% de las muestras se ubicó en el balance normal de todas las relaciones.

Los resultados obtenidos muestran que con alta frecuencia se presentarán problemas con elementos nutritivos con el P(76% de las muestras) y del Zn(74% de las muestras) como elemento menor (boro no fue determinado).

Cuadro 1. Niveles críticos para interpretación de análisis de suelos

CARACTERISTICAS	CLASIFICACION		
	BAJO menor a:	MEDIO entre	ALTO mayor a:
pH	5,5	5,5-6,5	6,5
Acidez o Al (cmol (+)/L)	0,5	0,5-1,5	1,5
Saturación de acidez (%)	10	10-50	50
Suma de bases (cmol(+)/L)	5	5-25S	25
PSB (%)	50	50-90	90
CICE (cmol(+)/L)	5	5-25	25
Ca (cmol(+)/L)	4	4-20	20
Mg (cmol(+)/L)	1	1-10	10
K (cmol(+)/L)	0,2	0,2-1,5	1,5
Ca/mg	2	2-5	5
Ca/k	5	5-25	25
Mg/k	2,5	2,5-15	15
Ca+mg/k	10	10-40	40
P (mg/L)	10	10-40	40
Zn (mg/L)	3	3-15	15
Mn (mg/L)	5	5-50	50
Fe (mg/L)	10	10-50	50
Cu (mg/L)	1	1-20	20

Cuadro 2. Frecuencia de los valores y porcentajes de participación según rangos de clasificación

CARACTERISTICAS	CLASIFICACION					
	BAJO		MEDIO		ALTO	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
pH	449	89,4	53	10,6	0	0
Acidez o Al	60	11,9	96	19,1	346	69
Saturación de acidez	167	33,3	258	51,4	77	15,3
Saturación de bases	77	15,3	258	51,4	167	33,3
Suma de bases	41	8,2	360	71,7	101	20,1
CIC	7	1,4	328	65,3	167	33,3
Ca	65	13,0	363	72,3	74	14,7
Mg	28	5,6	453	90,2	21	4,2
K	22	4,4	468	93,2	12	2,4
Mg/K	66	13,1	380	75,7	56	11,2
Ca/K	47	9,4	325	64,7	130	25,9
Ca/Mg	105	20,9	378	75,3	19	3,8
Ca+Mg/K	75	15,0	330	65,7	97	19,3
P	380	75,7	111	22,1	11	2,2
Zn	372	74,1	126	25,1	4	0,8
Mn	6	1,2	305	60,8	191	38,0
Cu	8	1,6	439	87,4	55	11,0
Fe	1	0,2	75	14,9	426	84,9

CONCLUSIONES

1. A la fecha en que se realizó este muestreo, la alta acidez intercambiable encontrada en los suelos cultivados de café, fue el problema más generalizado para el cantón de Atenas.
2. La excelente acogida de los caficultores a las recomendaciones que se brindaron sobre encalado y del cambio en el uso de fórmula balanceadas permitirá disminuir la toxicidad de Al y aumentar la disponibilidad de P y cationes de interés.
3. Se espera que con esta acción, se favorezca en la región el combate de algunos patógenos que en forma aislada dan problemas en el cultivo como son *Geococcus coffea* (cochinilla de la raíz) y *Ceratocystis fimbriata* (llaga macana).
4. No obstante que al compararse con la tabla de "niveles críticos"

el contenido de bases de manera general fue bueno, en el detalle de las recomendaciones por productor también pesó la experiencia profesional y así por ejemplo, en oportunidades se consideraron limitantes para el cultivo contenidos de K menores a 0,4 cmol(+)/L.

5. Se espera que con esta acción se incrementará la producción cafetalera del cantón y los ingresos de los productores, ya que también en el componente a transferir se incluyó la aplicación correcta o racional de los fertilizantes, incluyendo acciones para corregir las deficiencias de fósforo y zinc..

BIBLIOGRAFIA

BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Oficina de publicaciones de la Universidad de Costa Rica. San José, C.R. 79p.

1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costa-

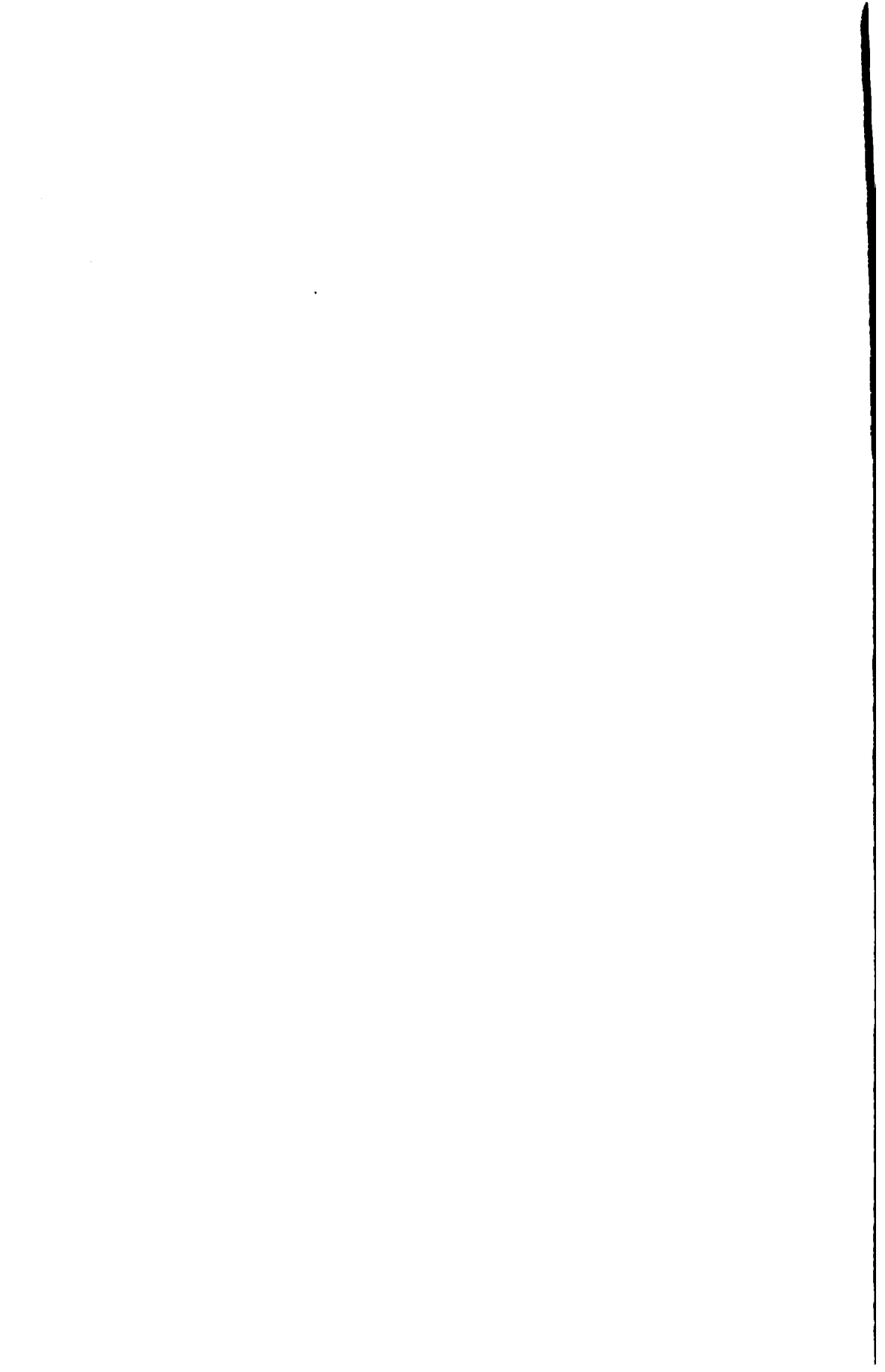
ricense de la Ciencia del suelo, Costa Rica. 157 p.

DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978 Metodología de muestreo de suelos, análisis químico del suelo y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 65p.

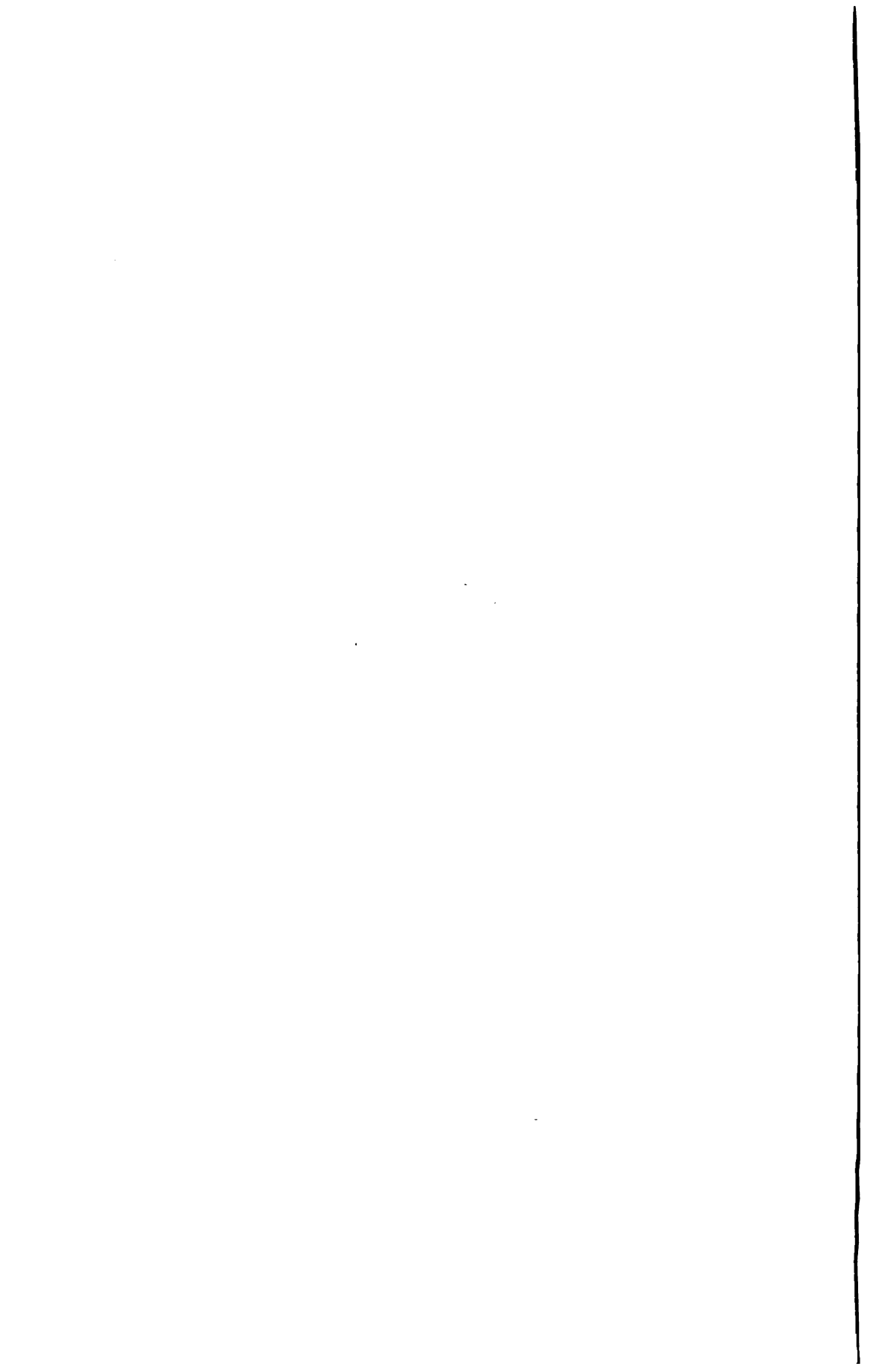
MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J.A. 1992. Nutrición y fertilización del café. Editado por Ing. Agr. T. Yamada; Instituto da Potassa. Sao Paulo, Brasil. 226 p.

PAVAN, M. 1995. Relaciones de los suelos ácidos con la planta del café. XVII Simposio sobre caficultura latinoamericana, San Salvador. Editado por IICA/PROMECAFE, Guatemala, 2V.

SEGURA, A. 1990. El análisis de suelo: diagnóstico para interpretar la nutrición de los cafetos. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. Costa Rica. 9p.



**GENETICA
Y MEJORAMIENTO**



**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE ENSAYOS REGIONALES POR EL
MÉTODO DE MANDEL (1961) Y CRUZ MEDINA (1992) UNA
HERRAMIENTA PARA SER UTILIZADA EN EXPERIMENTOS
CON CAFÉ. (COFFEA SPP.)**

*F. Omar Osorio 1
Juan Orestes Villatoro 2
Rodney Santacreo 3*

RESUMEN

Durante los últimos años, los programas de mejoramiento genético del café del área Centroamericana han venido evaluando progenies o cultivares de café en diferentes ambientes con el objetivo de conocer su comportamiento en diferentes localidades y poder hacer selección sobre aquellos genotipos mas estables y de mayor producción. A pesar de que ya existe una importante información para su análisis, se evidencia un vacío en lo referente al análisis estadístico de los datos, especialmente relacionado con el análisis e interpretación estadística de la estabilidad. Un método muy usado en el área de Centro América (sobre todo en cultivos anuales) y otras partes del mundo es el método de Ebertart y Russell (1961) que consiste en un modelo de regresión lineal tradicional, en el cual los grados de libertad asociados al cuadrado medio residual no son correctos, produciendo estimaciones de F aproximadas con niveles de significancia inexactos. En este trabajo se propone un método de análisis desarrollado por Mandel (1961) y Cruz Medina (1992), como una nueva herramienta para estudios de estabilidad, que permite obtener grados de libertad correctos y una prueba condicionalmente exacta para identificar los genotipos y/o ambientes responsables de la interacción. Se hace una descripción del método propuesto y se utiliza como ejemplo el análisis de datos de un experimento regional de progenies avanzadas de Catimores y Sarchimores instalado en cinco localidades de Honduras. Mediante el método se puede identificar los genotipos mas estables y hacer selección sobre aquellos mas productivos.

Palabras claves: Estabilidad, genotipos, interacción, modelos, grados de libertad, Honduras.

¹ Asesor Técnico Gerencia General, Instituto Hondureño del Café, Apartado Postal 3147, Tegucigalpa, Honduras. E-mail ihcafe@gbm.hn

² Especialista en Estadística, Instituto Hondureño del Café, Apartado Postal 329, San Pedro Sula, Honduras

³ Coordinador Programa de Mejoramiento Genético, Instituto Hondureño del Café, Apartado Postal 329, San Pedro Sula, Honduras

INTRODUCCION

En los ensayos comparativos de rendimiento de variedades cultivadas, es deseable comparar la producción de los nuevos cultivares con los cultivares ya establecidos comercialmente. Debido a la influencia de los factores ambientales sobre el rendimiento, los genotipos deben ser probados y comparados en diferentes ambientes. Para ello, hay varias alternativas disponibles, a saber: 1) Evaluación en número de sitios diferentes, representativos de las condiciones ambientales de las áreas de difusión de los cultivos bajo prueba; 2) Evaluación en un mismo sitio durante varios años; 3) Evaluación en una combinación de las formas anteriores y; 4) Evaluación de alguna otra manera que permita comparar los cultivares bajo ambientes diferentes. El análisis estadístico para la comparación de cultivares en un ambiente es sencillo cuando se dispone de repeticiones, pero aunque estas proveen información útil, es importante también determinar si las diferencias entre cultivares son consistentes en los diferentes ambientes (ausencia o no de interacción genotipo-ambiente). Cuando la interacción genotipo-ambiente es significativa, se ve reducida la utilidad de los promedios de los genotipos sobre todos los ambientes para su selección. En esas situaciones es importante el estudio de la interacción genotipo-ambiente (GxA). Es importante señalar (Eskridge y Johnson, 1991.) la dificultad de selección de cultivares con un amplio rango de adaptación, dado que la respuesta fenotípica a cambios de ambiente, usualmente difiere entre cultivares.

Muy usado por investigadores agrícolas de Centro América y otras partes del mundo, para estudios de estabilidad es el modelo de Eberhart y Russell (1996), el cual es un modelo de regresión lineal tradicional, donde los grados de libertad asignados a los desvíos de regresión no son correctos y por lo tanto las pruebas de Fisher (F) son aproximadas y los niveles de significancia estimados no son exactos. Mandel (1961) propuso un test con el cual se puede probar la presencia de interacción GxA. Posteriormente, Cruz Medina (1992), derivó el valor correcto para los grados de libertad obteniendo una prueba condicionalmente exacta para identificar los genotipos y/o ambientes responsables de la interacción. El objetivo de este trabajo es de dar a conocer esta nueva herramienta de análisis estadístico para el estudio de experimentos con cultivares evaluados en espacio y/o tiempo que permite hacer inferencias más precisas sobre su comportamiento (adaptabilidad) y la toma de decisiones correctas al momento de su selección.

MATERIALES Y METODOS

Datos de un ensayo de progenies avanzadas de Catimores y Sarchimores comparadas con las variedades comerciales IHCAFE-90 y Catuai Rojo instalado en cinco localidades cafetaleras de Honduras fueron analizados utilizando el programa SAS ver. 6.03. codificado para la obtención de un análisis de estabilidad por el modelo de Mandel y Cruz Medina. Las progenies en estudio son las siguientes:

Cuadro 1. Producción promedio en quintales P.S. / mz. de 16 genotipos de café en cinco localidades de Honduras.

N°	Tratamientos	Localidades				
		La Fe	Las Flores	Los Zapotes	El Paraiso	Comayagua
1	T- 8667(1-4)377	39.25	72.10	53.37	22.00	100.05
2	T- 8667(2-2)423	45.50	83.88	53.25	24.25	109.15
3	T- 8667(3-2)453	17.00	42.63	58.31	23.75	111.43
4	T- 8667(1-2)362	43.00	66.20	51.53	14.25	103.48
5	T- 8667(4-1)895	40.25	73.90	42.41	21.25	109.00
6	T- 8667(1-4)383	17.25	90.23	46.30	21.50	64.70
7	T- 8667(4-1)96	39.50	78.09	46.47	24.00	126.59
8	T- 8667(3-2)214	25.25	79.74	56.25	20.00	102.77
9	T-5296(184)	48.50	51.91	57.68	24.50	90.10
10	T-5296(170)	31.75	39.32	35.57	13.75	100.52
11	Sarchimor IAC-33	19.25	51.74	60.94	20.25	83.04
12	Sarchimor IAC-125	30.00	49.39	61.41	25.75	94.30
13	Sarchimor IAC-295	12.00	32.49	66.63	14.00	90.02
14	IHCAFE-90	41.00	114.31	62.31	19.00	89.81
15	Catuai Rojo IAC-311	26.25	48.61	42.06	13.00	69.98
16	Catuai Rojo IAC-313	15.25	61.62	41.21	18.25	84.20

El modelo comúnmente usado para explicar la interacción Genotipo-Ambiente(GxA) es:

γ_{ij} es el efecto de la interacción del i-ésimo ambiente y el j-ésimo genotipo

$$Y_{ij} = \mu + G_j + A_i + \gamma_{ij} + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} es el valor del rendimiento observado para i-ésimo ambiente y el j-ésimo genotipo

μ es la media general

G_j es el efecto del j-ésimo genotipo

A_i es el efecto del i-ésimo ambiente

En este modelo de regresión lineal los grados de libertad asignados a los desvíos de regresión no son correctos lo que produce pruebas de F aproximadas y los niveles de significancia estimados no son exactos. Mandel (1961) propuso un test con el cual se puede probar la presencia de la interacción GA a partir del modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_j + A_i + \delta\beta A_i + \epsilon_{ij}$$

Donde θ_j es una función de la interacción del genotipo j con el ambiente. Si expresamos θ_j como $(1 + \delta\beta_j)$ se puede asumir que no hay interacción de la forma $\beta_j A_i$ si los β_j son todas iguales.

Reexpresando el modelo anterior tenemos:

$$Y_{ij} = \mu + G_j + (1 + \delta\beta_j)A_i + \varepsilon_{ij}$$

$$Y_{ij} = \mu + G_j + A_i + \delta\beta_j A_i + \varepsilon_{ij}$$

Si asumimos $\gamma_j = \beta_j A_i$ (modelo multiplicativo, $\delta = 1$) una forma de estimar β_j es primero obtener los estimadores de μ, A_i, G_j (bajo modelo aditivo, $\delta = 0$) y luego regresar los residuales $Z_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_i + \bar{Y}_{..}$ sobre los estimadores de los efectos de ambiente $\hat{A}_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}$

Las pendientes de las regresiones (realizadas para cada genotipo) son usadas como estimadores de β_j

Cuando se dispone de experimentos comparativos de rendimiento (ECR) en los que se tienen repeticiones de los genotipos evaluados en cada ambiente, es posible analizar la información generada bajo la forma de un diseño en parcelas divididas, en los que el ambiente es el factor asociado a las parcelas principales y los genotipos se asocian a las subparcelas. Este análisis permite la evaluación de la interacción Genotipo x Ambiente.

El modelo propuesto de Mandel y Cruz Medina nos permite particionar la suma de cuadrados de la interacción en dos sumas de cuadrados: una suma de cuadrados debido a las regre-

siones (SCP) y otra suma de cuadrados de desvíos de regresión (SCDR) o suma de cuadrados residual.

Previo a el análisis de la interacción se puede probar si los desvíos de regresión son significativos, lo que equivale a la prueba de bondad de ajuste del modelo multiplicativo.

Si el cuadrado medio de los desvíos de regresión no es significativo respecto al estimador de obtenido a partir de las repeticiones de genotipos dentro de ambientes (Cuadrado Medio de Error b en el modelo de parcelas divididas), se deduce que el modelo multiplicativo es adecuado para explicar la interacción. En la prueba de hipótesis del residual después del ajuste del modelo multiplicativo (después de descontar SCP), se usa el estadístico:

$$F = \frac{CMDR}{\delta^2} \text{ que se distribuye como una } F \text{ con } (g-1)(a-2) \text{ y } \eta_0 \text{ grados de libertad, para lo que se debe disponer de } \sigma^2 \text{ una estimación de obtenida a partir de repeticiones de cada genotipo dentro de ambientes (} \sigma_0^2 \text{ con } \eta_0 \text{ grados de libertad).}$$

Comprobada la bondad de ajuste del modelo multiplicativo, si la interacción $G \times A$ es significativa, es posible identificar los genotipos responsables de esa interacción particionando su suma de cuadrados en g suma de cuadrados, una para cada genotipo, obtenida a partir de la regresión de los rendimientos de cada genotipo sobre los efectos de ambientes con $g-1$ grados de libertad (Cruz Medina, 1992). Cuando los desvíos de regresión son significativos, su suma de cuadrados puede particionarse en g suma de cuadrados, con $a-2$ grados de libertad pa-

Cuadro 2. Resultados de análisis de varianza

Fuentes de variación	G.L.	F calculada	Prob. De F
Ambiente	4	57.89	0.0001 **
Repeticiones	3	0.31	0.8191 NS
Error a	12	3.84	0.0001 **
Genotipo	15	4.52	0.0001 **
Interaccin G*A	55	2.80	0.0001 **
Pendientes	15	0.45	0.9512 NS
Residual	40	3.29	0.000000009 **
Regresiones			
RG T-8667(1-4)377	4	0.22	0.92729
RG T-8667(2-2)423	4	1.07	0.37166
RG T-8667(3-2)453	4	4.35	0.00206 ** Inestable
RG T-8667(1-2)362	4	0.98	0.41562
RG T-8667(4-1)895	4	1.59	0.17786
RG T-8667(1-4)383	4	7.82	0.00001 ** Inestable
RG T-8667(4-1)96	4	3.38	0.01045 ** Inestable
RG T-8667(3-2)214	4	1.04	0.38676
RG T-5296(184)	4	2.57	0.03881
RG T-5296(170)	4	2.95	0.02085 * Inestable
Sarchimor IAC-33	4	1.68	0.15150
Sarchimor IAC-125	4	1.62	0.16904
Sarchimor IAC-295	4	5.47	0.00032 ** Inestable
IHCAFE-90	4	9.04	0.00000 ** Inestable
Catuai Rojo IAC-311	4	0.94	0.43815
Catuai Rojo IAC-313	4	0.00	1.00000
Desvíos de Regresión			
DRG T-8667(1-4)377	3	1.00	0.0000
DRG T-8667(2-2)423	3	4.22	0.0000
DRG T-8667(3-2)453	3	17.94	0.0000
DRG T-8667(1-2)362	3	4.14	0.0000
DRG T-8667(4-1)895	3	6.21	0.0000
DRG T-8667(1-4)383	3	32.32	1.0000
DRG T-8667(4-1)96	3	7.54	0.0000
DRG T-8667(3-2)214	3	2.63	0.0000
DRG T-5296(184)	3	6.44	0.0000
DRG T-5296(170)	3	13.50	0.0000
DRG Sarchimor IAC-33	3	6.51	0.0000
DRG Sarchimor IAC-125	3	3.36	0.0000
DRG Sarchimor IAC-295	3	25.08	0.0000
DRG IHCAFE-90	3	40.82	1.0000
DRG Catuai Rojo IAC-311	3	0.35	0.0000
DRG Catuai Rojo IAC-313	3	0.00	0.0000

ra cada uno, esto sirve para identificar los genotipos para los cuales el modelo multiplicativo no es adecuado. La hipótesis de que el modelo multiplicativo es adecuado para el genotipo j -ésimo se prueba con el estadístico:

$F = \frac{CMDR}{\hat{\sigma}_e^2}$ que se distribuye como una F con $(a-2)$ y η_0 grados de libertad.

La prueba debe realizarse cada vez que los desvíos de regresión son significativos, porque eso indica que hay al menos uno de los genotipos para el cual el modelo multiplicativo falla. Haciendo uso de las repeticiones de los genotipos dentro de ambientes se puede obtener un estimador condicional mas eficiente, ponderando la SCDR y SCError(b) ($\hat{\sigma}_0^2$) con sus respectivos grados de libertad para ser usados en las pruebas de las sumas de cuadrados de las pendientes (SCP).

RESULTADOS Y DISCUSION

En Cuadro 2 se resumen los resultados obtenidos del análisis de estabilidad utilizando el método de Mandel y Cruz Medina bajo programación SAS. Podemos observar una fuerte influencia de el ambiente ($P=0.001$) y del genotipo ($P=0.0001$), la interacción genotipo ambiente altamente significativa (0.0001).

En este caso la prueba para pendientes es no significativa y el efecto residual altamente significativo, lo que indica que existe falta de ajuste del

modelo multiplicativo. En este caso se procedió a identificar los genotipos para los cuales el modelo falla recurriéndose a considerar las pruebas de hipótesis de los desvíos de regresión, todos los genotipos para los cuales estas prueba sea significativa exhiben falta de ajuste la modelo, excepto IH-CAFE-90 y T-8667(1-4)383. La condición de estable o inestable se establece tomando en consideración las pruebas de hipótesis para las regresiones, si las pruebas son significativas ello indica que el genotipo es inestable, de acuerdo a los resultados obtenidos, los genotipos T-8667(3-2)453, T-8667(1-4)383, T-8667(4-1)96, T-5296(170), Sarchimor IAC-295 e IHCAFE-90 manifestaron inestabilidad, el resto de los materiales, dentro de los propósitos de este documento, se pueden condierar estables, el siguiente paso sería seleccionar los materiales de mayor rendimiento entre los genotipos estables.

Una carcaterítica muy favorable de este método es que posibilita el análisis de experimentos desbalanceados, aspecto este que se presenta con mucha frecuencia en experimentos con perennes por la pérdida de plantas y/o parcelas por causas ajenas al experimento mismo.

Es conveniente aclarar que este trabajo es solamente metodológico, es obvio que el grado de avance del experimento regional es muy incipiente para obtener conclusiones firmes, pues solamente se cuenta con una cosecha

BIBLIOGRAFIA

- CASANOVES, F., J. CROSSA, y M. BALZARINI.** El análisis de estabilidad de acuerdo a Mandel (1961) y Cruz-Medina (1992). Mimeografiado. 1996
- CRUZ MEDINA, R.,** (1992). Some exact conditional tests for the multiplicative models to explain genotype-environment interaction. *Heredity*, 69:128-132.
- EBERHART, S.A., W.A. RUSSELL,** (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6:36-40.
- ESKRIDGE, K.M.** (1991). Screening cultivars for yield stability to limit the probability of disaster. *Maydica*, 36: 275-282.
- MANDEL, J.,** (1961). Non-additivity in two-way analysis of variance. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 56: 878-888.
- SAS Institute,** (1985). *SAS user's guide*. 5th de. SAS Institute, Cary, NC.

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE VARIEDADES DE COFFEA
CANEPHORA Y COFFEA LIBÉRICA PROCEDENTES DEL JARDÍN DE
ESPECIES Y VARIEDADES DE PROCAFE (EL SALVADOR) Y CATIE
(COSTA RICA)**

*Ing. M. Sc. Xenia Peña de Morán*¹

Lic. Martha Lidia Reyes de Amaya

Br. Carlos E. Funes.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó a nivel de invernadero, con el objetivo de evaluar la resistencia de materiales de las especies *Coffea canephora* y *Coffea liberica* procedentes de polinización libre, ante el ataque del nematodo *Meloidogyne sp.* seleccionar las mejores plantas para multiplicarlas por la técnica de cultivo de tejidos, y establecer Bancos de Semilla clonales para portainjerto. El diseño utilizado fue completamente al azar, el experimento uno (líneas procedentes del CATIE de la especie *Coffea canephora*) estuvo formado por 25 tratamientos con un número de plantas en evaluación desde 15 a 32 plantas; el segundo experimento (plantas procedentes del Jardín de Especies y Variedades de PROCAFE), tenía 17 tratamientos con un número de 30 a 32 plantas. La duración del experimento fue de 8 meses a partir del trasplante de la "concha" a las macetas. El nivel de inóculo utilizado fue de 2,500 estados juveniles por planta. Las variables evaluadas fueron: número de nematodos por planta, peso fresco de la raíz, peso fresco aéreo y altura de la planta. El criterio utilizado para evaluar la resistencia fue el índice de reproducción del nematodo según la escala de Taylor (1967). Los resultados obtenidos permiten identificar dentro de la población procedente del Jardín de Especies y Variedades a: Quillow (8) con 67 %, Robusta (6) y Laurentii (5) con 73 % y Quillou (7) con 77 % de plantas resistentes. Con respecto a la población procedente del CATIE (líneas de Robusta), se encontraron bajos porcentajes de plantas resistentes donde las líneas T- 3479 (2-6) y T-2773 (1-2) presentaron 53 % y T-3634 (1-1) con 47% de plantas resistentes. En vista de esto, se seleccionaron las mejores plantas de las variedades y líneas evaluados y se trasladaron a etapa de multiplicación por cultivos de tejidos (por la técnica de microestacas) para establecer Bancos de Semilla multiclonales. Con respecto a las variables: peso fresco aéreo, peso fresco de la raíz y altura, existieron diferencias altamente significativas entre los testigos y los materiales evaluados, por lo que las plantas fueron afectadas por la reproducción del nematodo.

Palabras claves: Evaluación de resistencia, nemátodos, *Meloidogyne sp.*, *Coffea canephora*, *Coffea liberica*, El Salvador.

¹ PROCAFE, Final 1a. Ave. Nte. Santa Tecla.

INTRODUCCION

Objetivos:

Evaluar a nivel de invernadero variedades de *Coffea canephora* y *Coffea libérica*, procedentes del Banco de Germoplasma (Jardín de Variedades) de PROCAFE, El Salvador y CATIE, Costa Rica, contra el nematodo "agallador" *Meloidogyne sp.*

Seleccionar las plantas con alta resistencia para multiplicarlas por cultivo de tejido y establecer Bancos de Semilla de porta-injerto resistentes a *Meloidogyne sp.*

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se estableció en el invernadero de PROCAFE, a una altitud de 955 msnm, con temperatura promedio de 24 oC y una humedad relativa promedio de 74 %. La población del nematodo "agallador" utilizado en el experimento fue recolectada en el municipio de Izalco, Depto. de Sonsonate El Salvador; dicha población se aisló, purificó e incrementó para su posterior inoculación. Los materiales evaluados pertenecen a variedades de *Coffea canephora* y *Coffea liberica* procedentes del Jardín de Especies y Variedades de Café y líneas de "Robusta", provenientes de la colección del CATIE. Tres meses después de sembrada la semilla se procedió al trasplante de las plántulas a las macetas en invernadero y 15 días después se inoculó el material con 2500 estadios juveniles (J2). La extracción del inóculo se realizó con hipoclorito de sodio al 0.05%, licuando raíces de tomate durante 40 segundos, poste-

riormente se pasó la solución en un juego de tamices de 200 y 500 mallas. Las variables evaluadas fueron: población final de nematodos (NN), peso fresco raíz (PFR) en gramos, peso fresco aéreo (PFA) en gramos, altura de la planta a los 6 meses (ALT) en centímetros. La evaluación de la resistencia se realizó a través de la escala de Taylor (1967), en donde el criterio utilizado fue el IR (índice de reproducción del nematodo).

0 = no se reprodujo: inmune = I

1 = menor de 1% : altamente resistente = AR

2 = de 1-10% : muy resistente = MR

3 = 10-25% : moderadamente resistente = MMR

4 = 25-50% : ligeramente resistente = LR

5 = mayor de 50% : susceptible = S
(tasa de reproducción normal del nematodo).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan dos grupos en evaluación de líneas de "Robusta" de *Coffea canephora* procedentes del Banco de Germoplasma del CATIE, en el Grupo 1 (evaluado en noviembre de 1995) según análisis de varianza existen diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas y la prueba de Duncan señala diferencias entre las medias, con respecto al número de nematodos (transformación Ln NN) se observa que el más alto nivel lo obtuvieron las líneas T-3565 (3) y T-3561 (4) pero aún siendo las líneas que sobre-salen, el porcentaje de plantas resistentes es muy bajo (27 %).

Cuadro 1. Índice de reproducción del nematodo *Meloidogyne* sp. y porcentaje de resistencia, sobre *Coffea canephora* proveniente del Banco de *Germoplasma* del CATIE, Costa Rica.

Tratamientos	Escala de Resistencia según Taylor (1967)						Número de plantas evaluadas	Porcentaje plantas resistentes	Número de nemátodos Lnn (NN)
	0	1	2	3	4	5			
Grupo 1									
T-3751 (1)	0	0	0	0	0	15	15	0	3.75 a b c
T-3565 (1)	0	0	0	0	4	11	15	0	3.57 a b c d
T-3563 (1)	1	0	0	0	2	12	15	7	3.44 b c d e
T-3756 (4)	0	0	0	0	2	13	15	0	3.59 a b c d
T-3561 (4)	4	0	0	0	1	10	15	27	2.28 e f
T-3562 (2)	0	0	1	2	3	9	15	0	3.09 c d e
T-3759 (1)	0	0	0	0	1	14	15	0	3.99 a b
T-3753 (4)	0	0	0	0	0	15	15	0	3.93 a b
T-3754 (5)	0	0	0	3	0	12	15	0	3.90 a b
T-3563 (4)	0	0	1	4	4	6	15	0	2.91 d e f
T-3754 (2)	3	0	0	3	6	3	15	20	2.80 f g
T-3565 (3)	4	0	2	0	2	7	15	27	2.15 g
T-3759 (5)	1	0	1	2	3	8	15	7	2.98 d e
T-3561 (6)	2	0	0	0	3	10	15	13	3.16 c d e
T-3564 (3)	0	0	0	0	1	14	15	0	4.16 a b
Pacamara	0	0	0	0	1	14	15	0	4.27 a b
Grupo 2									
T-3479 (2-6)	17	0	5	2	1	5	32	53	6.84 a b
T-3517 (3-2)	13	0	2	4	1	10	32	41	7.33 a b
T-2773 (1-2)	17	0	3	3	1	6	32	53	7.11 a b
T-3569 (2-1)	14	0	2	4	2	8	32	44	7.10 a b
T-4004 (1-1)	8	0	0	4	1	2	32	25	6.48 b
T-3634 (1-3)	10	0	3	5	2	7	32	31	7.03 a b
T-3634 (1-1)	15	0	0	4	3	8	32	47	7.32 a b
T-3517 (3-2)	10	0	2	2	2	14	32	31	7.75 a
Pacas	0	0	0	0	0	15	32	0	7.80 a b

En el Grupo 2 (evaluado en octubre de 1996) existen respuestas más favorables de los "Robustas", donde las líneas T-3479 (2-6) y T-2773 (1-2) presentan altos porcentajes de resistencia (53 %), así también la línea T-3634 (1-1) destaca con 47 % de plantas resistentes.

El Cuadro 2 resume la evaluación de las variedades procedentes del Jardín de Especies y Variedades de PROCAFE, según el análisis de varianza existen diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables evaluadas y la prueba de Duncan señala diferencias entre las medias; en el Grupo 1 (evaluado en noviembre de 1995) con relación a la variable población de nematodos, los mayores valores los reportan las variedades muy susceptibles: el testigo "Pacas", y otras de liberica y canephora como Arnoldiano (2) y Laurentii (8). Pero también destacan en este grupo variedades como: Quillou (7) con 77 % de resistencia, Laurentii (8) y Laurentii (5) con 73 % de resistencia y Quillou (8) con 67 % de plantas resistentes. En el Grupo 2 (evaluado en octubre 1996), se observa una pobre respuesta de las variedades frente a la población de *Meloidogyne* sp., aunque existen diferencias estadísticas significativas entre las variedades ninguna muestra altos porcentajes de plantas resistentes sino poblaciones de nemátodos muy cercanos al testigo "Pacas".

Es importante considerar que a nivel general, la población evaluada del Jardín de Especies y Variedades muestra 26 % de plantas resistentes,

al realizar la selección de los materiales con altos porcentajes de plantas resistentes (73 % y 77 %), es de esperar que las semillas cosechadas de estas plantas tendrán alta resistencia. La ganancia genética atribuible al proceso de selección sería del 46 %; aunque no se ha evaluado específicamente los híbridos provenientes de estos materiales, la probabilidad de obtener una semilla para portainjeto altamente resistente contra el nematodo presente en estas pruebas es grande. Esto es reforzado por los trabajos de Peña (1994) y Anzueto (1995), en donde se señala que los híbridos evaluados mostraron un valor cercano al 80 % de plantas resistentes, contra un 35 % de la población total muestreada, por lo que la ganancia genética atribuible al proceso de selección sería del 45 %. Los resultados de este trabajo permitirán establecer a mediano plazo, Bancos de Semilla de portainjeto para la práctica de injertación, conocida actualmente en países como Guatemala, Brasil y El Salvador. Es conocido que en suelo de cafetales se encuentran diferentes géneros y especies de nematodos, por lo que el manejo integrado de la plaga debe ser implementado, la creencia de que las plantas injertadas harán todo el trabajo en el campo, debe ser desechada, la utilización de plantas injertadas debe tener otras consideraciones: los géneros y especies de nematodos, niveles poblacionales de la plaga y sobre todo la prevención de la misma en las etapas previas al establecimiento en el campo como son semilleros y viveros.

Cuadro 2. Índice de reproducción del nematodo *Meloidogyne sp* sobre *Coffea canephora* procedentes del Banco de Germoplasma de PROCAFE, El Salvador.

Tratamientos	Escala de Resistencia Según Taylor (1967)						Plantas resistentes	Porcentaje plantas	No. de nematodos Ln (NN)
	0	1	2	3	4	5			
	I	AR	MR	MMR	LR	S	Evaluadas		
Grupo 1	22	0	1	4	2	0	30	73	1.11 e
Robusta (6)	8	0	0	2	4	16	30	27	2.45 c
Robusta (4)	4	0	2	2	5	17	30	13	3.0 bc
Laurentii (8)	22	0	2	4	0	2	30	73	1.12 e
Laurentii (5)	20	0	6	3	1	0	30	67	0.75 e
Quillou (8)	23	0	2	4	1	0	30	77	0.60 e
Quillou (7)	2	0	1	4	2	21	30	7	3.42 ab
Arnoldiano(2)	14	0	3	6	3	4	30	47	1.78 d
Arnoldiano (4)	0	0	0	0	5	25	30	0	3.69 a
Pacas									
Grupo 2									
Canephora (1)	3	0	0	0	2	12	32	9	7.21 a
Canephora (2)	5	0	0	1	0	20	32	16	8.75 ab
Charlotii (4)	2	0	0	0	3	15	32	6	8.76 ab
Laurentii (3)	2	0	0	1	2	18	32	6	8.21 ab
Robusta (4)	4	0	0	0	2	23	32	13	8.53 ab
Charlotii (3)	3	0	0	0	1	7	32	9	8.21 ab
Quillou (5)	5	0	0	0	3	7	32	16	8.32 ab
Pacas	0	0	0	0	5	25	32	0	8.57 ab

CONCLUSIONES

1. Con la selección de las mejores plantas por su alta resistencia se incrementaría el nivel de resistencia de la semilla proveniente de dichas selecciones, utilizada como portainjerto para la práctica de injertación.
2. Los materiales de *C. canephora* y *C. libérica* procedentes del Banco de Germoplasma de PROCAFE que sobresalen por su alto porcentaje de resistencia son: Quillou (8) 67%, Robusta (6) y Laurentii (5) con 73% y Quillou (7) con 77% de plantas resistentes.
3. De las líneas de "Robusta" procedentes de CATIE Costa Rica, destacan: T-3634 (1-1) con 47%, T-3479 (2-6) y T-2773 (1-2) con 53% de plantas resistentes.

RECOMENDACIONES

- Aún cuando el material en estudio fue evaluado contra el nematodo *Meloidogyne sp.* es deseable realizar pruebas de resistencia contra el nematodo *Pratylenchus sp.*
- Multiplicar por Cultivo de Tejidos las variedades que mejor destacaron por el alto porcentaje de plantas resistentes.

BIBLIOGRAFIA

- ANZUETO, F.; BERTRAND, B.; PEÑA, M. X.; MARBAN-MENDOZA, N.; VILLAIN, L. 1995. Desarrollo de una variedad portainjerto resistentes a los principales nematodos de América Central. In XVII Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. San Salvador, Salv. , vol. I, 23-27 octubre.
- ANZUETO, F. 1993. Etude de la resistance du cafeier (*Coffea sp.*) a *Meloidogyne sp.* y *Pratylenchus sp.* These de Docteur. Montpellier, Fr., Ecole Nationale Superieure Agronomique de Rennes, IRCC- CIRAD.
3. PEÑA, M. X. 1994. Evaluación fenotípica y genética para la resistencia al nematodo *Meloidogyne incognita* en híbridos de *Coffea canephora*. Tesis M. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE - , Turrialba, Costa Rica. 78 p.
 4. TAYLOR, A. L. 1967. Introduction to Research on Plant Nematology . No.PL: CP/5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italy. 135 p.

COMPARACION DE HIBRIDOS F1 CON VARIEDADES DE COFFEA ARABICA

Bertrand B¹
Aguilar G²
Anthony F.³
Etienne H.⁴
Santacreo R.⁵

RESUMEN

Las variedades de *Coffea arabica* cultivadas en América Central provienen de una base genética muy estrecha. Desde 1992, PROMECAFE ha iniciado un programa original de mejoramiento genético cuyo concepto esta basado en la hibridación de variedades por orígenes silvestres (Etiopía, Sudan). Este programa tiene como objetivo aumentar la adaptabilidad y la productividad de las variedades así como incrementar la resistencia a las enfermedades y plagas , manteniendo una buena calidad. Los híbridos F1 seleccionados serán multiplicados por embriogénesis somática. El uso de esta técnica permite reducir el ciclo de selección de 30 a 10 años y proponer varias alternativas a los productores para las situaciones muy variables de América Central.

En dos ensayos, el crecimiento, la producción y la fertilidad fueron observadas. Los primeros resultados muestran que los híbridos F1 son más productivos que las mejores variedades. El vigor híbrido, calculado sobre el mejor padre alcanza 30% por la productividad. Las ganancias realizadas por el tamaño del grano son poco importantes. En general las familias F1 presentan menos fertilidad que las variedades, sin embargo una selección sobre este criterio debería permitir la multiplicación de las mejores plantas.

Palabras claves: Hibridación, comparación de híbridos F1, genética, Costa Rica.

INTRODUCCION

Los trabajos anteriores de Srinivasan y Vishveshvara (1978), Charrier (1978), Araujo et Pereira (1980),

Walyaro (1983), Ameha et Belachew (1985), Ameha (1990), Santacreo *et al* (1992) y más recientemente Cilas et al (in press) han demostrado que el heterosis existe en una planta autóga-

¹ CIRAD/PROMECAFE, IICA, Ap. 55, 2200 San José, Costa Rica

² ICAFE, Departamento de Investigación y Transferencia, San Jose, Costa Rica

³ ORSTOM/PROMECAFE/CATIE, Ap 59,7170 Turrialba, Costa Rica

⁴ CIRAD/PROMECAFE/CATIE, Ap 59,7170 Turrialba, Costa Rica

⁵ IHCAFE, División Agrícola, San Pedro Sula, Honduras

ma como el Arabica. En el programa de mejoramiento regional de PROMECAFE, iniciado en 1992, se espera un fuerte heterosis debido a la distancia genética importante que existe entre los orígenes silvestres y las variedades cultivadas. Los resultados aquí presentados ilustran este fenómeno, condición indispensable para la continuación del programa regional.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal:

Se estudian 4 líneas seleccionadas en América Latina (Caturra, Catuai, T8667, T5296), cuya las tres primeras son cultivadas en América Central y 7 orígenes silvestres de Etiopia

(E531, E416, prospecciones FAO - 1968), (ET5, ET6, ET15, prospección ORSTOM (Charrier, 1978) y Anfilo.

En 1992 fueron creados 19 híbridos entre las 4 líneas (hembras) y las siete orígenes silvestres (machos). En todos los cruces el polen provenía de un solo árbol. Las líneas (hembras) sirven como testigos. Los híbridos y las líneas (testigos) fueron sembrados en un ensayo, en un clima tropical húmedo con 3 a 4 meses de sequía a 1100 msnm (Barva de Heredia, CI-CAFE). El dispositivo experimental utilizado fue de un árbol por parcela, distribuido totalmente al azar. Las familias son de 12 a 30 individuos. Las distancias de siembra son de 2m. x 1.5m.

Mediciones:

CARACTERÍSTICAS MEDIDAS POR CADA ÁRBOL	CARACTERÍSTICAS PRESENTADAS
Producción acumulada de 2 años en kg. de cerezas por árbol	Promedio de 2 años
Peso seco (0% de humedad) de 100 granos (g) calculado sobre una muestra de 200 granos .	Promedio de 2 años
Número de de frutos observados en los 6 nudos los más cargados.	Promedio de 2 años
Número de caracoles sobre los 6 nudos los más cargados	En 1995, 1996 y promedio
Porcentaje de flotantes, calculado en 200 frutos	En 1995, 1996 y promedio
Diámetro al tallo a 5 cm del suelo a 15 meses (en mm)	A 15 meses
Altura total (en cm)	A 15 meses
Número de bandolas primarias	A 15 meses
Longitud promedio de las 2 bandolas más grandes (en cm)	A 15 meses

Tres variables más fueron calculadas: relación entre la producción promedio y el vigor (diámetro del tallo, altura, longitud de bandolas más grandes).

Método de estudio: Una comparación de las cualidades de la población de las líneas con la población de los híbridos F1 basada sobre un análisis de varianza con un criterio de clasificación es presentada. Esta comparación es completada con una comparación de las varianzas según la prueba F de Snedecor. El porcentaje de heterosis se calcula según la fórmula clásica :

$\% \text{ heterosis} = [(\text{valor del híbrido} - \text{valor del mejor padre}) / (\text{valor del mejor padre}^6)] \times 100.$

Para la producción y el porcentaje de heterosis, se calcularon correlaciones con otras características. Finalmente, se calculó la correlación entre las medidas de fertilidad (caracoles y frutos vanos) de los años 1995 y 1996.

RESULTADOS

Comparación de las líneas y de los híbridos:

La comparación de los híbridos con las líneas (cuadro 1) muestra que para todas las características en estudio hay una diferencia significativa entre las dos poblaciones. Existe una superioridad de los híbridos en relación a las líneas en todas las características excepto por la fertilidad (caracoles, flotantes). El vigor híbrido es más importante para la característica de

producción que para las características vegetativas (diámetro del tallo, altura etc.). Las diferencias de productividad son de más de 30% para la población de los híbridos. Además aparece que la relación productividad/vigor es favorable a los híbridos En promedio. Los híbridos son más productivos que las líneas. Son más vigorosos y presentan más frutos por nudos. Las ganancias por el peso de 100 granos a pesar de ser significativas estadísticamente son poco importantes. Finalmente las relaciones de varianzas muestran que las varianzas entre las líneas son siempre superiores a las de los híbridos (excepto por los flotantes).

Relaciones entre la producción, la fertilidad y el vigor vegetativo:

El Cuadro 2 indica que las correlaciones fenotípicas entre el nivel de producción y el diámetro al tallo y el número de frutos por nudos son significativas. Una regresión múltiple de la producción sobre estas dos variables (por otro lado poco correlacionadas $r = 0.31$) muestra que se puede explicar 55% (r^2) de la producción por estas dos variables. El vigor híbrido se caracteriza por un aumento del volumen de la planta y por un aumento del número de frutos por nudos.

La población de los híbridos se caracteriza por una baja de fertilidad (caracoles y flotantes - ver Cuadro 1). Esta baja de fertilidad no esta correlacionada con el aumento de productividad, ni tampoco al vigor híbrido (Cuadro 2). La correlación entre el

⁶ En todos los casos el mejor padre es la línea seleccionada (Caturra, Catuai, T8667, T5296)

Cuadro 1 : Promedio de las líneas y de los híbridos F1, porcentaje de ganancia y relación de varianza.

Variables	Líneas	Híbridos	% ganancia	Relaciones varianzas(1)
Producción promedia (***)	2 079	2 724	31	1.48*
Peso seco de los granos secos*	16.13	16.72	3.6	3.06***
Diámetro del tallo (***)	27.36	30.52	11.5	2.1***
Altura(***)	102	111.7	9.5	1.8**
Número de bandolas (*)	57.48	61	6.1	2.5***
Longitud de 2 bandolas(***)	61.6	69	12	1.4*
Número de frutos en 6 nudos (*)	96.9	101.7	4.95	1.8**
Caracoles(***)	7.3	10.9	49	1.7**
Flotantes(***)	3.9	8	205	(0.38***)
Producción/ diámetro(***)	149.1	174.5	17	
Producción/altura(***)	40	48.4	21	
Producción/núm. de bandolas(**)	67.5	78	15.5	

* P 0.05, ** P 0.01. (1) , ***P 0.001 . (1) : (SCElignées/(n-1))/(SCEhíbridos/(n-2)) prueba F de Snedecor.

número de flotantes de un año al otro es elevada (Cuadro 3). Se puede esperar una selección eficaz para esta característica. Sin embargo, parece más difícil una selección eficaz sobre la taza de caracoles . La correlación entre flotantes y caracoles es significativa. Eso significa que una selección hecha sobre los flotantes debería ser eficaz también sobre los caracoles.

CONCLUSION

De manera general, la población de los híbridos F1 presenta mayores cualidades que la población de la línea en cuanto al vigor y productivi-

dad se refiere; tal como se encontró en los trabajos de Walyaro (1983), Ameha (1990) o Cilas *et al* (1997). El vigor híbrido (expresado en % del mejor padre) se caracteriza por aumentos de productividad de más de 30 %. Cabe anotar que el vigor híbrido es más importante para una característica global como es la producción que para características simples tales como diámetro del tallo o altura o otros componentes de la producción medidos en este trabajo. Esto esta en conformidad con los resultados de Grafius (1960) para el maíz, de Duarte & Adams (1972) o de Lefort-Buson (1985) en el colza. La produc-

Cuadro 2 : Correlaciones fenotípicas entre la producción y el % de vigor híbrido con algunas variables. (resultados individuales para la producción, resultados familiares para el % de vigor híbrido)

Variables	Producción promedia	% Vig. híbrido
Número de frutos (6 nudos)	0.65***	0.51*
Diámetro del tallo	0.589***	0.57*
caracoles	NS	NS
flotantes	NS	NS

Cuadro 3 : Correlaciones entre los componentes de la fertilidad.

VARIABLES	Correlaciones sobre medidas individuales (492 arbores)	Correlaciones sobre el promedio familiar
caracoles 95/caracoles 96	0.318 ***	0.627***
flotantes 95/ flotantes 96	0.571***	0.887***
flotantes / caracoles	0.28***	0.497*

ción esta correlacionada al diámetro del tallo y al número de frutos por nudos, de acuerdo con los resultados de Walyaro (1983) y de Leroy (1993). Las grandes diferencias de varianzas entre las dos poblaciones para todas las características hacen pensar que los híbridos tienen una estabilidad más grande que las líneas en cuanto a las variaciones del medio. Sin embargo, la población de los F1 presenta una fertilidad (flotantes y caracoles) inferior de 3 a 4% a la población de las líneas. Esta conclusión había sido presentado por Santacreo (1992) para los flotantes. Una selección severa debe ser efectuada para estos dos componentes de la fertilidad que parecen en parte ligados. Debería ser más fácil seleccionar la taza de flo-

tantes la cual parece estable de un año para el otro. La multiplicación clonal después de una selección combinada familiar y individual permitiría la conservación de solo los individuos mejores. Los resultados obtenidos confirman como se esperaba (Charrier, 1985), que el esquema de mejoramiento a partir de líneas seleccionadas con materiales silvestres es promisorio y que se debe continuar las investigaciones en ese sentido.

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR G., 1995. Variedad Costa Rica 95. Instituto del café de Costa Rica , Convenio ICA-

FE-MAG, 30p. ISBN 977-55-014-X.

AMEHA M., BELACHEW B., 1985. Heterosis for yield in crosses of indigenous coffee selected for yield and resistance to coffee berry disease II -At first three years. Acta Horticultural, n°158, may, 347-352.

AMEHA M., 1990. Heterosis and Arabica coffee breeding in Ethiopia. Plant breeding abstracts, vol. 60 (6), june, 6 p.

ARAUJO NETTO K., DINIZ PEREIRA J.B., 1980. Vigor híbrido em cruzamentos de *coffea arabica*. 8 eme congreso Brasileño de Pesquisas cafeteras. Campos de Forrado, 25-28 Nov.

CHARRIER A., 1978. Etude de la structure et de la variabilité génétique des caféiers. Résultats des études et des expérimentations réalisées au Cameroun, en Côte d'Ivoire et à Madagascar sur l'espèce *coffea arabica* L. collectée en Ethiopie par une mission ORSTOM en 1966. ORSTOM-IFCC, Paris. Bull. IFCC n°14, 99 p.

CHARRIER A., 1985. Progrès et perspectives de l'amélioration génétique des caféiers. ASIC, 11° Colloque, Lomé, 403-425.

CILAS C., BOUHARMONT P., BOCCARA M., ESKES A.B., BARADAT PH., Etude des paramètres génétiques de la production et de caractères associés à partir d'un plan de croisement diallele chez *coffea arabica*. In press.

DUARTE R.A. ET ADAMS M.W., 1972. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Crop Science*, 22, 579-582.

ECHEVERRI J.H., FERNANDEZ C.E., 1989. The PROMECAFE program for Central America. In Coffee Rust : Epidemiology, Resistance & Management. Eds Kushalappa A.C., Eskes A.B., CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, p 337. ISBN 0-8493-6899-5.

GRAFIUS J.E. 1960. Does overdominance exist for yield in corn ? , *Agronomy Journal*, 52, 361.

LEFORT-BUSON M., 1986. Heterosis chez le colza oléagineux (*Brassica Napus* L.). Analyse génétique et prédiction. Thèse de doctorat. Univ. Paris Sud, Centre d'Orsay, 228p.

SANTACREO R., PINEDA C., SUAZO G., ZALDIVAR R., 1992. Sintesis de Híbridos Catuai x Catimor buscando

productividad, adaptabilidad y resistencia a la roya *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. XV Simposio de caficultura Latinoamericana, Xalapa, Veracruz, México. 21-24 julio. *In press*

SRINIVASAN C.S., VISHVESHVARA S., 1978. Heterosis and stability for yield in *Arabica*

coffee. Indian journal of genetics and plants breeding 38 (3), 416-420.

WALYARO D.J.A., 1983. Considerations in breeding for improved yield and quality in Arabica coffee (*Coffea arabica* L.). Doctoral thesis. Wageningen, Netherlands. 120 p

UTILIZACIÓN DE LA EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN MEDIO LÍQUIDO PARA LA PROPAGACIÓN MASAL DE LOS HÍBRIDOS F1 DE *COFFEA ARABICA*

Hervé Etienne¹
William. Solano²
Alexis Pereira³
Dominique Barry-Etienne³
Benôit Bertrand,⁴
François Anthony⁵
François Côte⁶
Marc Berthouly⁷

RESUMEN

El objetivo del Proyecto de Mejoramiento Genético de *Coffea arabica*, conceptualizado dentro del marco de PROMECAFE, es la selección de híbridos F1 que presenten una mejor producción, resistencia a enfermedades y calidad de bebida. Las técnicas de micropropagación *in vitro* son la mejor vía para multiplicar rápidamente estos híbridos. En este sentido, un método de embriogénesis somática de alta frecuencia fue desarrollado por el CIRAD, el CATIE y PROMECAFE. La mayor parte de éste proceso fue realizada en medio líquido para reducir los costos de producción. El uso de las técnicas de inmersión temporal con recipientes de cultivo especialmente adaptados (RITA[®]) permite la regeneración directa de plantas aclimatables a partir de suspensiones celulares, en el mismo recipiente y sin transferencia individual de material vegetal.. Los objetivos del presente trabajo son la validación técnica y económica del proceso *in vitro*, que serán complementados próximamente con la evaluación agronómica de las vitroplantas en ensayos multilocales en Centro América. A la fecha, diez híbridos F1 fueron introducidos en el laboratorio, y en todos ellos se ha logrado la producción de callo embriogénico de alta frecuencia, el establecimiento y el mantenimiento a largo plazo de suspensiones celulares y la regeneración de plantas en inmersión temporal así como una aclimatación eficiente. Los resultados muestran la importancia de la embriogénesis somática en la producción a gran escala de híbridos F1 mejorados de *Coffea arabica*.

Palabras claves: Mejoramiento genético, biotecnología, embriogénesis, café

¹ CIRAD / PROMECAFE / CATIE, Ap. 11, 7170 Turrialba, Costa Rica

² PROMECAFE / CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

³ CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

⁴ CIRAD / PROMECAFE, IICA, Ap. 55, 2200 San José, Costa Rica

⁵ ORSTOM / PROMECAFE / CATIE, p. 59, 7170 Turrialba, Costa Rica

⁶ CIRAD / CATIE, Ap. , 7170 Turrialba, Costa Rica

⁷ CIRAD, BP 5035, Montpellier, France

INTRODUCCIÓN

Para poder mejorar la productividad, la resistencia y la calidad de la bebida de las variedades de café que son cultivadas en América Central, se hace indispensable la utilización de la diversidad genética que existe en los orígenes espontáneos o sub-espontáneos. Con este objetivo PROMECAFE, el CATIE y la Cooperación francesa (CIRAD, ORSTOM, MAE) desarrollaron un programa de mejoramiento genético de *Coffea arabica* que presenta dos etapas : i) la creación y la selección de híbridos F1 (Bertrand *et al.*, 1997), entre las variedades locales (Caturra, Catuai, Catimor, Sarchimor) y las plantas de café silvestres de Etiopía y de Sudán, ii) el uso de la micropropagación para la multiplicación y la difusión clonal de los mejores híbridos en América Central.

La técnica aceptada para la micropropagación es la embriogénesis somática de alta frecuencia (Van Boxtel y Berthouly, 1996), ya que presenta un potencial de multiplicación muy elevado. Esta técnica también presenta aptitudes para la automatización gracias a la friabilidad y a la robustez del material embriogénico, además de que ofrece la posibilidad de utilizar medios líquidos. Estas cualidades son indispensables para la producción de materiales élite a un costo atractivo. Hasta hoy, la utilización de los medios líquidos, en suspensiones celulares o en bioreactores, permitió realizar la fase de proliferación del material embriogénico y la regeneración de embriones somáticos hasta estadios juveniles, pero no fue posible realizar la fase de desarrollo de las

plántulas listas para ser aclimatadas. En ambas técnicas fue necesaria la utilización de medio sólido para el desarrollo de los embriones somáticos hasta la producción de plantas lo que implica una utilización costosa de mano de obra y el uso importante de productos y de superficies de laboratorio que se opone a un desarrollo comercial.

Este trabajo muestra los resultados obtenidos con un proceso de embriogénesis somática de alta frecuencia original debido a que las fases de proliferación y regeneración de plantas ocurren en medio líquido, utilizando respectivamente las técnicas de suspensiones celulares y de cultivo en inmersión temporal (Fig. 1). El objetivo es desarrollar y validar un método de propagación aplicable a los híbridos F1 seleccionados.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron diez híbridos F1 de *C. arabica* que pertenecen a cuatro familias diferentes (Cuadro 1). Para cada híbrido se realizaron entre tres y siete introducciones de al menos 100 explantes. El proceso de embriogénesis somática es presentado en la Figura 1. Los medios C, E, CP, R y DEV fueron descritos anteriormente (Van Boxtel y Berthouly, 1996).

Etapas del proceso de embriogénesis somática.

1/. Callogénesis: Se utilizó como explante un segmento de hoja juvenil, el cual después de la desinfección, se colocó sobre un medio de callogénesis C durante un mes bajo condicio-

Cuadro 1. Comportamiento de los híbridos F1 de *C. arabica* para la producción de callo embriogénico de alta frecuencia. Los datos obtenidos para la frecuencia de explantes embriogénicos (CE) y el peso de callo embriogénico producido por explante (PCE) son los promedios de diferentes repeticiones.

Híbridos de <i>C. arabica</i>	Número de explantes introducidos	Número de explantes no contaminados	CE (%)	PCE (mg)
Familia 1 / híbrido 1	642	281	38 c	282 a
Familia 2 / híbrido 1	504	260	6 d	72 b
Familia 2 / híbrido 2	641	363	24 cd	179 a
Familia 3 / híbrido 1	866	341	42 bc	224 a
Familia 3 / híbrido 2	623	341	17 cd	117 ab
Familia 4 / híbrido 1	369	74	52 abc	262 a
Familia 4 / híbrido 2	384	162	74 ab	284 a
Familia 4 / híbrido 3	385	133	33 cd	378 a
Familia 4 / híbrido 4	382	98	32 cd	211 a
Familia 4 / híbrido 5	285	84	79 a	325 a

*Los análisis estadísticos son realizados sobre valores transformados : $\text{Arcsin}\sqrt{\text{CE}}$ et $\log(\text{PCE}+1)$.

nes de oscuridad y a 27°C. Luego, se transfirió a un medio E de inducción de la embriogénesis y se colocó bajo luz indirecta hasta la aparición del callo embriogénico de alta frecuencia.

2/. *Suspensión celular*: El mantenimiento de las suspensiones celulares se produjo en el medio de proliferación CP. Después de la fase de establecimiento, el cultivo se realizó en Erlenmeyers de 250 ml a 100 rpm y a 27°C. Cada diez semanas se hicieron subcultivos de los materiales. Los resultados sobre el éxito del establecimiento de las suspensiones y sobre la calidad morfológica de las suspensiones se realizó sobre diez Erlenmeyers. La evaluación de la calidad morfológica es realizada después de cinco meses de proliferación.

3/. *Regeneración en inmersión temporal*: El sistema de inmersión temporal RITA^R (Recipiente para la Inmersión Temporal Automática, CIRAD, Francia) ya fue ampliamente descrito (Teisson et al., 1995). Los agregados embriogénicos procedentes de suspensión celular fueron puestos en el RITA^R, con 200 ml de medio de expresión R, para permitir el desarrollo de los embriones somáticos. El medio de expresión se reemplazó por el medio DEV utilizado para la germinación y el desarrollo de las plantas. La conversión de los embriones a plantas se caracterizó por el desarrollo de al menos un par de hojas. Esta etapa se mantuvo durante tres a cuatro meses realizando un cambio de medio después de seis semanas. Al final de esta etapa, las

plantas están listas para ser aclimatadas en el invernadero.

Análisis de los resultados:

La mayoría de los resultados fueron sometidos a un test por análisis de variancia con un criterio de clasificación, seguidos por un test de Duncan (umbral $P=0,05$).

RESULTADOS

Producción de callo embriogénico"

Los niveles de contaminación provocados por la introducción *in vitro* de los explantes variaron entre 30 y 70

%. El cuadro 1 muestra que la obtención del callo embriogénico de alta frecuencia (Fig. 2) fue posible para todos los híbridos, con frecuencias relativamente altas. Los niveles de reactividad son bastante similares entre las familias de híbridos pero pueden ser muy diferentes entre los individuos de una misma familia. Las cantidades de callo embriogénico cosechadas para cada explante son importantes y permitieron la disponibilidad de suficiente material embriogénico para iniciar las suspensiones celulares aunque uno de los híbridos presentó una baja reactividad.

Cuadro 2.: Comportamiento de los híbridos F1 de *C. arabica* a nivel de la proliferación de las suspensiones celulares embriogénicas.

Híbridos de <i>C. arabica</i>	Tasa de éxito para el establecimiento de una suspensión (%)	Calidad morfológica (1-10)
Familia 1 / híbrido 1	80	8,9 ± 1,3
Familia 2 / híbrido 1	20	6,0 ± 1,4
Familia 2 / híbrido 2	70	6,9 ± 1,8
Familia 3 / híbrido 1	50	6,2 ± 2,4
Familia 3 / híbrido 2	20	5,0 ± 1,1
Familia 4 / híbrido 1	100	10 ± 0
Familia 4 / híbrido 2	100	7,3 ± 2,3
Familia 4 / híbrido 3	100	10 ± 0
Familia 4 / híbrido 5	80	10 ± 0

Suspensiones celulares embriogénicas.

Para todos los híbridos introducidos se establecieron suspensiones embriogénicas (Fig. 3; cuadro 2). Sin embargo, para esta etapa de cultivo, existen diferencias de comportamiento entre las familias. Hay que señalar

que los dos híbridos que dieron las peores respuestas en cuanto a producción de callo embriogénico (CE) (Familia 2 / híbrido 1 y Familia 3 / híbrido 2) son también los más recalitrantes para la iniciación de una suspensión celular.

Regeneración de embriones somáticos y de plantas en inmersión temporal. Para los 5 genotipos evaluados en regeneración (Cuadro 3) fue posible la producción de importantes cantidades de embriones somáticos (Figura 4) así como de plantas (Figura 5). La producción de los embriones somáticos ocurre después de tres meses de cultivo en RITA; la regeneración se da después de seis meses. Sin embargo la respuesta fue variable de un híbrido al otro. Aquí también, el hí-

brido Familia 1 / híbrido 1 fue el más eficiente con una producción superior a 9.000 plantas por recipiente después de seis meses de regeneración. Además, los mismos híbridos (Familia 2 / híbrido 1 y Familia 3 / híbrido 2), dieron los rendimientos más bajos, 750 y 1.000 plantas respectivamente por recipiente. En la actualidad todos los embriones somáticos están germinando. Las tasas de conversión de embriones en plantas son elevadas y bastante similares.

Cuadro 3. Comportamiento de los híbridos F1 de *C. arabica* durante la fase de regeneración en inmersión temporal. Los valores presentados son los promedios de al menos tres repeticiones, correspondiendo a recipientes diferentes.

Híbridos de <i>C. arabica</i>	Numero de embriones somáticos por recipiente RITA ^a	Conversión en plantas en el recipiente RITA ^a (%)
Familia 1 / híbrido 1	9647 a	95 a
Familia 2 / híbrido 1	767 *	85 *
Familia 2 / híbrido 2	2678 b	89 b
Familia 3 / híbrido 1	2663 b	85 bc
Familia 3 / híbrido 2	1038 c	83 c

^ano analizado estadísticamente (dos repeticiones)

Los análisis estadísticos fueron realizados sobre valores transformados de la manera siguiente : $\log(N^\circ \text{ emb. somáticos} + 1)$ et $\text{Arcsin}(\sqrt{\% \text{ conv. plantas}})$.

La eficiencia del sistema de cultivo en inmersión temporal fue comparada con un cultivo sobre medio sólido para la germinación y la conversión en plantas (Cuadro 4), que son las etapas más pesadas a nivel de mano de obra y más costosas de los procesos de embriogénesis somática. A nivel cualitativo, la germinación parece más lenta en inmersión temporal que sobre medio sólido. Sin embargo, es mucho más sincronizada, permitiendo la ob-

tención de un material vegetal altamente homogéneo (Figuras 4 y 5) y una mejor conversión de los embriones en plantas (+ 10%).

El análisis de los datos técnicos es ampliamente favorable al sistema de cultivo en inmersión temporal. En un solo recipiente RITA^R con 200 ml de medio líquido, fue posible la producción de 9.000 plantas, mientras que con un medio gelificado habría que utilizar 1.500 frascos con 30 ml de

Cuadro 4. Comparación de la eficiencia de la germinación y de la conversión de los embriones somáticos en plantas en inmersión temporal con la obtenida sobre medio gelificado. Este estudio fue realizado sobre el híbrido Familia 1 / híbrido 1 y fue hecho sobre un efectivo de 9.000 embriones somáticos

Características de la fase de conversión de los embriones en plantas	Conversión de los embriones en plantas en inmersión temporal	Conversión de los embriones en plantas sobre medio sólido
Duración (semanas)	20 ± 1	12 ± 3
Densidad de cultivo (N° embriones / recipiente)	9.000	200 (4 sem)/ 40 (4 sem)/ 6 (4 sem)
Número de recipientes	1	45 / 225 / 1.500
Superficie ocupada por los recipientes (m ²)	0,001	0,2 / 0,9 / 5,8
Germinación (%)	100 ± 0	97 ± 3
Conversión en plantas (%)	94,6 ± 2,9	84,3 ± 5,0
Desarrollo	Muy homogéneo, sincronizado	heterogéneo, no sincronizado
Intervenciones para 9.000 plantas	2 cambios de medio líquido	3 transferencias
Tiempo de intervención para 9.000 plantas (h)	0,18	76

medio para obtener el mismo resultado. La comparación de las superficies utilizadas para producir 9.000 plantas también demuestra una menor eficiencia del medio gelificado con respecto al líquido. Tres transferencias de los embriones y plantas fueron necesarias para obtener plantas aclimatables sobre medio gelificado, lo que representa 76 h de trabajo. Dos cambios de medio líquido fueron suficientes para obtener plantas aclimatables, lo que representó 10 min de intervención. El tiempo de preparación de los medios de cultivo, también favorable al uso de medios líquidos, no fue incluido.

CONCLUSIÓN

Los resultados presentados demuestran que el proceso de embriogénesis somática que utilizamos sobre el café es aplicable en un esquema de creación y difusión varietal de híbridos F1 de *C. arabica*. Efectivamente, todos los candidatos introducidos respondieron positivamente en las diferentes etapas del proceso. Además, aunque se observaron efectos genotípicos, los rendimientos obtenidos en cada etapa son suficientes para proyectar una producción masal. Es interesante observar que la aptitud de cada híbrido para la embriogénesis

somática, revelada por la frecuencia de explantes embriogénicos, influencia la eficiencia de las etapas siguientes.

Este estudio demuestra que el RITA^R permite la propagación masal de *C. arabica*. Generalmente, la utilización de suspensiones celulares o de bio-reactores permite sobre todo, la multiplicación del material embriogénico. Aunque en algunos casos ambos sistemas son utilizados para iniciar el proceso de regeneración, no permiten evitar el plateau sobre medio sólido de los agregados embriogénicos o de los jóvenes embriones somáticos para la regeneración de plantas aclimatables (Tautorus *et al.*, 1991 ; Zamaripa *et al.*, 1991 ; Neuenschwander *et Baumann*, 1992). La utilización de la inmersión temporal permite eliminar todas las operaciones de selección, aislamiento y transferencia manual de los embriones somáticos durante el proceso *in vitro*.

Las plantas regeneradas no presentan problemas de vitrificación y tasas de aclimatación superiores a 90 % fueron logradas. Las investigaciones se orientan ahora hacia la validación del proceso en una escala piloto y hacia la validación agronómica del material vegetal en diferentes países de América Central.

BIBLIOGRAFIA

- BERTRAND B., SANTACREO R., ANTHONY F., ETIENNE H., ESKES A. B., CHARRIER A. 1997. Comportement d'hybrides F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique centrale. ASIC, 17e Colloque, Nairobi, Actas en prensa.
- NEUENSCHANDER B., BAUMANN TW.. 1992. A novel type of somatic embryogenesis in *Coffea arabica*. *Plant Cell Report*. 10: 608-612
- TAUTORUS TE., FOWKE LC., DUNSTAN DI.. 1991. Somatic embryogenesis in conifers. *Can. J. Bot.* 69: 1873-1899
- TEISSON C., ALVARD D., BERTHOULY M., CÔTE F., ESCALANT JV., ETIENNE H.. 1995. *In vitro* culture by temporary immersion : a new device. *Plantations, recherche, développement*. 5: 29-34
- VAN BOXTEL J., BERTHOULY M.. 1996. High frequency somatic embryogenesis from coffee leaves. Factors influencing embryogenesis, and subsequent proliferation and regeneration in liquid medium. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 44: 7-17
- ZAMARRIPA A., DUCOS JP., TESSERAU H., BOLLON H., ESKES AB., PÉTIARD V., 1991 . Développement d'un procédé de multiplication en masse du caféier par embryogenèse somatique en milieu liquide. ASIC, 14e Colloque, San Francisco, 392-402.



Café Embriogénesis somática Proceso de Producción masal

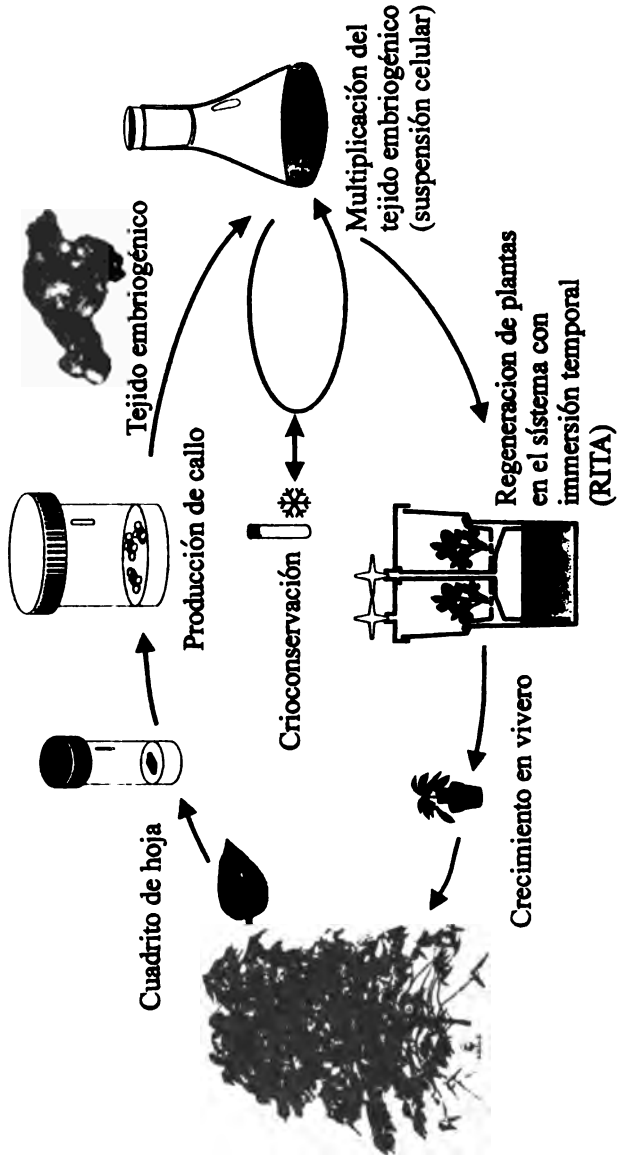


Figura 1: Esquema del proceso de embriogénesis somática utilizado para la multiplicación de los híbridos F1 de *C. arabica*.



Figura 2: Callo embriogénico de alta frecuencia de un híbrido F1 de *C. arabica*.



Figura 3: Suspensión embriogénica en proliferaión en Erlenmeyer.

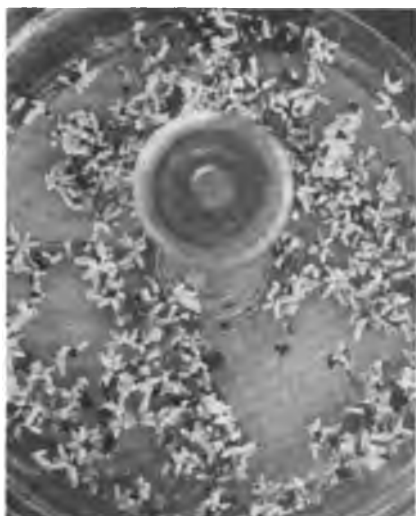


Figura 4: Embriones somáticos de híbridos F1 de *C. arabica* desarrollados en el recipiente para inmersión temporal RITA®.

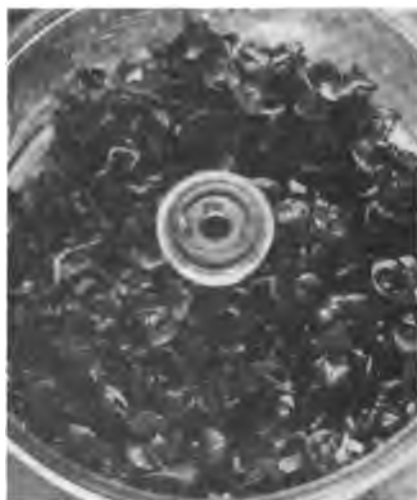


Figura 5: Plantas de híbridos F1 de *C. arabica* desarrollándose en el recipiente para inmersión temporal RITA®.

PRUEBA COMPARATIVA DE LAS CUALIDADES ORGANOLEPTICAS DE LA BEBIDA DEL CATIMOR T5175, VARIEDAD COSTA RICA 95, CATURRA Y CATUAI, EN OCHO REGIONES CAFETALERAS DE COSTA RICA

Sr. Gerardo Astúa Román.*
Ing. German José Aguilar Vega.**

RESUMEN

Con el objetivo de valorar las cualidades físicas del grano verde, tostado y de la bebida de las variedades de café Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuai, se recolectaron muestras de café fruta en óptimos de maduración de ocho experimentos ubicados en un igual número de zonas cafetaleras de Costa Rica. Posterior al procesamiento por vía húmeda, submuestras de 400 gramos fueron remitidas al departamento de Catación del ICAFE, Costa Rica. Se utilizó una escala valorativa de 1 al 10, en la cual el 1 representaba la bebida de inferior calidad y 10 un excelente infusión. El procedimiento utilizado permitió analizar estadísticamente los resultados, los cuales fueron transformados en raíz ($\sqrt{x + 0.5}$), se encontró diferencias estadísticas entre los genotipos estudiados para aroma, cuerpo y acidez, en la que la prueba de comparación de medias Duncan ($P \geq 0.05$), estableció al Catimor T5175, significativamente inferior a los otros tratamientos, se catalogó a la bebida como áspera y amarga. Observaciones en la apariencia del grano del mismo genotipo lo califica con tueste disparejo, desuniforme en grano y fisura abierta, con poca dureza.

Palabras clave: variedades, calidad de la bebida, catación

INTRODUCCIÓN:

El mantener y mejorar el prestigio de la calidad del café costarricense es un aspecto fundamental dentro del contexto de investigación en el cultivo y procesamiento del café. Por lo complejo del desarrollo hacia el resultado final definido en el sabor de la bebida,

en la que intervienen una sucesión e interacción de elementos, formula un reto en la determinación analítica del nivel y relación en que influyen los distintos factores en las cualidades organolépticas.

Los enfoques sobre la calidad de la infusión en *Coffea arabica* L, han estado dirigidos principalmente hacia

* Perito Clasificador y Catador de Café, ICAFE.

** Ing. Agr. Investigador. Departamento de Investigaciones y Transferencia. ICAFE.

las condiciones extrínsecas de las variedades, en las condiciones climáticas de la región, la recolección y beneficiado, MORAES, 1967; sobre la base de la escasa variabilidad genética de la especie, por su tipo de reproducción. Sin embargo, ZULUAGA, 1990, manifiesta que las variaciones en la composición química de las semillas de café son debidas a las diferencias genéticas y su relación con el ambiente, reconoce además que son difíciles de interpretar y correlacionar con las cualidades de la bebida.

Las particularidades aromáticas y gustativas del café son establecidas en apreciaciones sensoriales, al oler y sorber la infusión y se determina su calidad mediante la valorización cualitativa del aroma, cuerpo y acidez, MORA, 1989.

El objetivo del presente estudio fue valorar comparativamente las particularidades físicas del café verde y tostado así como las cualidades organolépticas de la bebida de los genotipos Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuaí, sometidos a un manejo comercial en ocho distintas regiones cafetaleras de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Muestras de 400 gramos de café verde (grano oro), sin clasificación o separación por densidad o tamaño (a chorro) con un promedio de humedad del 10,0 por ciento, de los genotipos Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuaí, provenientes de 40 litros de café fruta recolectados en óptimos de maduración del fruto de ensayos semicríticos ubicados en

ocho zonas cafetaleras de Costa Rica, se procesaron por vía húmeda en el Centro de Investigaciones en Café, Heredia, Costa Rica. Los mismos se remitieron posteriormente a un período de almacenamiento no menor de dos meses al departamento de Catación para su valorización en la apariencia del grano verde y tostado así como en las particularidades organolépticas de la bebida.

Submuestras de 150 gramos se tostaron a 250 °C por espacio de 8 a 10 minutos para un tueste claro, en un tostador para cantidades pequeñas de cuatro cilindros y emisión de calor por gas, Jaberz Burns. Posteriormente se molió en un granulo regular parte del mismo, en un molino Ditting, para obtener 10 gramos por taza.

Para la evaluación de las muestras, las mismas se agruparon por sitio de estudio y se identificaron con un número aleatorio, pero consecutivo para la investigación, se utilizó una escala cuantitativa de 1 a 10, en la cual 1 representa la calidad inferior y 10 una excelente bebida. En función al tipo de prueba y para evitar la relación tipo y forma del grano y la calidad de la infusión, la catación se realizó inicialmente con la bebida y luego el grano tostado y por último el café verde.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En el cuadro 1, se presenta algunas características de los sitios y épocas de recolección de muestras de los genotipos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí y el Catimor T5175, para su evaluación en aspectos de calidad.

Se procuró en todos los casos, realizar el muestreo en óptimos de maduración del fruto por genotipo y localidad particular, condición que en apariencia permite comparar en un mismo estadio fisiológico las variedades al evitar distintos grados de madurez y refleja en gran medida la concentración de la producción, no obstante, lo

anterior no se estableció una marcada diferencia entre la maduración intervarietal, por lo cual los tratamientos *in situ*, se recolectaron en la misma fecha. No se encontró efecto de la altitud con respecto al número de cosechas y la época de muestreo, posiblemente intervengan otros factores ambientales.

Cuadro 1. Características de los ensayos y del muestreo de café fruta de los genotipos Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuaí, para análisis del grano verde y cualidades organolépticas de la bebida. Costa Rica, 1997.

SITIO	T.	Pal.	Par.	S. R.	Gre.	S. Do.	Desam.	Alaj.
msnm	620	1050	1070	1100	1150	1200	1300	1430
sombra	no	sí	no	sí	no	no	sí	no
# cos.	2	3	3	2	3	3	3	2
# recol.	8	3	4	4	3	3	2	5
# recol. mues.	4	2	2	2	1	2	2	4
fecha muestreo	08-nov	30-dic	30-oct	19-dic	17-dic	04-ene	04-feb	23-dic
tipo y subtipo	MGA-T	GHB	HGA	GHB	HB	SHB-N	SHB-S	SHB-N

msnm: metros sobre el nivel del mar, #cos: número de cosechas, #recol.: número de recolecciones, #recol. mues.: número de la recolección de la muestra.

T.: Turrialba, Pal.: Palmares, Par.: Paraíso, S.R.: San Ramón, Gre: Grecia, S. Do: Santo Domingo, Desam: Desamparados, Alaj: Alajuela.

Independientemente de las zonas y del genotipo, todas las muestras analizadas presentaron una calidad de primer pergamino. Los resultados obtenidos en la evaluación del grano tostado y calidad de la bebida son presentados en el cuadro 2.

Se efectuó un análisis de varianza de la calificación promedio del tueste, aroma, cuerpo y acidez de las diferentes localidades, para lo cual se transformaron los datos para normalizar-

los mediante a raíz de $(x + 0.5)$. Se encontró diferencias estadísticas entre los materiales genéticos en estudio, la prueba de comparación de Duncan ($P \geq 0.05$) determinó que en el aroma, cuerpo y acidez el Catimor T5175 es inferior a las otras variedades, entre estas últimas no se definió diferencias.

El tueste del grano de todos los genotipos es parecido, sin embargo, las observaciones que acompañan al va-

Cuadro 2. Resultados de la evaluación del tueste y cualidades organolépticas de la bebida de los genotipos Catimor T5175, VCR-95, Caturra y Catuaí, en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica. 1997.

sitio	Turrialba 620					Palmares 1050					Paraiso 1070					San Ramón 1100					Grecia 1150					
	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T	
Caturra	8	8	8	8	L	7	8	8	8	L	8	8	9	9	L	8	8	8	8	L	8	8	8	8	9	L
VCR-95	8	7	8	7	L	7	7	7	7	L	9	9	8	8	L	7	8	8	8	L	8	7	8	8	L	
Catuaí	8	8	8	9	L	7	8	7	8	L	9	8	9	9	L	8	8	8	8	L	8	8	8	9	L	
T5175	7	7	7	7	A	7	5	5	4	A	8	7	7	7	A	8	7	6	6	A	8	7	7	5	A	
sitio	S. Domingo 1200					Desamp. 1300					Atajuela 1430					Promedio datos transformados										
	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T	T	A	C	A	T						
Caturra	8	8	7	7	L	8	8	8	8	L	7	7	8	8	L	2.875	2.898 a	2.918 a	2.938 a	L						
VCR-95	8	8	7	7	L	8	8	8	8	L	7	7	7	7	L	2.873	2.828 a	2.853 a	2.853 a	L						
Catuaí	8	8	7	7	L	8	8	8	8	L	7	8	7	7	L	2.895	2.920 a	2.873 a	2.935 a	L						
T5175	7	7	7	7	A	8	6	7	7	L	7	6	7	6	A	2.830	2.644 b	2.691 b	2.566 b	A						

Escala de 1 a 10, donde 1 es mala calidad y 10 excelente bebida.

T: tueste, A: aroma, C: cuerpo, A: acidez, T: taza (L: limpia, A: amarga-áspera).

lor menciona que el Catimor T5175, mostró un tueste disparejo, desuniforme en grano, fisura abierta en todas las localidades y poca dureza, resalta en condiciones menores a 1200 msnm la presencia de granos redondos, contrario a otros tratamientos.

La Variedad Costa Rica 95, se destaca notoriamente en cuanto al gran tamaño de grano, su uniformidad y particular forma.

CONCLUSIONES

El procedimiento utilizado para valorar las cualidades físicas del grano y de la bebida han permitido establecer diferencias entre tratamientos, posi-

blemente con la experiencia en este tipo de mecanismo y subsiguientes estudios se pueda desarrollar una técnica analítica de interpretación de resultados a pesar que los mismos provengan de apreciaciones cualitativas sensoriales.

Se manifestó una diferencia genética en los resultados, no obstante, el ligamen genotípico de los materiales estudiados, esto hace prever que las evaluaciones sobre características del grano y bebida en función de los estándares comerciales deben de ser efectuados en las primeras generaciones.

El Catimor T5175 expresa una inferior calidad del grano y de la bebida, en función a la demanda del mercado, por lo que debe ser considerado ac-

tualmente para mezclas y seleccionado para tal fin, en vista de su nivel generacional.

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, G. y ALPIZAR, J. 1995. Estudio preliminar de las cualidades organolépticas de la bebida de cuatro genotipos en dos zonas ecológicas de Costa Rica. *In: XVII Simposio sobre Caficultura Latinoamericana*. San Salvador, El Salvador. Vol 1.

ASTUA, G. 1983. La elaboración o beneficiado del café. Oficina del Café. San José, Costa Rica. 24p.

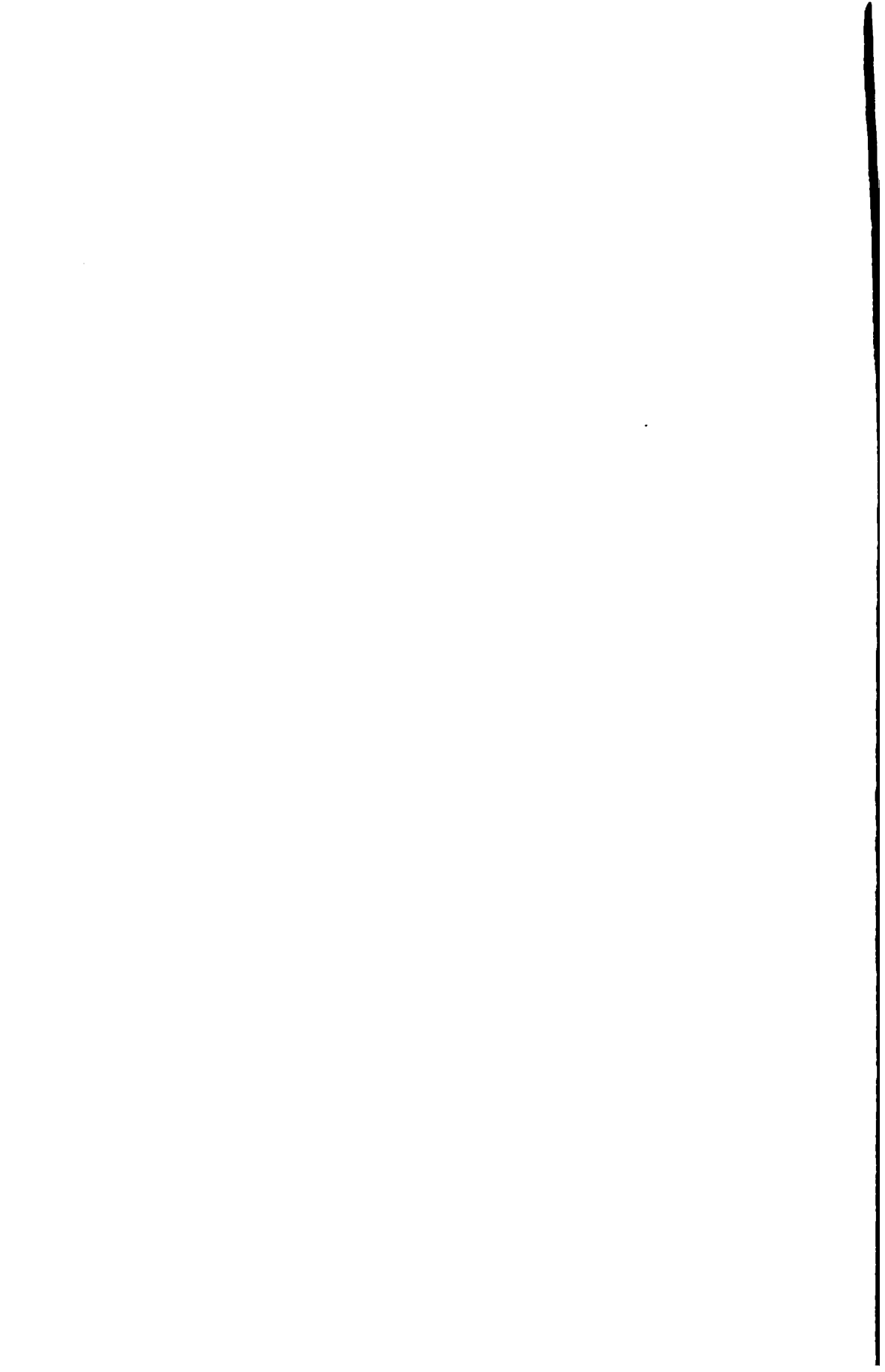
ASTUA, G. 1990. Control de calidad y catación de café. Instituto del Café de Costa Rica. San José, Costa Rica. 9p.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN CAFE. 1997. Informe anual de labores, 1996. (En prensa).

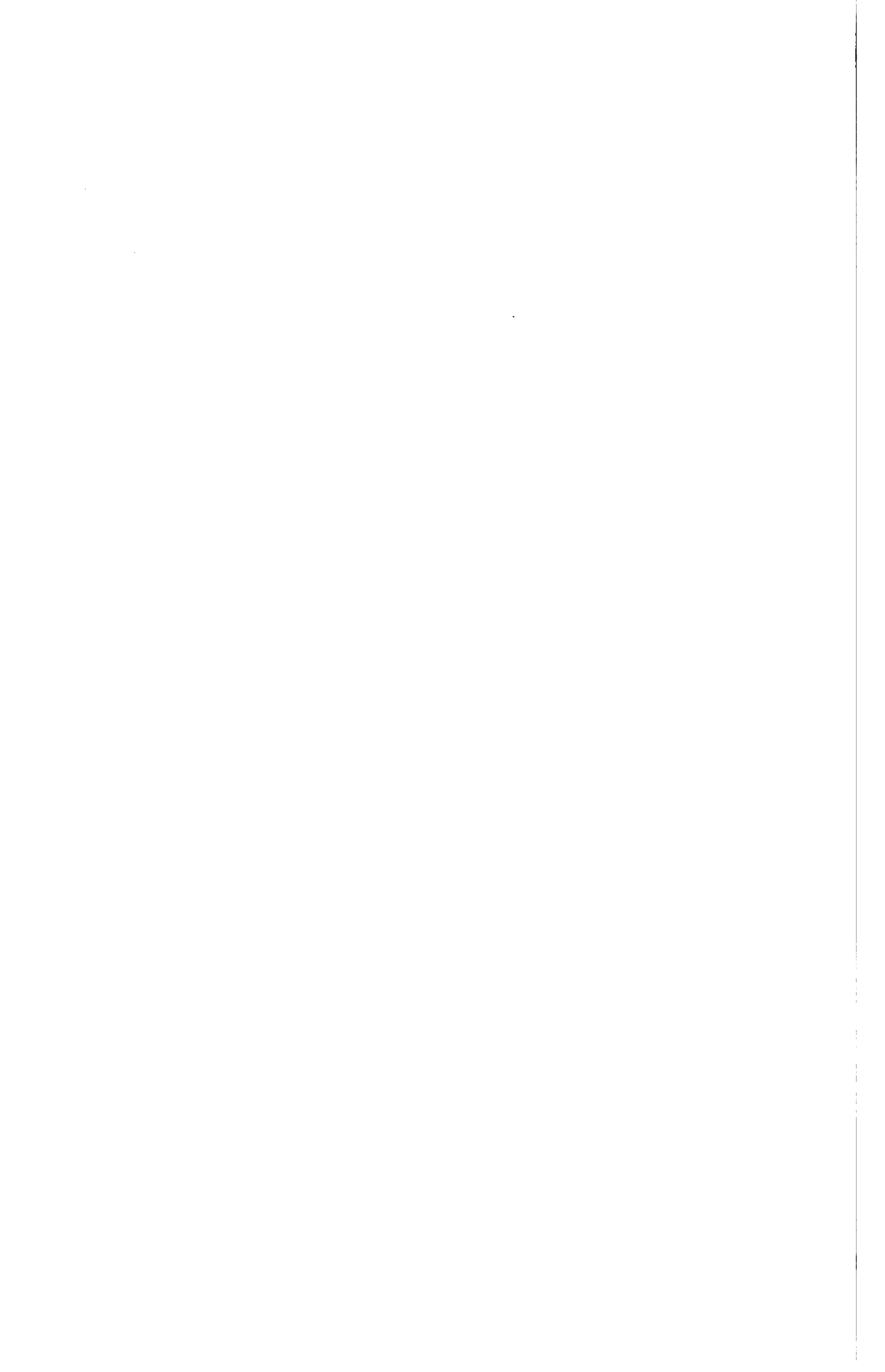
MORA, E. 1989. Tecnología y calidad de café. Programa cooperativo para la modernización de la caficultura de México, Centroamérica., PROMECAFE. Informe de capacitación. Turrialba, Costa Rica. 40p.

MORAES, F. 1976. Factores que afetam a qualidade da bebida do café. *Agronómico*. Brasil 18(9-10).

ZULUAGA, J. 1990. Los factores que determinan la calidad del café verde. *In: 50 años de Cenicafé, Conferencias Comemorativas*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Caldas, Colombia. 167-183p.



MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS



CORCHOSIS DE LA RAIZ DEL CAFETO Y ALTERNATIVAS DE MANEJO ¹

Pablo García Pérez²

RESUMEN

El nemátodo *Meloidogyne incognita* raza 2 (Chitwood) y el hongo *Fusarium oxysporum* (Sheld) fueron identificados en raíces de cafetos afectados por la suberización (corchosis) del café (*Coffea arabica* L), recolectadas en la comunidad El Progreso, Atoyac, Veracruz, México. En esta área de estudio fueron evaluados en el invernadero tres portainjertos de *Coffea canephora* y plantas de *C. arabica* var. Caturra como testigo. La evaluación de los cuatro materiales fue hecha sembrándolos en macetas cada uno en tres sustratos: pulpa de café descompuesta, gallinaza (estiércol de gallina) y suelo, e inoculándolos con los patógenos mencionados. Para el experimento se hizo con arreglo factorial 42 x 3 con cuatro repeticiones y un diseño completamente al azar. Siete meses después de la inoculación, los síntomas típicos de la "corchosis" (heridas longitudinales y suberización) sólo fueron observados en las plantas inoculadas con los dos patógenos simultáneamente y en los tres sustratos usados. Uno de los portainjertos (el Núm. 2) mostró resistencia a la corchosis.

Los portainjertos 1, 3 y las plantas de Caturra mostraron ser hospedantes susceptibles a *M. incognita* raza 2. *F. oxysporum* causó un efecto detrimental del crecimiento de los portainjertos 1, 3 y Caturra, pero no indujo suberización de las raíces y en el cuello de las plantas.

Palabras claves: Corchosis de la raíz, café, alternativas de manejo, *Meloidogyne incognita* raza 2 (Chitwood), *Fusarium oxysporum* (Sheld), México.

INTRODUCCION

Entre las enfermedades causadas por nematodos y hongos se destaca la corchosis, por los síntomas de corcho que manifiesta el tejido cortical de las raíces de plantas afectadas. *Meloi-*

dogyne spp., *Fusarium oxysporum* y *Trichoderma* sp. son los organismos asociados a la enfermedad (Téliz et al., 1991; Hernández et al., 1991). Los síntomas que presentan las plantas de café afectadas son: engrosamiento, heridas longitudinales y suberización en cualquier parte del sis-

¹ Tesis de maestría Colegio de Postgraduados. Texcoco, México

² Investigador, UNICAFE

tema radical o en el cuello de la planta, además acompañan al síntoma la clorosis, defoliación severa y sequedad de ramas; esta enfermedad es capaz de provocar la muerte directa o indirecta a plantas jóvenes o adultas (Téliz et al., 1991). En Costa Rica, Marbán y Flores (1991) señalan que los organismos causales de la corchosis son *M. arabicida* (López y Salazar, 1989) y *F. oxysporum*. Recientemente Carneiro et al. (1996) en Brasil identifica a *M. paranaensis* como el organismo asociado a los síntomas de la corchosis; y en Cuba, Rodríguez et al. (1995) también consignan la presencia de la corchosis y señalan a *M. mayaguensis* como el agente causal. El uso de nematicidas ha sido la práctica más común para resolver el problema de los nematodos; sin embargo, la poca eficacia que estos compuestos ofrecen, aunado a las regulaciones ambientales por la contaminación del agroecosistema y la inestabilidad de los precios del café, ha motivado la búsqueda de otras alternativas como: la obtención de plantas libres de nematodos, utilizando a *Coffea canephora* Pierre var. Robusta como patrón injertada con materiales de excelentes características agronómicas. Otra opción de gran importancia en los últimos años, por los beneficios que se le atribuyen, es la incorporación al suelo de enmiendas orgánicas tales como pulpa de café y gallinaza (Marbán, 1994).

MATERIALES Y METODOS

A partir de noviembre de 1994 se realizaron muestreos de suelo y raíces de

café en la propiedad (Rancho San Antonio) de un productor de la Congregación El Progreso, municipio de Atoyac, Veracruz. El Rancho se dividió en cuatro campos donde se realizó un muestreo para obtener una muestra representativa por campo. Cada muestra fue procesada y analizada en el laboratorio de nematología del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. Las raíces acorchadas de cada muestra se mezclaron con suelo infestado, el cual se utilizó como sustrato para la reproducción del nematodo en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Rutgers en condiciones de invernadero.

Sesenta días después, por las características de los síntomas en las raíces de las plantas de tomate y además por las observaciones efectuadas al microscopio óptico de los patrones perineales de hembras, se comprobó la presencia de *Meloidogyne*; esto motivó a que se inocularan 100 plantas de tomate (25 por muestra) en macetas de unicel de 0.5 kg de capacidad con suelo esterilizado. Cada planta se inoculó con una masa de huevos para la identificación del nematodo, con base en las características morfológicas y morfométricas para hembras, machos y juveniles J₂ (Jepson, 1987 y Eisemback et al., 1983). La raza del nematodo se determinó con base en la respuesta de plantas diferenciales propuesta por Myers (1985).

De la muestra representativa de cada campo, se tomaron raíces de café agalladas y acorchadas para el aislamiento y purificación de los organismos asociados a la corchosis. Los pe-

dazos de raíces ya esterilizados se transfirieron a cajas Petri provistas de PDA (papa-dextrosa-agar) suplementado con estreptomycin (300 ppm) y se incubaron durante 10 días a una temperatura 23-25 °C. En las raíces sembradas predominó la presencia de *Fusarium*, lo que permitió identificar la especie con base en la clave de Nelson *et al.* (1981).

Por información proporcionada por el productor y muestreos, se determinó que algunas plantas de *C. canephora* no presentaban la enfermedad, además, su vigor, tamaño de hoja y forma del grano eran bastante aceptables; así, de tres de estas plantas se tomaron semillas, para obtener plántulas que fueron utilizadas como portainjertos. También se seleccionaron semillas de *C. arabica* var. Caturra para ser utilizadas como púa, y pie franco, como testigo. Las semillas de cada planta de *C. canephora* se sembraron en arena desinfectada con bromuro de metilo, y 15 días después las de Caturra, con el propósito de obtener fases fenológicas iguales (soldadito) para ambas especies, de acuerdo con la técnica de injertación. Cuando las plantas presentaron la fase de soldadito, se injertaron con Caturra; posteriormente cada portainjerto se trasplantó en bolsas negras de polietileno con tres diferentes sustratos los cuales fueron: 1) suelo 100%, 2) suelo 50% + pulpa de café descompuesta 30%+ arena de río 20%, y 3) suelo 50% + gallinaza (estiércol de gallina) 30% + arena de río 20%. Las plantas injertadas se establecieron en condiciones de invernadero. Para la inoculación de los materiales en estudio

con juveniles (J_2), la población Atoyac de *Meloidogyne* se incrementó en plantas de tomate. Los conidios de *F. oxysporum* se transfirieron a cajas Petri con PDA y se incubaron a una temperatura de 23-25 °C, cuando el hongo cubrió la superficie del medio de cultivo se le adicionó agua destilada estéril para formar una suspensión y mediante diluciones se obtuvo la concentración de 4×10^4 conidios; la cual se utilizó como fuente de inóculo total para cada unidad experimental (French y Hebert, 1982). A los cuatro meses de edad las plantas de cada material evaluado se inocularon con 5 000 J_2 de *Meloidogyne* y 30 días después con *Fusarium* a una concentración de 4×10^4 conidios, así como la combinación de ellos (*Meloidogyne* + *Fusarium*) y un testigo sin inóculo. Estos se combinaron con los tres diferentes sustratos, los cuales se probaron con los tres portainjertos y el pie franco de la variedad Caturra (testigo). El experimento con arreglo factorial $4^2 \times 3$ con cuatro repeticiones se distribuyó en un diseño completamente al azar. Siete meses después de la inoculación se registró la respuesta del hospedante con base en el número de agallas, peso fresco de raíces, población final de nematodos (suelo y raíces) e índice de agallamiento (IA). El IA se determinó para cada unidad experimental con base en la escala propuesta por Taylor y Sasser (1983). El grado de resistencia de las especies de cafeto se registró de acuerdo con la escala propuesta por Canto-Sáenz (1983). Los datos obtenidos en el experimento se sometieron a un análisis de varianza, prue-

ba de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($p=0.05$) (Martínez, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Con base en las características morfológicas y morfométricas de las hembras, machos y juveniles (J_2) de la población Atoyac, correspondió a *Meloidogyne incognita* (Chitwood). En la prueba con plantas diferenciales se determinó que la especie en estudio de *M. incognita* población Atoyac, correspondió a la raza 2. La especie del hongo procedente del área del estudio fue *F. oxysporum* (Sheld).

Efecto de los patógenos en los materiales evaluados:

Se puede observar que en forma general en todos los materiales inoculados sólo con *M. incognita* se registró mayor promedio de 70.4 agallas (A), en comparación a la combinación con *F. oxysporum*, 62 agallas (Cuadro 1).

De acuerdo con la comparación de medias para los cuatro materiales probados, la mayor susceptibilidad la registró *C. arabica* var. Caturra con 77 agallas en promedio, seguido en importancia por *C. canephora* portainjerto 3, con 32 agallas; y *C. canephora* portainjerto 1, con 23 agallas; y *C. canephora* portainjerto 2 registró el promedio más bajo, 0.21 agallas, (Cuadro 2).

El peso fresco de raíces (PFR) de las plantas inoculadas sólo con fusarium y su combinación con el nematodo registraron los promedios más bajos 5.3 y 6.1 g, respectivamente, en comparación con el testigo, 8.5 g; mientras que las plantas inoculadas con *M. incognita* desarrollaron un promedio de 6.7 g de raíz (Cuadro 1). Al comparar los tres portainjertos de *C. canephora* y pie franco Caturra entre sí, se encontró que el portainjerto 1 presentó el peso más bajo 5.2 g; mientras que el portainjerto 3 presentó el más alto, 7.7 g (Cuadro 2); esto sugiere que el efecto de los patógenos inoculados fue mayor en el portainjerto 1 y mínimo en el portainjerto 3.

Cuadro 1. Efecto de la inoculación con *F. oxysporum* y *M. incognita* raza 2, solos y combinados en los materiales de café evaluados en el experimento de invernadero Atoyac, Veracruz.

Patógenos	A planta	PFR g/planta	PFN planta	PSF g/planta
<i>M. incognita</i> raza 2 (M)	70.375a	6.704 b	6 301.56a	5.0171a
<i>F. oxysporum</i> (F)	-	5.2998 d	-	3.4981c
M+F	61.958d	6.1485c	4 754.31b	4.1052b
Testigo È	-	8.5342a	-	4.9644a

Materiales evaluados: *C. arabica* var. Caturra y *C. canephora* var. Robusta portainjertos 1, 2, y 3. È= sin inóculo. A=número de agallas. PFR= peso fresco de raíces. PFN= población final de nematodos. PSF=peso seco del follaje. Las medias en la columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p>0.05$), rango múltiple de la prueba de Tukey.

Cuadro 2. Comportamiento de los materiales evaluados: Caturra y portainjertos 1, 2 y 3 de *C. canephora* a la infección por *M. incognita* raza 2 extrído de raíces de café con síntomas de corchosis en el experimento de invernadero Atoyac, Veracruz.

Materiales	A planta	PFN planta	PFR g/planta	PSF g/planta	IA	FR	GR
<i>C. arabica</i> var. <i>Caturra</i>	76.604a	9 814.08a	6.2092c	3.9719c	5a	3.96a	Susceptible
<i>C. canephora</i> - portainjerto 3	32.104b	553.81b	7.7471a	4.6060a	4b	0.22b	Hipersusceptible
<i>C. canephora</i> - portainjerto 1	23.417c	550.37b	5.2492d	4.3469b	3.7c	0.21b	Hipersusceptible
<i>C. canephora</i> - portainjerto 2	0.208d	137.60c	7.4813b	4.6600a	0.37d	0.05c	Resistente

C. arabica var. *Caturra* utilizado como testigo y púa.

Portainjertos: Materiales seleccionados de *C. canephora* var. *Robusta* utilizados como patrones e injertados con la variedad *Caturra*.

Las medias en la columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p=0.05$), rango múltiple de prueba de Tukey.

A= número de agallas. PFR= peso fresco de raíces. PFN= población final de nematodos. PSF= peso seco del follaje. IA= índice de agallamiento. FR= factor de reproducción GR= grado de resistencia.

Susceptible: hospedante eficiente y significa que hay daño.

Hipersusceptible: hospedante pobre, pero puede ocurrir daño.

Resistente: hospedante pobre con muy pocas agallas.

La mayor colonización de las raíces por *M. incognita* raza 2 si hubo cuando se inoculó el nematodo solo, en comparación con la combinación con *F. oxysporum*; la población final del nematodo (PFN) registrada fue de 6 301 y 4754 nematodos (en raíces y suelo), respectivamente. La población final de nematodos (PFN), en *C. arabica* var. *Caturra* (9 814) fue aproximadamente mayor con respecto al portainjerto 2 de *C. canephora* (137 nematodos); cabe señalar que los portainjertos 1 y 3 no mostraron diferencias entre sí para esta variable, presentando valores de 550 y 553 nematodos, respectivamente. (Cuadro 2). En relación con la susceptibilidad del nematodo que mostraron los materiales probados, los resultados obtenidos indican que los tres portainjertos de

C. canephora presentaron el menor grado de agallamiento y la menor reproducción del nematodo en comparación con el material susceptible *C. arabica* var. *Caturra*; lo cual repercutió en un incremento significativo de 9% a 17% en el peso seco del follaje comparado con *C. arabica* (Cuadro 2).

La variedad *Caturra* registró el índice de agallamiento más alto (5), le siguen, en orden de importancia, los portainjertos 1 y 3 que presentaron diferencias estadísticas (3.7 y 4, respectivamente), el portainjerto 2 presentó el índice de agallamiento más bajo 0.37 (Cuadro 2). El factor de reproducción para *Caturra* presentó la media más alta, 3.96, el nematodo se reprodujo 18 veces más en comparación con los portainjertos 1 (0.21) y 3 (0.22), los cuales no mostraron dife-

rencias entre sí; mientras el portainjerto 2 registró el FR más bajo 0.05 (Cuadro 2).

Con base en la estimación de la cantidad del daño causado por el nematodo en la raíz del hospedante y la estimación de la reproducción (Canto-Sáenz, 1983 y Sasser *et al.*, 1984); la variedad Caturra resultó **susceptible**, ya que fue un hospedante eficiente, con un $FR > 1$ y fue dañado ($IA > 2$). Los portainjertos 1 y 3 de *C. canephora* se catalogaron como *hipersusceptibles*, ya que fueron hospedantes pobres con un factor de reproducción $FR \leq 1$, sin embargo el daño que sufrieron fue $IA > 2$; esto sugiere que *C. arabica* var. Caturra y los portainjertos 1 y 3 pueden ser considerados como susceptibles a la corchosis y hay mayor probabilidad de daño cuando el nematodo y hongos están presentes, por lo que no es conveniente recomendarlos para programas de injertación como alternativas de manejo en campos infestados; debido a que siete meses después de que las plantas fueron expuestas al ataque simultáneo de *M. incognita* y *F. oxysporum* éstos materiales (portainjertos 1, 3 y pie franco Caturra) presentaron los síntomas de la enfermedad. El portainjerto 2 presentó los valores más bajos, con un $IA \leq 2$ y un $FR \leq 1$ que lo ubica como material **resistente**; pudiendo, por lo tanto, ser utilizado como patrón en injertación y contener los daños causados por *M. incognita* raza 2 (Cuadro 2). Además, aun cuando no se evaluó el grado de pudrición radical en el portainjerto 2, fue evidente el menor daño que presentó con respecto al resto de los materiales; esto sugiere que el portain-

jerto 2 puede permitir también resistencia al hongo. Este material puede resultar promisorio en programas de injertación cuando la población de *M. incognita* se encuentre presente. Posiblemente la variabilidad del número de genes de resistencia influyó en el proceso de penetración y reproducción del nematodo dentro del tejido de este material; con respecto a *F. oxysporum*, es posible que esta explicación genética influyó en que el micelio y conidios del hongo evitara la invasión al tejido vascular y como consecuencia el bloqueo de los vasos del xilema; hasta ahora se han identificado nueve factores de resistencia (S_{H1} - S_{H9}) en el cafeto. S_{H1} - S_{H2} , S_{H4} Y S_{H5} pertenecen a *C. arabica*, S_{H3} probablemente se origine de *C. liberica* y S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} y S_{H9} pertenecen a *C. canephora* (Kushalappa y Eskes, 1989).

En general *F. oxysporum* redujo aproximadamente 1.6 veces la biomasa (peso seco del follaje) en las plantas inoculadas de los materiales evaluados (3.5 g) en comparación con el testigo (5.0 g). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Calderón (1989) quien tres meses después de inocular plantas de *C. arabica* variedad Caturra con *F. oxysporum*, el peso seco del follaje se redujo aproximadamente cinco veces en comparación con el testigo. Cabe señalar que en las plantas inoculadas con este hongo no logró reproducir el síntoma de corchosis; sin embargo se presentó clorosis y reducción en el tamaño de hojas y entrenudos cortos; en las raíces se observó necrosamiento y reducción del

sistema radical, se pudo observar que el daño causado por *F. oxysporum* en los materiales evaluados se reflejó en el peso seco del follaje en las plantas inoculadas sólo con este hongo (3.5g) en comparación con *M. incognita* raza 2 (5.0 g) y su combinación (4.1 g) (Cuadro 1).

Como resultado de este trabajo de investigación se puede decir que siete meses después de la inoculación con *F. oxysporum* y *M. incognita* raza 2 individuales y juntos, ambos patógenos en los diferentes materiales evaluados (portainjertos 1, 2 y 3 de *C. canephora* var. Robusta y la variedad Caturra a pie franco de *C. arabica*) el síntoma típico de la corchosis de la raíz del cafeto (engrosamiento, heridas longitudinales, suberización y necrosamiento en el tejido vascular en cualquier parte del sistema radical o en el cuello de la planta) no se presentó en las plantas inoculadas individualmente, sólo con el nematodo y el hongo; sin embargo las plantas que fueron inoculadas con estos dos patógenos juntos presentaron el síntoma de la corchosis en las raíces de los portainjertos 1, 3 y Caturra; en la parte aérea de estas plantas se observó clorosis y espacios cortos entre nudos.

Esto concuerda con otros investigadores que han obtenido resultados similares al inocular *M. arabicida* en plantas de vivero de *C. arabica* var. Caturra y *C. canephora* var. Robusta y el híbrido Catimor, en donde se encontró gran variabilidad de resistencia entre las líneas experimentales de *C. canephora* y alta susceptibilidad de Caturra (Calderón, 1989). Por otro lado, Morera (1987) realizó ino-

culaciones con *M. exigua* con el fin de establecer alguna clasificación de resistencia de algunos materiales de café, y encontró una tendencia similar de variabilidad entre la variedad Robusta y los híbridos Catimor y Sarchimor de *C. canephora* y los cultivares de *C. arabica*: Catuaf, Anfillo y Villasarchi; esto indica que no todos los materiales derivados de *C. canephora* son resistentes a los daños causados por nematodos y hongos fitopatógenos del suelo, situación que debe ser considerada en la selección de materiales para ser utilizados como portainjertos.

Efecto del sustrato en el nematodo, la enfermedad y en el desarrollo de los materiales evaluados.

La incorporación de materia orgánica al suelo no tuvo en general un impacto negativo en el nematodo (Cuadro 3); así la población final de nematodos en el sustrato pulpa de café fue de 2 436 nematodos, mientras gallinaza y suelo no presentaron diferencias entre sí, con promedios de 2 669 y 3 155, respectivamente. No obstante, los sustratos pulpa y gallinaza indujeron un incremento significativo en el desarrollo radical en comparación con suelo solo, así mismo, un mejor desarrollo radical correspondió también a un agallamiento significativamente mayor (Cuadro 3).

A pesar de que el agallamiento radical fue similar en los tres sustratos, el desarrollo del sistema radical significativamente favorecido por la incorporación de gallinaza y pulpa de café, permitió un mejor desarrollo de la parte aérea de la planta, como lo indica el incremento significativo en el peso se-

co del follaje obtenido en plantas desarrolladas en estos sustratos, en comparación con las desarrolladas en suelo sin enmienda orgánica.

Ninguno de los sustratos utilizados influyeron en la enfermedad, ya que los síntomas de la corchosis se registraron con mayor severidad en las plantas de la variedad Caturra a pie franco y menor en los portainjertos 1 y 3 de *C. canephora*, independientemente del sustrato en que se desarro-

llaron. Se puede decir que la incorporación de estos residuos orgánicos ayuda al incremento de nutrimentos disponibles en el suelo, lo cual se manifiesta en el vigor de las plantas, permitiendo una mayor actividad fotosintética, lo que puede favorecer a la longevidad de la vida productiva de plantas afectadas por patógenos del suelo; por lo tanto, si se consideran estos resultados es importante incluir esta práctica en los programas de manejo integrado del café.

Cuadro 3. Efecto de los sustratos: pulpa de café, gallinaza y suelo sobre las variedades del experimento de invernadero Atoyac, Veracruz.

Sustratos	A planta	PFN planta	PFR g/planta	PSF g/planta
Pulpa de café	36.6a	2 436a	7.05a	4.59a
Gallinaza	34b	2 699b	7.03a	4.44b
Suelo	28.6c	3 155b	5.9b	4.14c

A= número de agallas. PFR= peso fresco de raíces. PFN= población final de nematodos PSF= peso seco del follaje. las medias en la columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), rango múltiple de la prueba de Tukey.

CONCLUSIONES

Los patógenos asociados con la enfermedad de la corchosis en el área cafetalera de Atoyac, Veracruz fueron *Meloidogyne incognita* raza 2 y *Fusarium oxysporum*.

El síntoma típico de corchosis (heridas longitudinales y suberización) solamente se logró reproducir con la inoculación de los dos patógenos juntos.

El síntoma de la corchosis de la raíz se presentó independientemente del sustrato (pulpa de café, gallinaza y suelo) en el que crecieron las plantas.

El portainjerto 2 de *Coffea canephora* var. Robusta resultó resistente a los organismos causales de la corchosis.

Los portainjertos 1, 3 y *C. arabica* var. Caturra a pie franco son hospedantes altamente susceptibles a *M. incognita* raza 2.

BIBLIOGRAFIA

- CALDERÓN, V. M. 1989. Reacción de diferentes genotipos de café a *Meloidogyne arabicida* (López y Salazar, 1989), gama de hospedantes y hongos fitopatógenos asociados. Tesis Mag. S. C. Turrialba, C. R. CATIE. 64 p.
- CANTO-SÁENZ, M. and B. B. Brodie. 1983. The variability root-knot nematodes and the nature of potato resistance to the nematodes. In: Hoker, W. W. ed. Research for the resistance in the year 2000. International Potato Center. Lima, Perú. pp: 66-69.
- CARNEIRO, R. M. G., Carneiro F.G., Abrantes, I. O. M., Santos, M. S. N. A and Almeida, M. R. 1996. *Meloidogyne paranaensis n. sp.* (Nemata: Meloidogynidae) a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. J. Nematol. 28: 177-189.
- EISEMBACK, D. J., Hirschmann, H., Sasser, N. J. y Triantaphyllou. 1983. Guia para la identificación de la cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies), con una clave pictórica. Internacional *Meloidogyne* Project. Raleigh North Carolina, U. S.A. Traducido por carlos Sosa Moss. 48p.
- FRENCH, R. E. Hebert, T. T. 1982. Métodos de investigación fitopatológica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. san José, Costa Rica. 289 p.
- HERNÁNDEZ, V. E. E., Castillo, P. G. y Cid del Prado, V. I. 1991. Estudio fitonematológico en cafetales del municipio de Tlaltetela, Ver. Resúmenes del XVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Puebla Pue. 129p.
- JEPSON, B. S. 1987. Identificación of root- Knot nematodes (*Meloidogyne* especies), C.A.B. Internacional. Wallingford, Oxon, United Kingdom. 265p.
- LÓPEZ, R. y salazar, L. 1989. *Meloidogyne arabicida sp. n.* (Nemata: heteroderidae) nativo de Costa Rica: un nuevo y severo patógeno. Turrialba 39: 313-323.
- KUSHALAPPA, A. C. and Eskes. A.B. 1989 Advances in coffee rust research. Ann. Rev. Phytopathol. 27: 503-31.
- MARBÁN - MENDOZA, N. y Flores L. 1991. Rol de *Meloidogyne arabicida* (López y Salazar) y *Fusarium oxysporum* f. sp. Coffeae en la corchosis del cafeto (*Coffea arabica* var. Caturra Costa Rica. XXIII. Reunión Anual Organización Nematologos Trópi-

- cos Americanos. San Antonio Texas. p: 117-18.
- MARBÁN - MENDOZA, N. 1994. Nematodos fitopatógenos de café en Centro América e intentos de su manejo. Boletín 62. IICA. PROMECAFE, Guatemala, Guatemala. 5 p.
- MARTÍNEZ, G. A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. la ed. Editorial Trillas. pp: 128-298.
- MORERA, N. LÓPEZ, R. 1987. Efecto de tres poblaciones de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887, en cafeto y de la resistencia de seis líneas experimentales a una de esas poblaciones. Seminario Nematología. Informe Técnico No. 125. CATIE, PANAMA. pp: 67-65.
- MYERS, R, F. 1985. Identificación de especies y razas de *Meloidogyne* mediante la prueba de hospedantes diferenciales. In: Fitonematología de laboratorio. Ed. by Zuckerman, M. ; Mai, F.W.; Harrinson, M.B. Trad. por Marbán - Mendoza, N. Turrialba, Costa. Rica. CATIE. pp: 71-76.
- NELSON, P.E. , Toussoun, T.A. and Cook, R. J. 1981. *Fusarium: Diseases, Biology, and Taxonomy*. The Pennsylvania State University Press University Park and London. 457 pp.
- RODRÍGUEZ, G. M. I., Rodríguez, I. y Sánchez, L. 1995. *Meloidogyne mayaguensis*. Morfología, número de cromosomas y respuesta a la prueba de hospedante diferenciales de una población cubana. Rev. Protección eg. CENSA, La Habana, Cuba. 15 p.
- SASSER, J. N., Carter C. C. and Hartman, M. K. 1984. Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes. North Carolina States.. University-Raleigh, U. S. A. 20 P.
- TAYLOR, L. A y Sasser, N. J. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Proyecto Internacional de Meloidogyne impreso por artes gráficos de la universidad del estado de carolina del Norte. Raleigh, Estados Unidos. traducido por el departamento de Nematología, Entomología y el departamento de capacitación y comunicación, Centro Internacional del Papa (CIP), Lima, Perú 111 p.
- TÉLIZ, O. D., Nieto, A. D. Castillo, P. G. y Obregón. 1991. la corchosis del café: Síntomas e histopatología. Revista mexicana de fitopatología. México. 11: 6- 12.

CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS HONGOS DE SUELO EN CONDICIONES DE CAMPO EN CAFETALES ESTABLECIDOS

Ing. MSC Ruth Evelyn Cienfuegos *

Br. René Ramírez Amador.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en tres fincas de la zona central: Cooperativa Chanicó, San Juan Opico, La Libertad; Cooperativa El Espino, Antiguo Cuscatlán, La Libertad y Finca La Carbonera, Guadalupe, San Vicente. En cada finca se delimitó un área con cafetos enfermos por la podredumbre negra de la raíz producida por *Rosellinia sp*; en cada área se realizaron 3 estudios: 1. Identificación de hongos del suelo y plagas asociadas; 2. Identificación de especies vegetales asociadas a la problemática de hongos del suelo y 3. Determinación de las características físicas y químicas del suelo, precipitación y altitud de áreas afectadas por hongos de suelo. Los resultados mostraron que los hongos *Penicillium sp* y *Fusarium sp* se encuentran con mayor frecuencia asociados al daño de las raíces del café producido por *Rosellinia sp* (en un 50 y 40% respectivamente). La propagación del hongo *Rosellinia sp* a nivel de campo se debe al contacto de una planta sana de café con una raíz enferma de *Inga sp*. La maleza "Epasina" (*Pectiveria alliacea*) es una hospedera del hongo *Rosellinia sp*. El pH y la acidez intercambiable son las características químicas del suelo que tienen más importancia con la presencia de hongos, especialmente del género *Rosellinia*.

Palabras claves: Hongos de suelo. *Rosellinia sp*, *Penicillium sp* y *Fusarium sp*

INTRODUCCION

Objetivos:

Caracterizar los diferentes factores que inciden en la presencia de los hongos patógenos en cafetales establecidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se inició en junio de 1994 y finalizó en diciembre de 1995, en tres fincas de la zona central, donde se diagnosticaron problemas de hongos de suelo, principalmente

* PROCAFE. Final 1a. Av. Nte. Santa Tecla, El Salvador. Fax: 238-0669. e-mail:procafe@es.com.sv

donde se reportó *Rosellinia sp.* Las fincas muestreadas fueron :Coop. Chanmico, San Juan Opico, La Libertad, Coop. El Espino Antiguo Cuscatlán, La Libertad y Fca. "La Carbonera", Guadalupe, San Vicente.

En cada finca se marcó un área con cafetos y árboles de sombra enfermos y con síntomas característicos de la enfermedad (muerte descendente; amarillamiento, defoliación, muerte de ramas y terminales). En cada finca se marcaron 6 cafetos enfermos 18 en total de las 3 fincas, además, un cafeto sano y un árbol de sombra enfermo. Se realizaron en cada área tres estudios sin ningún diseño estadístico, los cuales fueron:

1. Identificación de hongos del suelo y plagas asociadas:

En este estudio por cada cafeto marcado, se hizo un perfil del suelo que se encuentra alrededor de él; las muestras para las observaciones se tomaron en los diferentes estratos: superficie 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm y 40 cm al final de la raíz, las muestras fueron procesadas en el laboratorio de fitopatología; además en cada estrato se hizo la captura de insectos y artrópodos asociados a las raíces enfermas.

2. Identificación de especies vegetales asociadas a la problemática de hongos del suelo

Por cada cafeto marcado se muestrearon las malezas presentes en la banda de fertilización y en la calle cercana, usando para esto un marco muestreador. En ambos muestreos se tomaron datos de cobertura (en %) de las

diferentes especies encontradas (colección en el Programa de Protección Vegetal).

3. Determinación de las características físicas y químicas del suelo, precipitación y altitud en las áreas afectadas por hongos del suelo.

En cada cafeto marcado se tomaron muestras de suelo en los diferentes estratos: superficie, 0-10 cm, 20-40 cm y 40 cm al final de la raíz. Cada una de las muestras fueron remitidas al laboratorio de Servicios Analíticos. Los análisis efectuados fueron: rutina y elementos menores; además, se recopilaron los datos de precipitación y altitud de cada una de las zonas en estudio. Los datos de los estudios 1 y 2 se analizaron en base a la frecuencia.

RESULTADOS

Identificación de hongos del suelo y plagas asociadas: La mayoría de los organismos denotan su presencia en la superficie y en el estrato de 0-10 cm., los hongos que se encontraron en la superficie con mayor frecuencia fueron: *Penicillium sp* (50%) y *Fusarium sp* (40%). En los estratos de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-40 cm el hongo *Fusarium sp* se encontró con una mayor frecuencia (40%). En cuanto a las bacterias el género *Xanthomonas*, se encontró en la superficie con una frecuencia del 20%. Del estrato de 0-10 cm en la Finca "La Carbonera" se aisló el hongo biocontrolador *Trichoderma sp.* Además, se observó a nivel de campo la propagación del hongo *Rosellinia sp*, debido al contacto de una planta de cafeto con una raíz

enferma de *Inga sp.* siendo esta la forma de propagación de la podredumbre negra de la raíz en el cafetal. Las lombrices se encontraron en la superficie con el valor más alto de frecuencia (15.48%).

Identificación de especies vegetales asociadas a la problemática de hongos del suelo:

En la Cooperativa Chanmico se identificaron 12 especies, destacándose con una cobertura de 35% la "Plumilla" (*Panicum trichoides*); en la Cooperativa El Espino se identificaron 10 especies destacándose con una cobertura del 8% la "Coyuntura de Pollo" (*Commelina diffusa*) y en la Finca La Carbonera se identificaron 22 especies, destacándose con una cobertura de 52.5% "Coyuntura de pollo" (*Commelina diffusa*). En la Finca La Carbonera, se encontró la maleza "Epasina" (*Petiveria alliacea*) como hospedera del hongo *Rosellinia sp.* Lo observado concuerda con lo expresado por Parker (7), sobre la analogía entre las malezas y algunas enfermedades fungosas.

Determinación de las características físicas y químicas del suelo, precipitación y altitud de áreas afectadas por hongos del suelo:

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan las características químicas más sobresalientes de las 3 fincas en estudio. En las tres localidades se observó que la relación entre el pH y la acidez intercambiable (H+Al), ya que a medida que se profundiza en los estratos de suelo el pH se vuelve menor y la acidez intercambiable sufre un aumento, existiendo una relación inver-

sa entre estas variables. El porcentaje de materia orgánica (M.O) es mayor en el estrato de la superficie. En las tres fincas se encontraron % de M.O. con valores de 4.6, 4.7 y 2.95% respectivamente. En la Cooperativa Chanmico predominan los suelos F.A (en un 50%); en la Cooperativa El Espino, los suelos CA (60%) y en La finca La Carbonera, los suelos CA (85.7%).

En las tres localidades el valor más alto de precipitación se registró en el mes de septiembre con 400, 450 y 400 mm en la Cooperativa Chanmico, Cooperativa El Espino y Finca La Carbonera respectivamente. El comportamiento de la precipitación fue similar en las tres localidades, no hubo diferencia en la distribución de la lluvia con relación a la altura sobre el nivel del mar de las fincas estudiadas. La podredumbre radicular producida por *Rosellinia sp* se presentó en diversidad de texturas de suelo (FA, A, CA, FCA), sobre este particular López y Fernández (5), mencionan que la textura del suelo influye sobre el desarrollo de los hongos *Rosellinia bunodes* y *Rosellinia pepo*. El hongo *Rosellinia sp* se encontró en las 3 fincas cafetaleras, que se estudiaron y que se encuentran ubicadas en diferentes alturas sobre el nivel del mar (de 600 a 900 msnm o más); asimismo, en suelos que presentan en la superficie porcentajes de M.O que van de medio a alto (2%-5% = medio; 5% a 12% = alto) y en pH que oscilan entre 3.8 a 5.7. Esto concuerda también con lo encontrado por los autores antes mencionados (5), los que expresan que los hongos del género *Rosellinia* crecen satisfactoriamente

18MUESTREOS

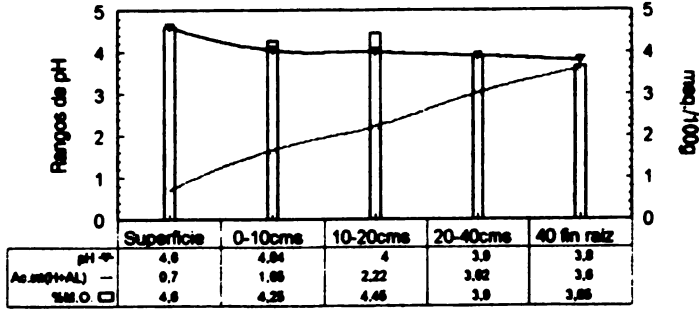


Figura 1. Determinación de pH, acidez intercambiable (meq/100g) y % M.O. en diferentes estratos del suelo. Coop. Chanmico, Sn Juan Opico, La Libertad.

18MUESTREOS

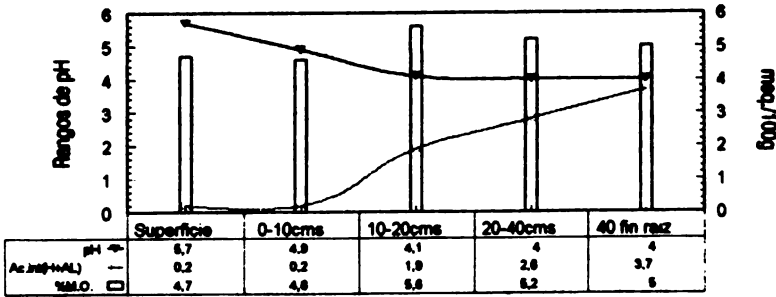


Figura 2. Determinación de pH, acidez intercambiable (meq/100g) y % M.O. en diferentes estratos del suelo. Coop. El Espino, Ant. Cuscatlán, a Libertad.

18MUESTREOS

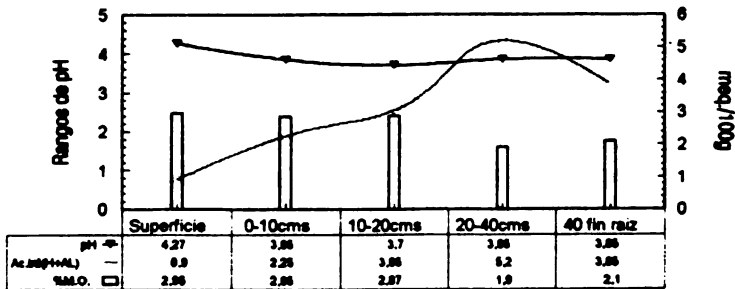


Figura 3. Determinación de pH, acidez intercambiable (meq/100g) y % M.O. en diferentes estratos del suelo. Fca La Carbonera, Guadalupe, San Vicente.

En medios con pH desde 3 a 9, ocurriendo un desarrollo micelial mayor en los pH de 5.5 y 7.0.

CONCLUSIONES

1. En los estratos de la superficie y en el de 0-10 cm se encuentra la mayoría de los organismos asociados al daño de las raíces del cafeto, causado por *Rosellinia sp.*
2. Los hongos que se encuentran con mayor frecuencia asociados a la podredumbre de la raíz son: *Penicillium* (50%) y *Fusarium* (40%).
3. En las tres fincas en estudio en las cuales se encontró el hongo *Rosellinia sp* se detectó como habitante natural del suelo el hongo biocontrolador *Trichoderma sp.*
4. La maleza "Epasina" (*Petiveria alliacea*) es hospedera del hongo *Rosellinia sp.*
5. Las características químicas del suelo asociadas al daño del hongo *Rosellinia sp* son: el pH y la acidez intercambiable, existiendo entre ambas una relación inversa. (figs. 1, 2 y 3). No se encontró influencia de la M.O. sobre la presencia del hongo.
6. La podredumbre negra de la raíz del cafeto producida por *Rosellinia sp* se presentó en diferentes texturas de suelo (FA, A, CA, FCA) y en las 3 fincas cafetaleras ubicadas en diferentes alturas sobre el nivel del mar (de 600 a 900 msnm o más) y en pH que oscilan entre 3.8 a 5.7.

7. En cafetales establecidos donde se presenta el daño por hongos del suelo, especialmente el de *Rosellinia sp* se recomienda:
 - Realizar control de malezas para eliminar aquellas que son hospederas al hongo.
 - Realizar correcciones de suelo cuando su acidez presentan valores de pH de 3.5 a 5.5.,

BIBLIOGRAFÍA

- AGRIOS, G.N. 1989. Fitopatología 3ª ed. Editorial Limusa, S. A. de C.V. México, D.F. p 127-133.
- CASTRO, C., B.L. 1994. Control Biológico de patógenos del suelo. CENICAFE, Chinchiná, Colombia. 1 p.
- FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. PROCAFE 1992. Diagnóstico de la Caficultura. 1992. Departamento de Estudios Económicos y Estadística PROCAFE. sp.
- LÓPEZ, P., S. 1965. Estudios sobre la llaga negra radicular del cafeto causada por *Rosellinia bunodes* Berk, et. B. Sacc. Tesis de Grado Fac. Agronomía. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.
- LÓPEZ, D.S. Y FERNÁNDEZ B., O. 1966. Llagas radicales negra /*Rosellinia bunodes*/ y estrella /*Rosellinia pepo*/ del ca-

feto. II Efecto de la humedad y pH del suelo en el desarrollo micelia e infección. CENICAFE/Colombia 17(2):61-69.

NICOT, Z. 1954. Inventory of the microflora of soils planted with coffee in the Ivory Coast. Agronomy Ministry Bulletin Science N. Ivory Coast. p 287-291.

PARKER, C. 1985. Malezas. In Manual para Patólogos Vege-

tales. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Recopilado por Commonwealth Mycological Institute C.A.B. Lima, Perú. p 278-279.

RUIZ, L. L. 1992. Efecto del contenido de materia orgánica del suelo sobre el control de *Rossellinia bunodes* Berk & Br. (Sacc) con *Trichoderma* spp. In Congreso Ascolfi, 13. Villaviecenio, Colombia, agosto 12-14. p 77-78.

PLANES DE MUESTREO NUMERICO Y BINOMIAL SECUENCIAL PARA EL DAÑO CAUSADO POR EL MINADOR DE LA HOJA DEL CAFETO EN GUATEMALA

Amador Villacorta¹
Lloyd T. Wilson²
Eduardo Carrillo³
Hector Ochoa⁴

RESUMEN

La lluvia es un factor de mortalidad muy importante que causa un impacto significativo en la dinámica poblacional del minador de la hoja del café *Leucóptera coffeella* (Guerin-Meneville). Se presentan planes de muestreo numérico y binomial (presencia-ausencia) secuencial para rápidamente estimar las densidades de lesiones del minador sobre las hojas para Guatemala. Los planes de muestreo permite una rápida determinación si el ataque del minador tendría alcanzado el umbral de acción de una media de una lesión por hoja.

Palabras claves: Plagas del café , muestreo, umbral de control.

INTRODUCCION

El minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeella* Guerin-Meneville es una plaga muy importante en toda America Latina donde cafe es plantado. Um importante componente del manejo integrado de plagas, es la estimativa de las poblaciones de una plaga para determinar su densidad relativa en relación a un umbral de acción de control. El umbral de accion de control es considerado de diferentes formas en America Latina, asi Guatemala y otros paises de América

Central consideran la presencia de 15 larvas vivas por muestra de 100 hojas al azar para 0.7 ha. En varios estados del Brasil se considera el porcentaje de hojas atacadas lo cual varía de 20% a 50%. Todavía no existen estudios para ver el efecto del ataque del minador en relacion a la producción, y como separar los efectos de la sequía. Además de como la densidad de plantas/ha, la sombra y lluvia afectan los poblaciones del minador. Hoy sabemos en el Brasil que la no utilización de un muestreo secuencial del minador del cafeto esta llevando a

¹ Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR caixa postal, 481 CEP: 86001-970 - Londrina - PR, Brasil.

² Department of Entomology, Texas A & M University, College Station, Texas, U.S.A.

³ ANACAFE 5ta. Calle O-50, Zona 14, Guatemala C.A.

⁴ ANACAFE 5ta. Calle O-50, Zona 14, Guatemala C.A.

un rápido desarrollo de resistencia del minador a varios insecticidas, con el desequilibrio aparecen acaros y plagas defoliadoras.

Objetivo: Desarrollar un plan de muestreo simple y rápido para estimar la densidad del daño causado por el minador de la hoja del cafeto, que permita tomar una decisión de realizar o no una aplicación de control en una área plantada con café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras para este estudio fueron recogidas de una plantación comercial, Finca Chitalón, localizada en Mazatenango, Suchitepeque, Guatemala desde Febrero de 1991 a Junio de 1992, sin embargo los datos del clima hasta Setiembre de 1992 para poder observar el efecto de la lluvia sobre la población de larvas del minador de la hoja del Cafeto (MHC). La área experimental consiste de un bloque de 400 plantas de café de la variedad Caturra con una densidad de 5,000 plantas/Ha, con 15 años de edad, en condiciones de sombra, sin tratamiento de insecticidas.

Una muestra de 100 hojas al azar fueron observadas (sin destrucción) cada 15 días en cada una de las 20 plantas seleccionadas al azar para estimar la media de lesiones por hoja, causadas por MHC. De la bordadura del área experimental fueron retiradas 100 hojas damnificadas por el minador y llevadas al laboratorio para determinar la presencia de larvas vivas y muertas de MHC, para estimar la mortalidad natural causada por condi-

ciones climáticas. La lluvia y temperatura diaria fueron obtenidas de la estación meteorológica de ANACAFE mantenida en la finca Buena Vista, San Sebastián, Retalhveu, que queda cerca de la área experimental. Los datos fueron analizados siguiendo la metodología publicada por Villacorta & Gutiérrez, 1989 y Villacorta & Wilson, 1994.

RESULTADOS

Fueron desarrollados dos planos de muestreo que están en los Cuadros 1 y 2.

PROCEDIMIENTOS PARA APLICAR EL MUESTREO

1. Dividir la area ser muestreada en areas de muestreo no mayores de una ha, y hacer un mapa de la area total a ser manejada, dando un numero a cada area de muestreo;
2. Caminar dentro de la primera area a ser muestreada y de 12 plantas al azar realizar observaciones visuales de las lesiones en 25 hojas por planta. No realice el muestreo en los dos primeros pares de hojas de las ramas;
3. Usandos cuadro 1 (binomial) o cuadro 2 (numerico). Tome la decisión de tratar o no tratar en la area muestreada. En el caso que el muestreo caiga en continue muestreando, despues de muestrear 12 plantas, tome otro ciclo de muestras o realice el muestreo despues de 15 dias.

Cuadro 1. Reglas del muestreo secuencial presencia-ausencia para el daño causado por el minador de la hoja del cafeto para un tamaño de muestra de 25 hojas por árbol

Arbol Numero	Hojas Muestreadas	$\alpha = \beta = 0.10$		$\alpha = \beta = 0.20$	
		No Si \leq	Trate Si \geq	No Si \leq	Trate Si \geq
1	25	8	15	9	14
2	50	19	29	20	27
3	75	29	41	31	39
4	100	40	54	42	52
5	125	51	67	54	64
6	150	62	79	65	76
7	175	74	91	76	88
8	200	85	104	88	101
9	225	96	116	99	113
10	250	107	128	111	125
11	275	118	141	122	137
12	300	130	153	134	149

*** Final del muestreo ***

Cuadro 2. Reglas del muestreo numerico secuencial para el daño causado por el minador de la hoja del cafeto para tamaño de muestra de 25 hojas por planta

Número de hojas muestreadas	Número total de lesiones muestreadas	
	α	β
25	16	34
50	37	63
75	60	91
100	82	118
125	105	145
150	128	172
175	151	199
200	175	225
225	198	252
250	222	278
275	245	305
300	269	331

*** Final del muestreo ***

4. El muestreo debe iniciarse con la floración y continuar mensualmente hasta que los frutos paren de crecer. Cuatro meses después de la floración existe una baja velocidad de crecimiento de los frutos y una alta producción de hojas lo cual permite a la planta compensar el daño en las hojas. Posteriormente existe una máxima velocidad de crecimiento de los frutos, y densidades de daño de más de 1 lesión por hoja causada por el minador causa daño económico. Este daño aumenta si existe un periodo corto de sequía. En este caso el periodo de muestreo debe reducirse para 15 días.

CONCLUSIONES

Tal como fue observado en Brasil los datos de Guatemala con café bajo sombra también se ajustan a un modelo poisson modificado. Es necesario validar en campo los planes de muestreo aquí presentados y realizar experimentos similares en otras regiones de Guatemala para consolidar este plan de muestreo.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, P.M.P. 1991 Monitoramento de resistência do bicho mineiro do cafeeiro, *Perileucop-tera coffeella* (*Lepidoptera:Lyometiidae*) a inseticidas en Minas Gerais. Tese de Mestrado. Viçosa, UFV. Brasil.
- CAMPOS, O.G., BARRIOS, J.F., SALAZAR, D.S.; CARRILLO, E. AND B. DECAZY. 1988. Estudio de la dinámica poblacional del minador de la hoja del café en la zona de nuevo San Carlos, Retalhuleu, Guatemala. XI Simposio de caficultura Latinoamericana, San Salvador. El Salvador. IICA-PRO-MECAFE.
- EVELEENS, K.G. 1966. Control biológico del minador del café. *Revista cafetalera*, Guatemala 54:12-16.
- HAMILTON, D.W. 1967. Injurious and beneficial insects in coffee plantations of Costa Rica and Guatemala. *Jour. Econ. Entomol* 60 (5):1409-1413.
- VILLACORTA, A & A. P. GUTIERREZ. 1989. Presence-absence sampling decision rules for the damage caused by the coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella* Guerin-Meneville, 1842). *Pesq. Agropec. Bras.* 24:517-525.
- VILLACORTA, A & L.T. WILSON. 1994. Plano de amostragem sequencial de presença-ausência do dano causado pelo bicho mineiro *Leucoptera coffeella* Guerin-Meneville. *An. Soc. Entomol. Brasil* 23(2) 277-284.

EVALUACION DE LA INTERACCION DEL NEMATODO *Meloidogyne sp.* CON EL HONGO *Fusarium oxysporum f.sp.*, EN EL SISTEMA CAFE¹

Munguía M.

Matute L.

López C.²

Monterroso D.³

RESUMEN

Se evaluó la interacción sobre plantas sin y con injerto. Se inoculó: *Meloidogyne sp.* solo; *F. oxysporum f.sp.* solo; los dos patógenos en conjunto, el hongo después del nemátodo; y se dejó un tratamiento sin ninguno de los patógenos. Las plantas que resultaron más afectadas en su altura, el diámetro del tallo, peso húmedo de la raíz y número de agallas fueron las plantas sin injerto. Dos elementos son de relevancia en este trabajo: uno es el hecho de que el injerto aunque sea infectado por el nematodo no le produce mayor daño y segundo, parece ser que el hongo requiere que haya una convivencia planta-nematodo de suficiente tiempo, para poder ser estimulado en su agresividad.

Palabras claves: Nematodos, injertos, café, Nicaragua.

INTRODUCCION

Nicaragua es un país netamente agrícola. Uno de los rubros de mayor importancia es el café. Se estima que hay aproximadamente 28,000 productores y cerca de 170,000 hogares que dependen directamente del café (Banco Mundial, 1992; citado por Monzón, 1992).

Un problema que viene a afectar la producción cafetalera es la incidencia de enfermedades, tales como: la antracnosis, Roya, mancha de hierro, la presencia de nematodos principalmente *Pratylenchus spp.*, *Helicoty-*

lenchus spp., *Rotylenchulus spp.* y *Meloidogyne spp.* destacandose entre este último las especies *Meloidogyne exigua* y *Meloidogyne incognita* (Villalba et al, 1982; citado por Herrera 1995).

Actualmente la marchitez lenta ha causado pérdidas en las regiones IV Y VI (UNICAFE 1995, Calderón et al. 1993). Esta enfermedad representa una seria limitante para la caficultura de estas regiones donde se han venido realizando estudios para conocer su distribución y para identificar los organismos asociados al síntoma de la enfermedad. Los resultados demos-

¹ Este trabajo es parte de la tesis de grado de las dos primeras autoras

² Docente de la Universidad Nacional Agraria (UNA) de Nicaragua.

³ Coordinador Proyecto CATIE-INTA-MIP/NORAD., Nicaragua.

traron una incidencia variable del hongo *Fusarium sp* y nematodos de los géneros *Meloidogyne sp* y *Pratylenchus sp* (Blandón et al, 1993). En otros estudios realizados se han encontrado *Fusarium sp* y *Rosellinia sp* asociados con la marchitez (Monte-rosso y Góngora, 1991).

Dado la importancia que esta enfermedad representa para la producción cafetalera de Nicaragua se ha planteado el siguiente trabajo con el propósito de determinar si la asociación nematodo-hongo esta influyendo en el desarrollo de la enfermedad marchitez lenta del café.

METODOLOGIA

El ensayo se estableció con plantas de la variedad Catuaí rojo, las cuales estaban divididas en plantas con injerto y plantas no injertadas. El trasplante se realizó a los 24 meses de edad en maceteras plásticas de 21 kg de capacidad. El suelo que se utilizó fue esterilizado con formalina al 10% dejándose por un período de 10 días para utilizarse posteriormente. Se suministró riego diariamente en cantidades suficientes para mantener las condiciones de humedad a capacidad de campo, se efectuaron aplicaciones de fertilizante foliar (Bayfolan 4cc/lit de agua), Nitrógeno (Urea al 46%) a razón de 5lb diluídas en 200 lt de agua-Completo (N-P-K) 3gr por planta.

Inoculación:

1.1. Nematodo: se utilizaron raíces de cafeto naturalmente infestadas provenientes de una plantación comercial. Finca las carolinas, San Mar-

cos-Carazo. Las raíces obtenidas en el campo se maceraron en licuadora, para luego ser pasado por un juego de tamices. La lectura dió un número promedio de 1,520 estados juveniles por muestra de 5 gr de raíz, de acuerdo a esto, se determinó inocular por planta 4 gr de nódulos equivalentes a 5,000 nematodos por planta. Estos 4 gramos de raíz finamente cortados fueron incorporados a las plantas de café realizándose dos orificios de 5cm en el suelo a cada lado de la planta y depositando ahí las raíces para luego ser cubiertas con suelo.

1.2. Hongo: para obtener el inóculo del hongo *Fusarium oxysporum* las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se esterilizaron los trozos de tejido y posteriormente fueron sembrados en PDA en placas petri dejándolo en incubación durante 7 días. Una vez obtenido el cultivo puro se procedió a realizar una siembra del hongo en el medio Bilay con el objetivo de elevar la producción de conidias, este medio se cubrió con papel aluminio ya que el hongo crece mejor con menor intensidad de luz y se mantuvo en un agitador para estimular la producción de los propágulos durante 3 días a una temperatura de 25°. Se procedió a realizar lecturas con el Hematócmetro Spencer hasta alcanzar la cantidad de propágulos deseada. Se obtuvo una concentración de 500,000 propágulos por cc. y se aplicó a cada planta una concentración de 9×10^6 propágulos en un volumen de suspensión de 18 ml por planta. La inoculación se hizo después de 30 días de estar inoculadas con el nematodo *Meloidogyne sp.* colocando en el suelo tubos de cristal

perforados en ambos extremos a una distancia de 5cm de la base del tallo y a una profundidad de 15cm donde posteriormente se añadió la solución del hongo *F. oxysporum*.

Tratamientos:

Se utilizó un diseño al completo azar -DCA- con 4 tratamientos y 15 repeticiones en cada tratamiento. Se evaluó *Meloidogyne sp.* solo, *F. oxysporum* solo y en asociación *Meloidogyne sp.* mas *F. oxysporum*, utilizándose como testigo la aplicación de agua estéril, la distribución de los tratamientos fué la siguiente:

- Café + *Fusarium oxysporum*
- Café + *Meloidogyne sp.*
- Café + *Meloidogyne sp.*+*Fusarium oxysporum*
- Café + agua estéril (testigo).

Variables Medidas:

Para todos los tratamientos los datos se tomaron cada mes. Las variables evaluadas fueron:

- Altura
- Número de Crucetas
- Número de Hojas.

A los 35 meses después de la inoculación las variables evaluadas fueron:

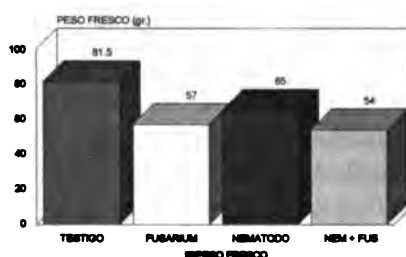
- Diametro del tallo.
- Peso fresco de raíz.
- Porcentaje de agallamiento.

RESULTADOS

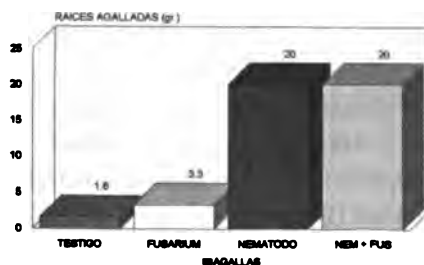
Plantas con injerto:

En los análisis realizados para la variable altura no hubo diferencia significativa entre los diferentes tratamien-

tos, igual situación se presentó en el análisis del diámetro del tallo. En el promedio de crucetas y promedio de hojas la diferencia presentada entre el tratamiento *Fusarium* solo y la interacción *Meloidogyne sp.*+ *Fusarium oxysporum* fue mínima en relación al tratamiento testigo y el tratamiento nematodo solo. En relación al peso fresco de la raíz el tratamiento testigo presentó el mayor promedio en comparación con los otros tratamientos (Fig.1).

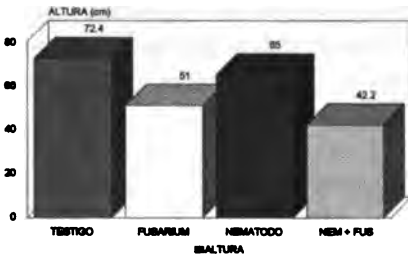


Las plantas con injerto no mostraron agallamiento o éste fue muy ligero lo cual indica que aunque haya diferencias significativas en las plantas con injerto el daño es muy bajo determinándose que el nematodo se desarrolló pero no causó efecto sinérgico con el hongo, indicando que aunque esté presente, no se presentaron las condiciones adecuadas para que *Meloidogyne sp.* se desarrollara, con lo anterior se puede inferir que el nematodo se ve limitado en su habilidad para reproducirse en plantas injertadas (fig. 2).

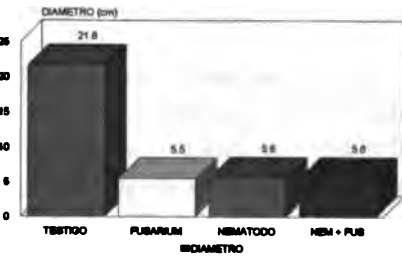


2. Plantas no injertadas:

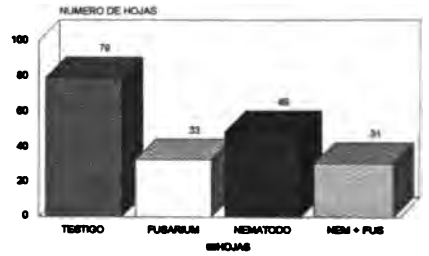
Hubo diferencia significativas en las variables altura y diámetro del tallo del tratamiento testigo con respecto a los demás tratamientos. En la altura el menor promedio fue presentado por el tratamiento nematodo + hongo (Fig. 3).



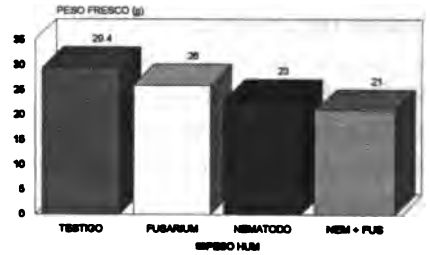
En cambio en el diámetro el mayor promedio fue presentado por el tratamiento testigo (Figuras 4).



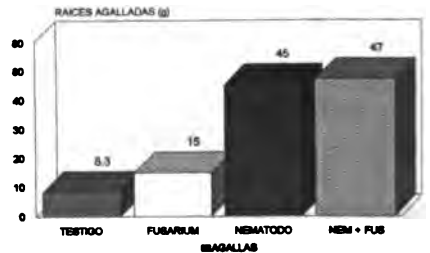
En lo que concierne al número de crucetas el mayor promedio fue presentado por el testigo (Figura 5). En el promedio de hojas se puede ver que el más bajo promedio correspondió a *Meloidogyne* + *Fusarium* en comparación con el resto de los tratamientos (figura 6).



El peso fresco de las raíces de café fue diferente en los tratamientos evaluados (Figura 8). Siendo significativa la interacción Nematodo + Hongo, el tratamiento testigo fue el que presentó mayor peso fresco de raíz.



La Figuras 8 muestra la respuesta (índice de agallamiento) de las plantas inoculadas con *Meloidogyne sp.* como se puede apreciar, en las plantas de cafeto sin injertos resultaron severamente agalladas, mientras que síntomas externos de marchitez no se presentaron en ambos ensayos, pero si fue evidente la presencia de síntomas internos como estrías rojizas en los haces vasculares del tallo.



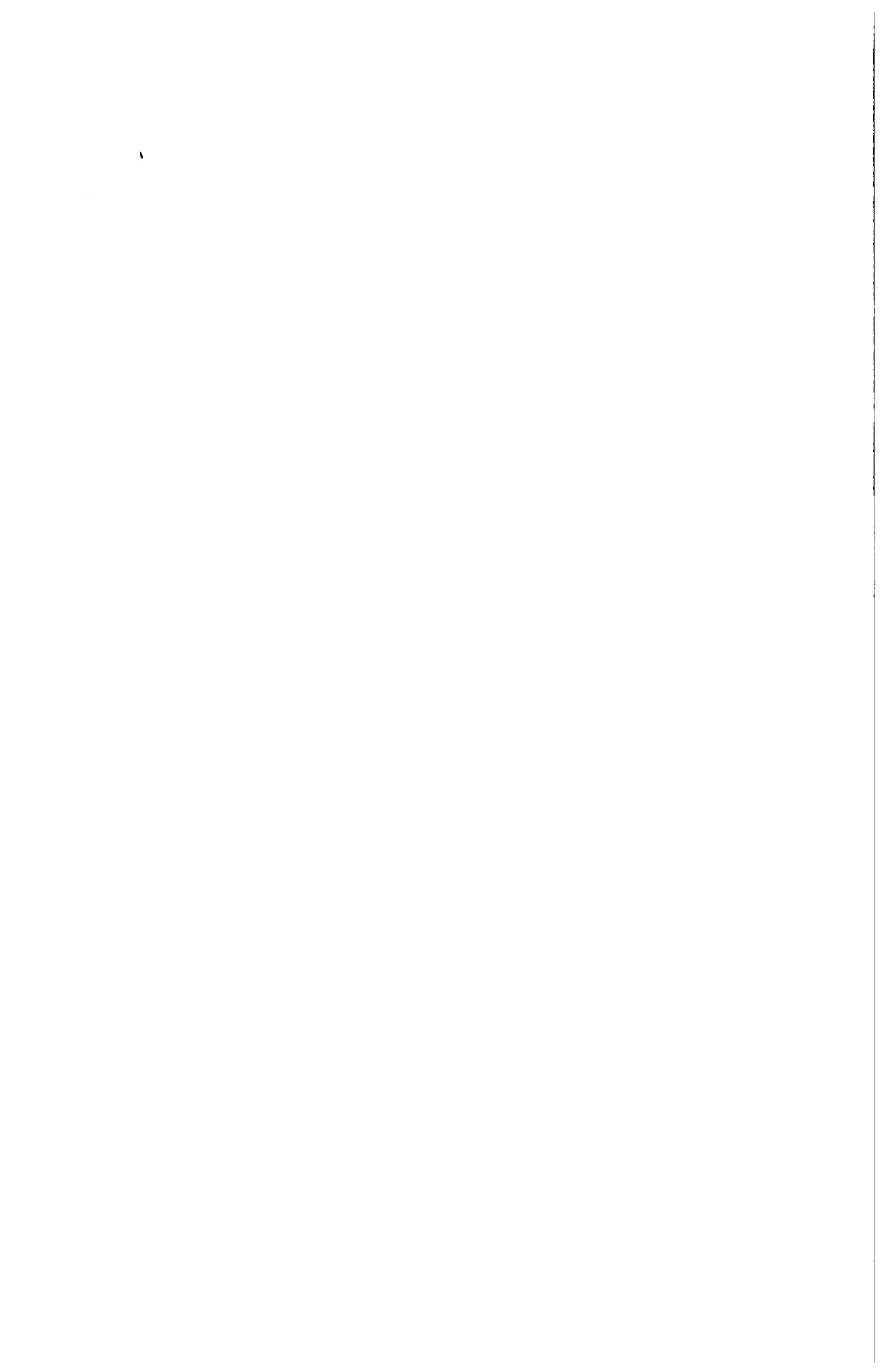
CONCLUSIONES

La interacción de *Meloidogyne* sp y *F. oxysporum* provoca un aceleramiento en el desarrollo de la enfermedad Marchitez Lenta del Café este efecto se ve más claramente en materiales no injertados, los cuales presentaron alta susceptibilidad.

El nematodo *Meloidogyne* sp. provoca mayor número de agallas o nódulos en plantas de café sin injerto.

BIBLIOGRAFIA

- CALDERÓN, P. J.; HERNÁNDEZ, B.; LÓPEZ, G. E.; MONTERROSO, S. D.; LÓPEZ, C. 1993. Diagnóstico de Distribución de la Marchitez Lenta del Café en la región IV de Nicaragua. In. Avances Técnicos Enero - Noviembre, 1993. Tomo III. Proyecto Manejo Integrado de Plagas. CATIE/MAG-MIP. Nicaragua. p. 14.
- GÓNGORA, J. L.; MONTERROSO, S. D. 1992. Catálogo para la Identificación de las Enfermedades del Café. En. Avances Técnicos. Abril, 1990 - Marzo, 1992. Proyecto Manejo Integrado de Plagas. CATIE/MAG-MIP. Nicaragua. p.43.
- HERRERA SIRIAS. C. I. 1995. Efecto de coberturas vivas de leguminosas en el control de nematodos fitoparásitos del café. Tesis Mg. Sc. Turrialba. Costa Rica. CATIE, Programa de enseñanza. area de Postgrado. p. 4, 5, 7.
- MONZON CENTENO, A.J. 1992. Distribución de *Verticillium* sp. en tres zonas cafetaleras de Nicaragua, y evaluación de dos aislamientos de hongos como agentes de control biológico de la Roya.(*H. vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica* L). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE, Programa de enseñanza. Area de Postgrado. P.1.
- UNICAFE. 1995. Principales Resultados del Ciclo cafetalero 1994/1995. Caficultor. Vicegerencia de Planificación. Revista Trimestral. UNICAFE. Año 3/No 12. p.3, 4.



**“DETERMINACION DEL POTENCIAL DEPRADOR Y
PARASITARIO DEL CONTROLADOR BIOLOGICO *Cephalonomia
stephanoderis* BETREM (*Hymenoptera: Bethyridae*) PARA SUPRIMIR A
LA BROCA DEL CAFE, *Hypothenemus hampei* Ferr.
A DIFERENTES DENSIDADES”**

César Orlando González García¹
Raúl Muñoz²
Ángel Rafael Trejo Sosa³

RESUMEN

Bajo condiciones de laboratorio de 28°C y 74% de HR, se investigó el potencial depredador y parasitario de *Cephalonomia stephanoderis* a través de la cría invitro, se ofrecieron las siguientes combinaciones de los estados de broca (huevo, larva grande, pupa-adulto, larva grande-adulto, huevo-pupa y larva pequeña-adulto) las densidades ofrecidas de cada estado de desarrollo fueron: 1, 2 y 3 por cada parasitoide cada dos días. Se contabilizó el número de estados de broca depredados y parasitados así como también otros aspectos relacionados al comportamiento del insecto. El estudio duró 56 días efectuando al término de este período 28 lecturas. El estudio indica que el parasitoide depredó el 38.4% y parasitó el 11.7% de la población total ofrecida, también se determinó que la longevidad de las hembras en promedio fue de 48 días versus 13.4 días de los machos cuando se alimentaron con broca; pero cuando se alimentaron con miel de abeja diluida fue de 27 días para las hembras y 13 para los machos y cuando los parasitoides no dispusieron de alimento su longevidad fue de 3.7 días para las hembras y 3.3 para los machos. El enemigo natural depredó y parasitó más estados de broca cuando tuvo más a su disposición, el máximo número depredado y parasitado por cada parasitoide durante los 56 días por cada combinación fue de: (182 huevos + 40.9 larvas grandes de broca depredadas + 76.5 larvas grandes parasitadas), (62.7 pupas depredadas + 13 adultos depredados + 11.9 pupas parasitadas), (75.8 larvas grandes depredadas + 12 adultos depredados + 30.3 larvas grandes parasitadas), (100 huevos depredados + 67.3 pupas depredadas + 40 pupas parasitadas), (1362 larvas pequeñas depredadas + 11.6 adultos depredados + 2.8 larvas pequeñas parasitadas): Con estos datos se demuestra que *C. stephanoderis* es más importante como depredador que como parásito.

Palabras claves: Broca del café, *hypothenemus hampei* ferr, potencial depredador, potencial parasitario, control biológico *Cephalonomia stephanoderis*, densidades, Honduras.

¹ Ing. Agrónomo Agente de Extensión Regional #2, IHCAFE

² Ing. Agr. M.Sc. Coordinador Programa de Entomología, IHCAFE

³ Asistente Programa Entomología, IHCAFE

INTRODUCCION

La broca del fruto del cafeto es sin discusión la principal plaga de este importante cultivo a nivel mundial; las pérdidas que ocasiona son millonarias, por lo que es de suma necesidad diseñar e implementar campañas de control en forma permanente para atenuar el impacto negativo sobre la producción. En Honduras desde el apareamiento de la plaga en 1977 se han aplicado diversos programas de prevención y control así como una intensa labor de investigación sobre la biología del insecto, estudio de factores ambientales y de manejo que condicionan su incidencia así como técnicas de control químico en primera instancia, cultural y biológico por medio de enemigos naturales, en los últimos años. La experiencia ganada a la fecha ha permitido concluir que ningún método resulta completamente efectivo por si solo para combatir eficazmente la plaga, debiendo utilizar el control integrado para reducir las poblaciones a niveles que no ocasionen daño económico sobre la cosecha. Referente al control biológico promedio de insectos benéficos, se ha comprobado el parasitismo de *Cephalonomia stephanoderis* pero no se tienen suficiente evidencia de su efecto depredador sobre los diferentes estados de desarrollo de la broca, aspecto que constituye el principal objetivo de la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de estados de broca se realizó una cría, pero también se

colectaron frutos brocados del campo, la adquisición de los parasitoides se hizo a través del IHCAFE, los que primeramente se sexaron vivos por tamaño, después de muertos fueron disectados para determinar verdaderamente su sexo; para realizar el estudio se utilizaron frascos de rollo de película fotográfica transparentes de 3 x 5 cm. (vol. = 30 ml.) numerados según combinación y densidad. Por cada densidad los estados de broca ofrecidos por parasitoide cada dos días fueron : 4 huevos + 4 larvas grandes, 8 huevos + 8 larvas grandes, 12 huevos + 12 larvas grandes, **combinación 2:** 4 pupas + 4 adultos, 8 pupas + 8 adultos, 12 pupas + 12 adultos, **combinación 3:** 4 larvas grandes + 4 adultos, 8 larvas grandes + 8 adultos, 12 larvas grandes + 12 adultos, **combinación 4:** 4 larvas grandes + 4 adultos, 8 larvas grandes + 8 adultos, 12 larvas grandes + 12 adultos, **combinación 5:** 4 larvas pequeñas + 4 adultos, 8 larvas pequeñas + 8 adultos, 12 larvas pequeñas + 12 adultos. Además un testigo relativo consistente en ofrecer como alimento miel de abeja diluida en agua (proporción 2:1) y un testigo absoluto consistente en cero alimentación. Se utilizan 3 repeticiones y los 51 frascos utilizados fueron colocados según combinación y densidad, sobre una mesa. Se utilizaron 36 parasitoides para cada unas de las 5 combinaciones los cuales se distribuyeron proporcionalmente en 9 frascos, además se utilizaron 12 parasitoides para cada uno de los 2 testigos completando un total de 204 especímenes. Cada dos días se efectuaba lectura la que consistió en observar al estereosco-

pio, los estados de broca sacándolos de cada frasco, también se extraían los parasitoides y se colocaban en otro frasco, para facilitar esta labor, el estado de broca parasitado o depredado se reemplazó en cada lectura no así el parasitoide que por cualquier razón murió, el grado de depredación se determinó observando las lesiones que *Cephalonomia* efectuaba sobre cada estado de broca y parasitismo se determinó al observar en cada estado (larvas grandes o pupas) el huevo que estaba sobre ellas.

RESULTADOS

Las hembras adultas de *Cephalonomia stephanoderis* fueron más longevas que los machos y la máxima longevidad alcanzada en promedio fue de 48 días para hembras y 13.4 días para los machos cuando se alimentaron con estados inmaduros de broca;

pero es de esperar que esta longevidad sea mayor ya que en ninguna combinación tuvo todos de desarrollo a su disposición

El parasitismo se incrementó cuando la hembra tuvo más estados de broca aptos para ser parasitados (Figura 1). La depredación efectuada por hembras y machos adultos de *C. stephanoderis* se incrementó al disponer de mayor número de presas de los diferentes estados inmaduros de broca y se pudo observar que éstos tienen como alimento preferido a huevos y larvas pequeñas de la broca. (Figura 2).

CONCLUSIONES

1. *Cephalonomia stephanoderis*, es capaz de depredar todos los estados de desarrollo de broca (*Hypothenemus hampei*) prefiriendo entre ellos al estado de huevo y larva pequeña como ali-

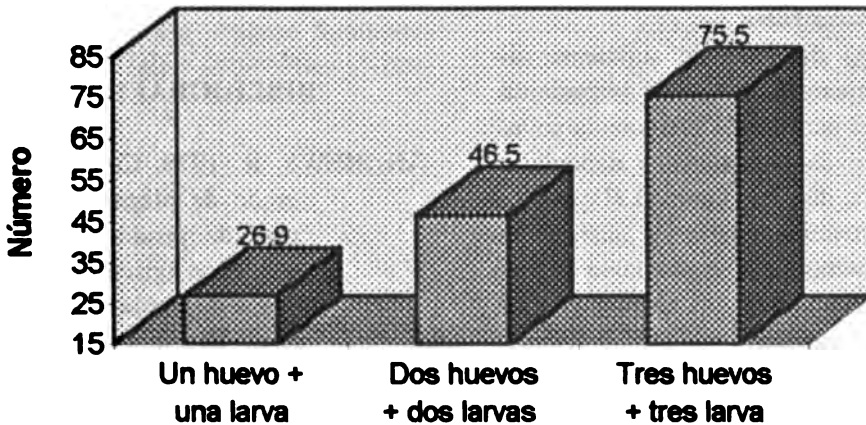


Gráfico 1. Parasitismo de larvas grandes de broca por *Cephalonomia stephanoderis* durante 56 días con tres densidades de presa.

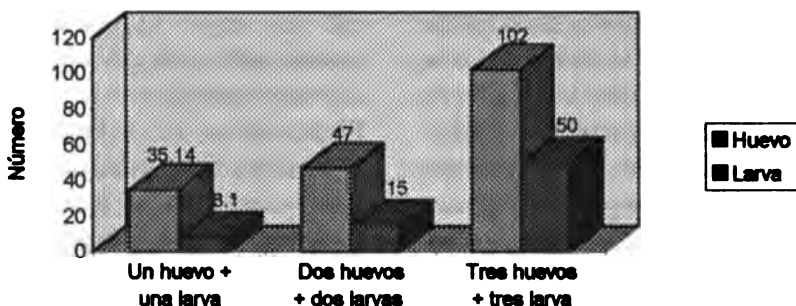


Gráfico 2. Depredación de huevos y larvas por *Cephalonomia stephanoderis* durante 56 días, con tres densidades de presa.

mento, reflejando con ello la importancia que tiene como controlador biológico de broca.

2. *Cephalonomia* depredó larvas grandes y pupas, principalmente cuando no disponía de su alimento preferido (huevos y larvas pequeñas).
3. *Cephalonomia* prefirió depredar pues lo hizo en un 77% del total de los estados de broca que dispuso y parasitó al 57% del total de estados de broca que estaban potencialmente listos para ser parasitadas.
4. Al disponer de suficiente alimento y sustrato de oviposición, el parasitoide incrementa su actividad parasitaria y depredadora, dándose también el caso que cuando dispuso de sustrato de oviposición como larva grande combinada con adultos, prefirió alimentarse.
5. El promedio máximo de estados de broca depredados durante 56 días para un parasitoide fue de: Huevos 182.1, larvas grandes 40.9, larvas pequeñas 136.2, pupas 67.3 y 13 adultos; pero es de

aclarar que además de ellos depredó otro estado de desarrollo de broca que tenía a disposición.

6. El promedio máximo de larvas grandes parasitadas fue de 76.5 y de pupas fue de 40.1. En promedio la sobrevivencia de adultos hembras y machos de *Cephalonomia* fue de 48 y 13.4 respectivamente, y cuando se alimentaron con miel de abeja diluida fue de 27 y 13 días, y sin alimento sobrevivieron 3.7 y 3.3 días respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, K. 1979. Control integrado de plagas en sistemas de producción para pequeños agricultores. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras Vol. 1
- ANDREWS, K.L. QUEZADA, J.R. 1989. Manejo Integrado de Plagas insectiles en la agricultura: Estado actual

y futuro. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 623 p.

DE BACH, P. 1964. Control biológico de plagas de insectos y malas hierbas. México D.F. Compañía Editorial Continental. 949 p.

ESCOBAR, H.R. 1992. Ciclo biológico y reproducción partenogenética del Parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem. (Hymenoptera. Bethyilidae). Tesis Ing. Agr. CURLA. 38 P.

GALLEGOS, J.S. 1975. Respuesta funcional y numérica del *Hypodamia convergens* Guer. a diferentes densidades del *Aphis gossypii* Glov. Tesis Ing. Agr. U.N.A. La Molina, Perú. 62 p.

INFANTE, F., J. F. BARRERA; T. GOMEZ; W. ROSA; A. CASTILLO. 1993. Memoria Primer Seminario Taller sobre Manejo Inte-

gradode Plagas (*Coffea arabica* L.) en Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

J.F. BARRERA, et al 1989. Control Biológico de la Brocadel Fruto del Café en México mediante parasitoides de origen africano, marzo 1988-abril 1989. III Taller regional de Broca (*Hypothenemus hampei* Ferr.) antigua Guatemala 193-203 p.

MUÑOZ R. I., 1986 Plagas del Cafe to y su Control. In Memoria Curso sobre Manejo Integrado de plagas del cafe to, Departamento de Investigación Cafetalera, IHCAFE, Tegucigalpa, F.M., Honduras, C.A.

MUÑOZ, R.I., 1993. Control Biológico de la Broca del Fruto del Café por medio de Parasitoides. Departamento de Investigación Cafetalera, IHCAFE, Tegucigalpa, F.C., Honduras, C.A.

FLUCTUACION POBLACIONAL DE LA BROCA DEL GRANO DEL CAFETO (*Hypotenemus hampey Ferr*) EN DOS ZONAS CAFETALERAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA¹

Ramón Guzmán²

Maira Castillo²

Laura Lopez²

RESUMEN

En la República Dominicana, el café ocupa el segundo lugar dentro de los cultivos de exportación y generados de divisas. Actualmente existen 150.000 has del cultivo en todo el territorio nacional. (SEA, 1990).

Las principales zonas productoras de café se encuentran ubicados en la región norte con alrededor de 28.000 has (SEA, 1991). Para el año 1994 el país obtuvo unos 84 millones de dólares por concepto de las exportaciones y el consumo nacional fue de 600 millones de pesos (Alrededor de 7,5 millones de dolares), según Reyes, 1995.

En los últimos años la producción de café se ha visto afectada por políticas económicas, tecnológicas y el ataque de plagas y enfermedades, tales como la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y la broca (*Hypotenemus hampei*), siendo esta última el problema más serio para la caficultura dominicana, por los daños directos y la reducción de la calidad del grano.

Los estudios de fluctuación poblacional permiten conocer la variación de la densidad poblacional del insecto plaga en el tiempo, mostrando con frecuencia fluctuaciones dentro de ciertos límites, estos poseen características propias, como distribución espacial, estructura y crecimiento, lo cual depende de la resistencia ambiental (CENICAFE, 1990).

Según Beingolea 1965, citado por Antonio Segueira, 1993; la causa de la fluctuación puede relacionarse con secuencia cronológica de las especies y sus enemigos naturales.

Es importante señalar que el conocimiento de la fluctuación poblacional de una plaga es una herramienta de gran valor en el momento de toma de decisión de medidas de control.

Palabras claves: Broca del grano, *Hypotenemus hampey ferr*, fluctuación poblacional, República Dominicana.

¹ Universidad Autónoma Santo Domingo (USAD), Facultad de Ciencias Agronómicas y veterinarias. Laboratorio de Control Biológico de Insectos.

² Ingenieros Agrónomo, técnico del Laboratorio de Control Biológico de Insectos.

INTRODUCCION

Objetivos: Determinar la fluctuación de *Hypotehenemus hampei* Ferrari en las zonas de El Cacao, (San Cristóbal) y la Piñita (Cotui), durante el período Mayo-Noviembre 1996.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación:

El trabajo fue realizado en dos zonas del país, siendo realizado un primer estudio en el paraje Los guineos, del municipio de El Cacao, San Cristóbal, en la parcela de uno de los miembros de la Asociación de Caficultores La Esperanza. La plantación de la variedad Caturra, está situada a una altura de 640 metros sobre el nivel del mar, con una pluviometría anual de 1756.7 milímetros anual y una temperatura media de 23°C. El otro estudio fue conducido en el paraje La Piñita, provincia Sánchez Ramírez, en una finca cultivada de la variedad típica, bajo sombra de Gauma (Inga vera), a una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar, con una pluviometría de 1787.5 milímetros y una temperatura de 25.7°C. Ambas fincas son llevada con prácticas tradicionales del país.

Evaluación:

En las parcelas se seleccionaron 15 plantas al azar identificando estratos en cada una de ellas. De todos los estrato se tomaran al azar cada 15 días 20 frutos, para un total de 60 por planta.

Los frutos colectados se analizaron en el laboratorio mediante disección,

evaluándose los siguientes parámetros:

- a) Número de frutos brocados
- b) Número de broca en el grano
- c) Número de broca en el canal del fruto
- d) Número de huevo
- e) Número de larvas
- f) Número de pupas
- g) Número de frutos perforados y abandonados

RESULTADOS Y DISCUSION

La Piñita, Cotuí:

Durante el período del estudio y como puede observarse en la fig. 1, los porcentajes de infestación fueron altos, especialmente durante los meses de Octubre y Noviembre, con 41.22 y 67.55 respectivamente. En la Figura 1 se observa la mayor incidencia de broca en el estrato 1 y 2; esto puede ser debido a que la planta, por el manejo inadecuado posee un reducido número de ramas en el estrato inferior (E-3)

En la Fig. 2 podemos ver que la mayor cantidad de brocas se encontraron en el estrato 2, siendo en el mes de noviembre donde más insectos estuvieron presentes. La mayor cantidad de brocas en el canal del fruto fueron registradas en los meses de Mayo y Junio siendo los estratos superior y medio los que mayor número presentaron.

En cuanto a los huevos, en la Fig. 4 podemos ver que los primeros fueron registrados en el mes de mayo en el estrato medio de la planta, observándose su presencia a partir de Julio en todos los estratos.

Cuadro 1.- Comportamiento de la broca del café durante el periodo Mayo-Noviembre de 1996 en la Pifita de Cotui.

Meses	% FB			NBC			NBCF			NE			NL			NP			% PFA				
	E			E			E			E			E			E			E				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Mayo	32.3	37	9.33	0.41	0.37	0.20	0.38	0.29	0.18	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.7	5.3	2.3
Junio	27.34	30.83	16.5	0.33	0.32	0.24	0.49	0.46	0.23	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.7	4.0	3.7
Julio	25.78	35.0	15.89	0.47	0.54	0.27	0.11	0.12	0.15	0.53	0.7	0.51	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	10.	9.8	4
Agosto	33.0	31.06	16.17	0.63	0.6	0.36	0.21	0.12	0.06	0.99	1.1	0.29	2.04	1.6	0.5	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	11	12.	7.5
Sept	48.5	50.67	24.5	0.95	0.84	0.84	0.09	0.07	0.11	1.57	1.9	1.18	3.2	2.5	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	13.	17.	11
Oct	68.84	61.67	50.73	0.97	0.76	0.9	0.06	0.1	0.06	1.99	1.9	2.05	2.2	2.2	2.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	19	20.	18
Nov	72.96	72.73	56.97	1.03	1.75	0.88	0.00	0	0.00	2.67	2.0	1.8	3.6	2.5	2.9	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	22	28	20

Cuadro 2.- Resultados generales sobre el comportamiento de la broca del café por evaluación en la Pifinita de Cotui durante el periodo Mayo-Noviembre 1996

FECHAS	FB(%)			NBGF			NBCF			NH			NL			NP			FPA		
	E			E			E			E			E			E			E		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
30-5	32.33	37	9.33	0.41	0.37	0.20	0.38	0.59	0.18	0	0.17	0	0	0	0	0	0	0	5.67	5.33	2.33
13-6	28.7	34.3	15.3	0.15	0.2	0.24	0.65	0.59	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3.67	3
27-6	26	27.3	17.67	0.5	0.44	0.23	0.32	0.32	0.24	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	4.33	4.33	4.33
11-7	22	32.67	11.1	0.51	0.48	0.26	0.13	0.03	0.02	0.31	0.43	0.3	0.12	0.10	0.08	0.04	0	0	7.67	8	2.67
25-7	29.6	37.3	20.67	0.42	0.59	0.27	0.09	0.11	0.27	0.75	0.93	0.7	0.88	1.48	0.70	0	0.09	0.14	12.7	11.7	5.33
8-8	31	31.44	2.067	0.66	0.76	0.59	0.2	0.18	0.03	0.81	1.29	0.7	2.34	2.12	1.46	0.64	0.56	0.27	9	10	8.67
22-8	35	30.67	11.67	0.59	0.44	0.12	0.22	0.06	0.07	1.16	1.05	0.5	1.74	1.16	0.24	0.35	0.65	0	12.0	14.0	6.33
4-9	38.66	55.0	20	0.89	0.92	0.23	0.14	0.10	0.06	1.36	1.61	0.4	2.9	3.07	0.33	0.78	0.33	0.01	10.8	19.7	10.6
19-9	58.33	46.33	29	1.01	0.75	0.56	0.04	0.04	0.16	1.77	2.35	1.8	3.46	1.97	1.29	0.73	0.34	0.11	16	15.6	11.3
3-10	57	56.67	43.67	0.88	0.81	0.76	0.06	0.17	0.10	1.92	1.77	2.0	2.42	2.15	2.29	0.39	0.32	0.16	18.3	19.3	18.3
17-10	76.67	66.67	57.78	1.06	0.74	1.03	0.04	0.02	0.02	2.06	2.17	2.1	2.03	2.18	2.73	0.38	0.40	0.44	21.0	22.0	17.2
1-11	81.98	78.33	67.5	1.18	1.04	1.02	0.21	0	0.005	3.59	2.16	1.8	4.15	2.68	3.45	0.33	0.26	0.21	16.8	25.4	19
19-11	63.94	67.13	46.44	0.87	0.71	0.73	0	0	0	1.75	1.89	1.7	3.04	2.26	2.38	0.52	0.48	0.09	27.2	29.2	22.0

E = Estrato de la planta FB = Frutos brocados NBGF= Numero de brocas en el grano NBCF=Número de brocas en el canal del fruto NH = Número de huevos NL = Número de Larvas NP = Número de Pupas FPA (%)= % de Frutos perforados y abandonados

Cuadro 3.- Resultados en promedio mensuales del comportamiento de la broca del café en la Piñita de Cotuí durante el período Mayo-Noviembre 1996

MESES	FB	NBG	NBCF	NH	NL	NP	FPA
MAYO	26.22	0.33	0.38	0.06	0	0	4.44
JUNIO	24.89	0.30	0.39	0.006	0	0.001	4.11
JULIO	25.56	0.43	0.13	0.56	0.56	0.05	8.0
AGOSTO	26.74	0.53	0.13	0.92	1.51	0.62	10.0
SEPTIEMBRE	41.22	0.73	0.09	1.98	2.17	0.39	14.03
OCTUBRE	60.41	0.88	0.07	2.00	2.30	0.38	19.39
NOVIEMBRE	67.55	1.22	0.002	2.00	2.30	0.38	19.39

Las primeras larvas de *H. hampei* se registraron en el mes de julio en los tres estratos siendo su mayor número en los estratos superior y medio de la planta, con excepción del mes de noviembre donde la presencia de larvas es mayor en los estratos superior e inferior (Fig. 5).

La mayor cantidad de pupas se observó durante los meses de agosto y septiembre, en los estratos superior y medio de la planta (Fig. 6).

En la Fig. 7 se observa que durante todo el período se registró la presencia de frutos perforados y abandonados en los tres estratos, pero en la parte superior y media de la planta su número fue mayor.

San Cristóbal: El porcentaje de infestación de Mayo - Agosto se mantuvo por debajo del 5% incrementándose a partir de Septiembre y alcanzando su máximo nivel en Noviembre, con un promedio de 19.66% como se

observa en la Fig. 1 El No. más alto de brocas por fruto se registró en los meses de Julio y Septiembre con un promedio de dos (2) en el estrato superior de la planta (Fig. 2) y en Septiembre con un promedio de tres (3) en el estrato inferior. Para el mes de Junio comienza a aparecer los huevos y a partir de aquí aumenta, alcanzando su mayor pico en el mes de Septiembre con promedio 3.2. Las primeras larvas se observan en Junio, como muestra la Fig. 5, registrándose un promedio de 3 para el mes de Septiembre en el estrato medio de la planta. La aparición de pupas se inició en agosto, las cuales fueron en aumento, observándose el mayor promedio en Octubre con 0.5 (ver Figura 6.). En la Figura 7 se observa que durante todo el año están presentes los frutos perforados y abandonados, alcanzando el máximo nivel en el mes de Noviembre.

Fig.1. Porcentaje de frutos brocados por estrato de la planta en La Pinta de Cotui, 1996

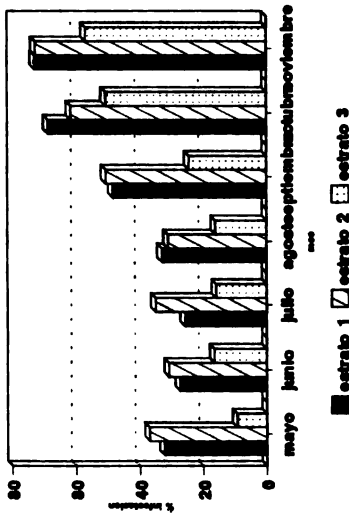


Fig.2. Poblacion de H. hampei/fruto en tres (3) estratos de la planta. La Pinta, Cotui, 1996.

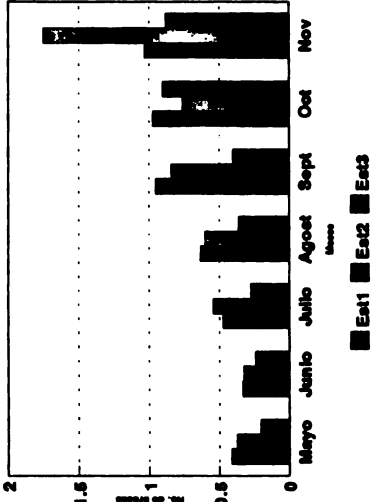


Fig.3. Fluctuacion poblacion de H. hampei en el canal del fruto. La Pinta, Cotui, 1996.

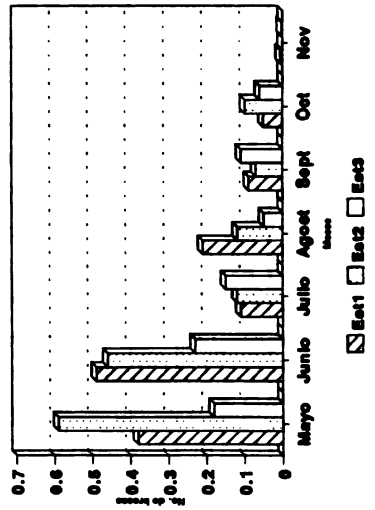
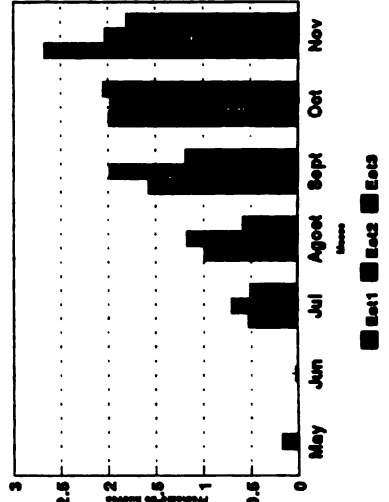


Fig.4. Distribucion espacial poblacion de los huevos de H. hampei en el cultivo de cafe. La Pinta, Cotui, 1996.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la zona de la Piñita, Cotuí, se observa un alto porcentaje de infestación durante todo el período de la investigación, esto es un indicativo de que la población del insecto es muy elevada. Todos los instares del insecto se encuentran en mayor número de los estratos superior y medio de la planta. En los meses de mayo y junio se localiza la mayor cantidad de brocas en el canal del fruto.

En la zona de estudio y según se observa en la Fig. 7, *H. hampei* es muy activo y abandonados durante todo el período, aunque es a partir de Septiembre cuando se observa la mayor cantidad.

En la zona de San Cristóbal, los porcentajes de infestación desde Mayo hasta Julio, son bajos en los tres estratos de la planta, debido a que en la zo-

na de estudio, la plaga era de reciente introducción, aunque la actividad del insecto comienza a incrementarse en el mes de Mayo, como puede observarse en la Fig. 3, donde se muestra el No. de brocas en el canal del fruto. Esta información es de mucha importancia para el control de la plaga antes de la oviposición. La mayor cantidad de granos brocados se encuentra en el estrato medio e inferior de las plantas, aunque como puede observarse en la Fig. 2, es notoria la presencia de un número considerable de frutos brocados en el estrato superior de la planta. Esto podemos atribuirlo a dos posibles causas: la primera a que el estrato superior los frutos alcanzan su desarrollo antes que los demás y la segunda a que el manejo inadecuado del cultivo provoca que las plantas no tengan la densidad adecuada de ramas en el estrato.

Fig.5. Distribución espacial población de las larvas de *H. hampei* en el cultivo de café. La Piñita, Cotuí. 1996.-

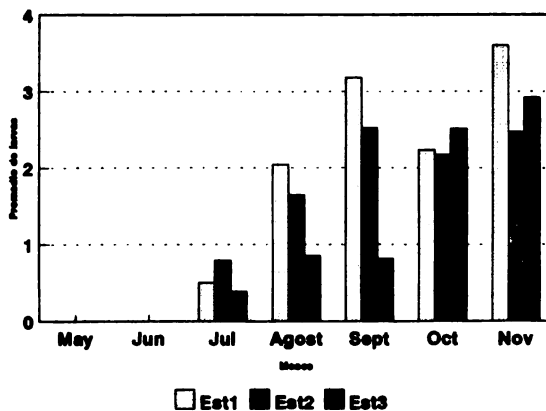


Fig.6.Promedio de pupas de H. hampel por fruto.La Pinita, Cotul 1996

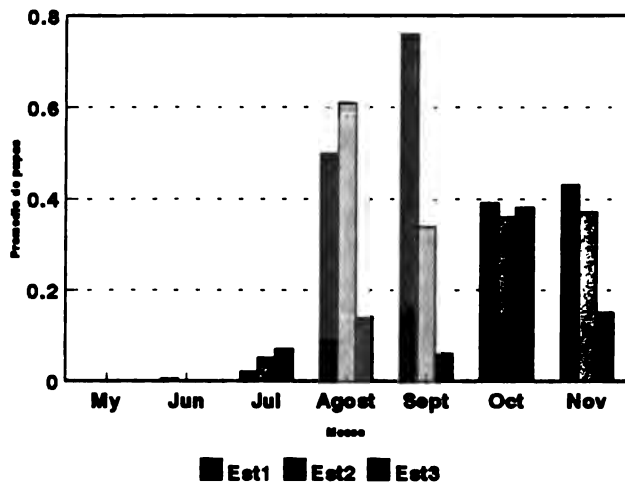


Fig.7.Frutos perforados y abandonados La Pinita, Cotul. 1996.-

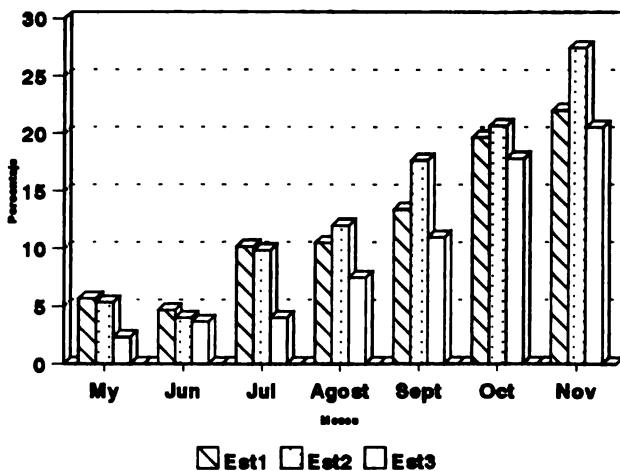


Fig.1. Porcentaje de frutos brocados
El guineo, San Cristobal, 1996.

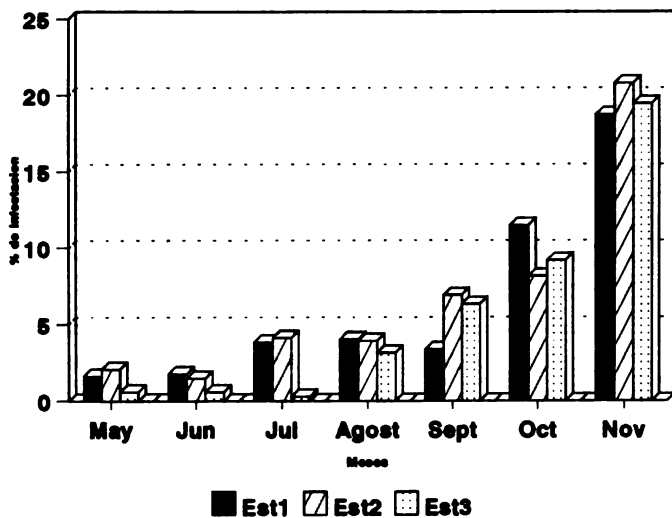


Fig.2. Poblacion de H. hampel / fruto en
tres (3) estratos de la planta.
El guineo, San Cristobal, 1996.

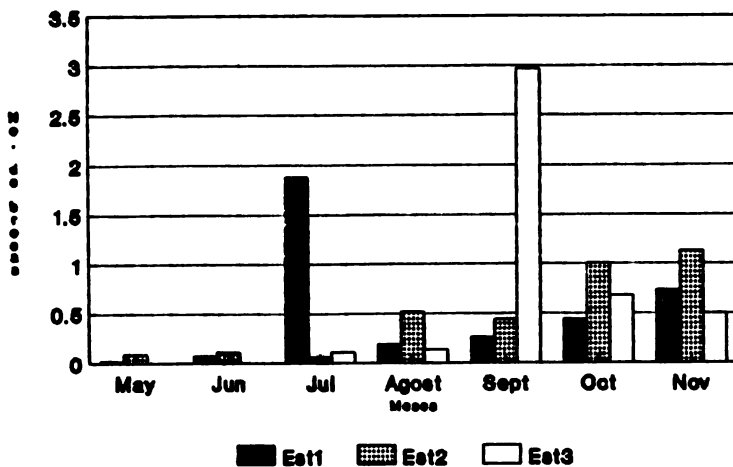


Fig.3.Fluctuacion poblacion de H. hampel en el canal del fruto. El guineo, San Cristobal. 1996.

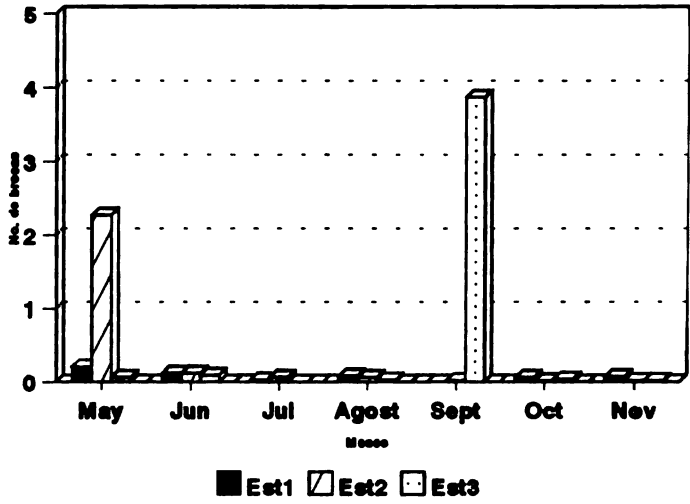


Fig.4.Distribucion espacial de los huevos de H. hampel en el cultivo del cafe. El guineo San Cristobal. 1996.-

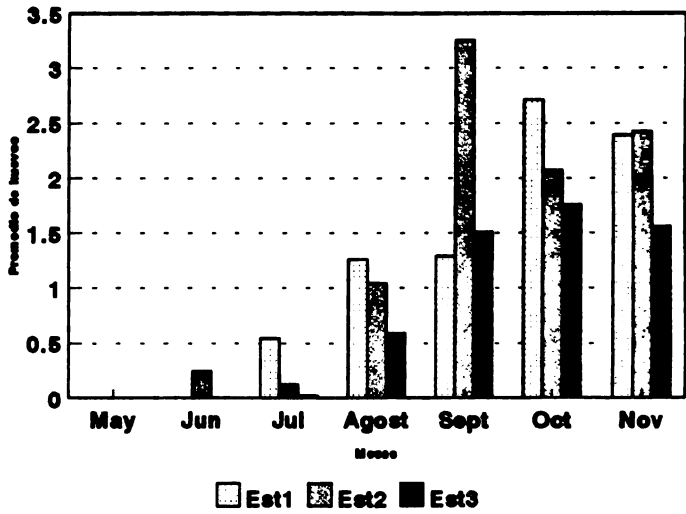


Fig.5. Distribucion espacial de las larvas de H. hampel en el cultivo del cafe. El Guineo, San Cristobal, 1996.-

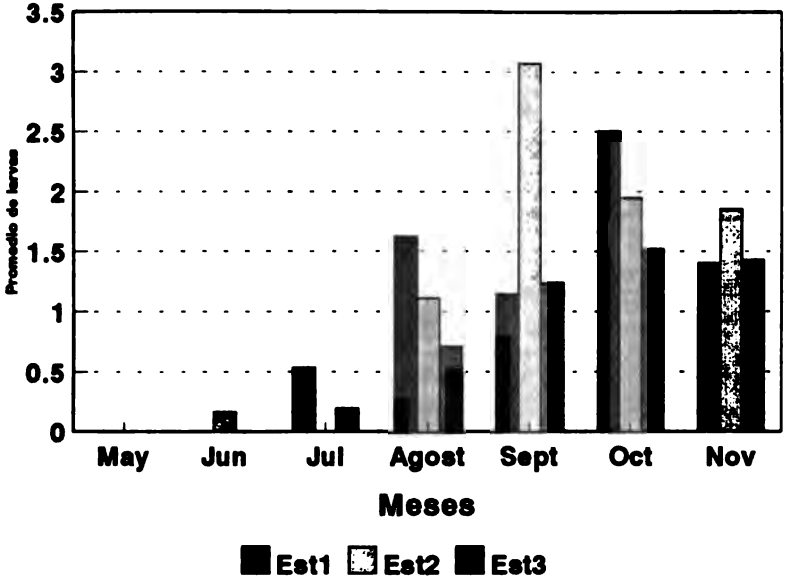
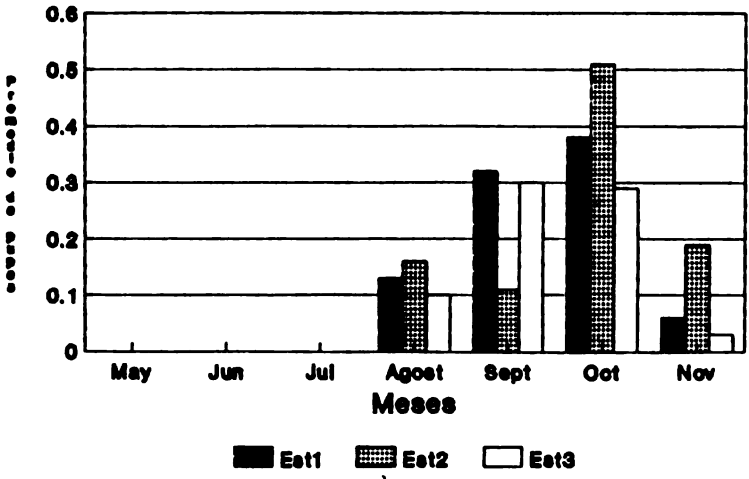


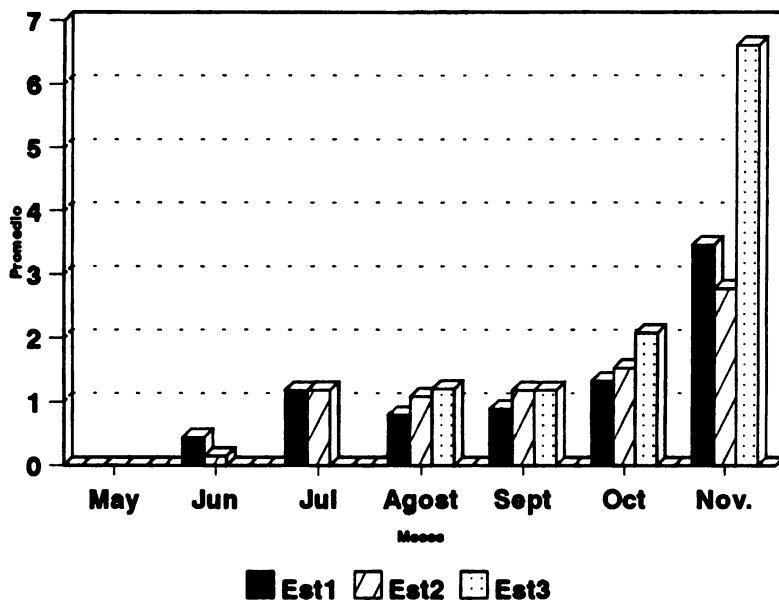
Fig.6. Promedio de pupas de H. hampel por fruto. El guineo, San Cristobal, 1996.-



Cuadro 4.- Comportamiento de la Broca del Cafe por fecha de evaluación en San Cristobal durante el periodo Mayo-Noviembre 1996

Fecha	FB(%)			NBGC			NBCF			NH			NL			NP			E			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
9 May	2.06	0.88	0.29	0.03	0.12	0	0.23	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23 May	1.18	3.23	0.88	0	0.06	0	0.18	0.47	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Jun	2.06	1.47	0.29	0.09	0.06	0	0.15	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 Jun	1.47	1.47	0.88	0.004	0.15	0	0.08	0.09	0.18	0	0.5	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Jul	4.71	4.41	0.59	3.57	0.06	0.21	0	0.01	0	0.3	0.2	0.03	0.9	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0
19 Jul	2.94	3.82	0	0.18	0.06	0	0.06	0.1	0	0.7	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 Ago	3.23	1.47	1.47	0	0.12	0	0.02	0.08	0	1.2	0	0.3	0.8	0	0.3	0.1	0	0	0	0	1.2	1.5
29 Ago	4.41	4.71	3.53	0.28	1.31	0.15	0	0.03	0	1.8	0.9	0.6	1	1.3	0.6	0.2	0.4	0.2	0.6	0.9	1.5	1.5
12 Sept	4.41	5.89	4.43	0.13	0.25	0.24	0.16	0.15	0.08	0.8	2.3	1	3.1	2.8	1.3	0.2	0.1	0.1	0.6	0.9	0.9	0.9
26 Sept	3.23	7.86	7.35	0.33	0.4	0.29	0	0.008	0.09	1.4	4.5	1.1	1.4	4.4	1.1	0.7	0.1	0.6	0.6	1.8	1.5	1.5
10 Oct	3.53	6.76	5.29	0.19	0.47	5.55	0	0.04	7.65	1.2	2	2	0.9	1.7	1.4	0	0.1	0	1.2	0.6	0.9	0.9
10 Oct	8.53	8.23	11.5	0.81	0.83	0.63	0.06	0	0.03	2.4	2	1.3	2.4	2.5	2	0.4	0.3	0.3	2.1	1.5	3.5	3.5
24 Oct	14.4	8.14	6.88	0.70	1.19	0.73	0.05	0.03	0.05	3.3	2	2.2	2.6	1.4	1	0.3	0.7	0.3	0.6	1.6	0.6	0.6
7 Nov	15.5	28.6	15.2	0.62	1.36	0.51	0.14	0.01	0.04	1.4	2.6	1.9	1.9	2.5	0.9	0.1	0.2	0.1	2.5	3.3	3.3	3.3
20 Nov	22.1	21.0	23.5	0.84	0.89	0.49	0	0.03	0	1.9	2.2	1.2	0.6	1.2	1.9	0.1	0.1	0	4.4	2.2	9.9	9.9

**Fig.7. Frutos perforados y abandonados
El guineo, San Cristobal, 1996.-**



Cuadro 5.- Resultados en promedio del comportamiento de la broca del cafe en El Cacao de San Cristobal durante el periodo Mayo-Noviembre 1996

MESES	FB	NBG	NBCF	NH	NL	NP	FPA
MAYO	1.42	0.03	0.85	0	0	0	0
JUNIO	1.28	0.06	0.11	0.08	0.65	0	0.20
JULIO	2.75	0.68	0.03	0.23	0.24	0	0.79
AGOSTO	3.69	0.28	0.06	0.96	1.15	0.13	1.02
SEPTIEMBRE	5.54	1.29	1.30	2.02	1.82	0.24	1.08
OCTUBRE	9.60	0.71	0.07	2.18	1.99	0.39	1.65
NOVIEMBRE	19.66	0.78	0.4	2.12	1.56	0.09	4.29

BIBLIOGRAFIA

- BOLETÍN TÉCNICO 1995.-** Guía para la cría y Manejo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, parasitoide de la broca del fruto del cafeto. PROCAFE. Fundación Salvadoreña de Investigaciones del Café.
- BORBÓN M. O. 1988.-** Perdidas de Café provocadas por la Broca del fruto del cafeto (*H. hampei* Ferr) en Togo. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. Costa Rica. (Mimeografiado).
- Manejo Integrado de la broca del cafeto. Acciones a Desarrollar.** Programa Cooperativo ICAFE-MAG, Costa Rica. (Mimeografiado).
- PERDOMO A. Miranda A. 1984.-** Propuesta para la detección de la broca del café (*H. hampei* Ferr). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Boletín Técnico No 11. Panamá.
- REYES, M. 1995.-** Conferencia sobre la broca del café (*H. hampei* Ferr) y su impacto en la República Dominicana. Universidad Autónoma de Santo Domingo.
- SECRETARIA de Estado de Agricultura 1996.-** Informe sobre la situación fitosanitaria del cultivo del café. (Mimeografiado).
- 1996.-** Normas Practicias para realizar monitoreo para la detección de la broca del café. (Mimeografiado).
- SÁNCHEZ R. V. 1979.-** Sistema de muestreo para detectar broca del grano en cafetales y l beneficios. II Simposio Latinoamericano sobre caficultura. PROMECAFE, Garnica, Xalapa, Veracruz. Mexico. Pag 4-5.
- UCETA D.V. 1995.-** Manejo Integrado de Broca del Fruto del Cafeto (*H. hampei* Ferr). Trabajo presentado como parte de la reunión extraordinaria de la Comisión Nacional Cafe con motivo de la aparición de la broca del fruto del cafeto en el país.
- ZELAYA R.R 1984.-** Fluctuación poblacional de la broca del fruto Cafeto (*H. hampei* Ferr) en la zona del lago de Yojoa. Memoria del 3er Seminario Nacional de Investigaciones en Café 16-17 de Mayo de 1984. San Pedro Sula.

RESULTADOS COMERCIALES DEL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFETO *Hypothenemus hampei* CON CONIDIA WG , UNA FORMULACION DE

192

Alberto Murillo L.¹

Rubén Darío Landínez C.²

RESUMEN

Teniendo en cuenta el potencial de crecimiento poblacional y daño de la broca del cafeto *Hypothenemus hampei*, en Colombia, se han desarrollado acciones dentro del concepto de manejo integrado que permitan un manejo eficiente de la plaga y una sostenibilidad del cultivo. Una de las alternativas más estudiadas en Colombia ha sido el hongo *Beauveria bassiana* el cual ha mostrado un alto potencial bioinsecticida tanto en pruebas de laboratorio como en campo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad del manejo de la broca, con la formulación de Conidia WG (*Beauveria bassiana* 2.5×10^7) en un sistema MIP comparado con el manejo realizado por el agricultor, en el cual realizó aplicaciones de endosulfán (Thiodán SC). En los dos tratamientos, se realizó los repases de cosecha o RE RE tratamientos a focos como acciones complementarias de manejo.

El Trabajo se realizó en la finca la Pampa, Risaralda, Colombia a 1300 msnm. Los resultados indican que *B. bassiana* mantuvo bajas las infestaciones de broca durante períodos más prolongados con relación al tratamiento con insecticida. La infestación a nivel de cosecha en grano pergamino fue menor. Los dos tratamientos; sin embargo permitieron obtener calidad de grano "Tipo Federación".

Palabras claves: Manejo integrado de la broca, *Hypothenemus hampei*, Conidia wg , *Beauveria bassiana*, Colombia.

¹ Ingeniero Agrónomo Msc, Coordinador Des. Insecticidas AgrEvo S.A. A.A. 80188, Santafé de Bogotá, Colombia.

² Ingeniero Agrónomo Asistente de Investigación AgrEvo S.A. Apartado aéreo 80188, Santafé de Bogotá, Colombia

INTRODUCCION

En Colombia la Broca del cafeto *Hypothenemus hampei* ha colonizado alrededor del 70% del área sembrada estimada en un millón de hectáreas. Actualmente es la plaga más importante, teniendo en cuenta que las condiciones climáticas y del cultivo son altamente favorables para su crecimiento y dispersión poblacional (10) (15). La caficultura colombiana a diferencia de otras zonas de América presenta dos épocas de floración en el año, lo cual determina la presencia de cerezas por largos períodos en campo y el consecuente potencial para el mantenimiento de la broca. (9). Desde la entrada de la Broca al país, entidades gubernamentales y particulares han participado en desarrollo de estrategias de Manejo Integrado, buscando con ello alcanzar resultados económicamente y ecológicamente eficientes para los agricultores y la comunidad cafetera. Una de las alternativas más estudiadas en Colombia ha sido el control microbiológico, como un componente del manejo integrado de *H. hampei*. y particularmente *Beauveria bassiana*, el cual ha mostrado un alto potencial bioinsecticida tanto en pruebas de laboratorio como en campo. (1)(8)(12)(15). AgrEvo S.A. ha contribuido con este propósito, haciendo investigación y desarrollo con el entomopatógeno *Beauveria bassiana* en las áreas de caracterización de cepas, formulación, y desarrollo de conceptos de manejo en condiciones de campo entre otros. Como parte de estos resultados se encuentra disponible al caficultor la

formulación Conidia WG. (6)(7). Uno de los aspectos que han sido de especial interés para el uso de este entomopatógeno es lograr definir su nivel de actividad de control en campo y su relación con la dosis y épocas de aplicación. La dosis de campo de *B. bassiana*, medida en términos de concentración de esporas viables se encuentra alrededor de 5×10^{12} por hectárea (5)(12). *B. bassiana* puede aplicarse en cualquier época en el cultivo del cafeto, sin embargo, las experiencias de campo obtenidas hasta el momento permiten establecer que pueden identificarse dos épocas principales con relación al desarrollo del grano con relación a la cosecha, bajo condiciones de la caficultura colombiana. Los objetivos al aplicar el entomopatógeno en cada caso son diferentes, en función de las infestaciones que generalmente ocurren en cada una de estas épocas. (5)(15)(7).

Las épocas propuestas más relevantes son:

Epoca 1:

Protección del grano antes de cada cosecha: las aplicaciones comienzan con las primeras infestaciones cuando los granos están aptos para el daño por broca, es decir, 90 -100 días después de floración.

El nivel de infestación para aplicación es < 2%.

De acuerdo a trabajos de campo bajo diferentes niveles de infestación, estos permiten concluir que *B. bassiana* sobre poblaciones de broca ejerce una acción de regulación en la dinámica poblacional, causando un efecto de estabilización. Esto es más

eficiente cuando *B. bassiana* es aplicado en infestaciones bajas. (10).

Epoca 2:

Reducción poblacional en cosecha:

Las aplicaciones se realizan en época de cosecha, cuando no se recomienda la aplicación de insecticidas químicos. Tienen como objetivo reducir el potencial poblacional de la broca para la cosecha siguiente.

Los niveles de infestación en ésta época generalmente son superiores al 2%.

Cuando ocurre la cosecha, ya se encuentran granos en formación para la cosecha siguiente y si estas poblaciones de broca no son controladas el daño de grano de la siguiente cosecha es alto.

B. bassiana se incluye como un componente del manejo integrado de la broca, para que conjuntamente con otras prácticas como control manual o RE-RE (recolección y repase), cosechas sanitarias, control químico localizado (focos), basados en un monitoreo o evaluaciones de las infestaciones, permitan un manejo eficiente de la plaga.

Objetivo: El objetivo del presente trabajo fué determinar el comportamiento de control de la formulación Conidia WG a base de *B. bassiana*, dentro de un programa de manejo integrado de la broca *H. Hampei*, en condiciones comerciales, comparado con el manejo desarrollado por el agricultor.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la zona central cafetera, en la Finca La Pampa.

(1.300 m.s.n.m). Departamento de Risaralda. Colombia.

El ensayo se estableció en extensión de 1 hectárea para cada tratamiento, con un diseño en bloques al azar con tres repeticiones.

Para obtener una información completa, el ensayo cubrió durante un año la cosecha principal y cosecha de travesa o mitaca. La fecha de iniciación fué el 10 de Octubre de 1995, 60 días después de floración de mitaca.

TRATAMIENTOS

- 1- "Tratamiento Conidia": Conidia WG (2.5 x10 exp10 esporas /gramo) en aplicación generalizada, dosis de 0,2 Kg de producto comercial. Re-Re cada 20 días; Thiodán 35 SC en focos 1.5 l. /ha.
- 2- "Tratamiento agricultor ": Thiodán 35SC, en aplicación generalizada, dosis de 1.5 l/ha. Re-Re cada 20 días. Thiodán 35 SC en focos 1.5 l./ha.

Nota: el RE-RE o recolección de cecezas verdes y maduras se efectuó en forma general en los dos tratamientos por ser una práctica común.

Niveles y parámetros de aplicación de las acciones: El tratamiento Conidia se aplicó con niveles iguales o inferiores al 2% de infestación real, cada vez que se alcanzara esta infestación y el Thiodan 35 SC fué aplicado con infestaciones por debajo del 5%, pero superiores al 2%; hasta 30 días antes de la cosecha.

Para la aplicación de los productos se empleó una bomba de espalda con presión constante "Leo Cafetera" de 15 l. de capacidad. El volumen de mezcla empleado fué de 347 l./ha y una presión de 11 lb/pulg².

Parámetros de evaluación:

- Porcentaje de infestación (de campo y real)
- Porcentaje de infestación a cosecha en trilla
- Costos de manejo total de broca.

Epocas de evaluación: Se realizaron evaluaciones de campo cada 15 días hasta el primer pase de cosecha para determinar la infestación. Se discriminó la infestación de campo y la infestación real.

La infestación de campo se determinó evaluando 20 sitios por tratamiento, cada sitio consistió en una rama por árbol. En la rama se contó el número total de cerezas verdes óptimas para el ataque por broca y el número de cerezas dañadas por la broca, con estos datos se calculó el porcentaje.

Para la determinación de la infestación real, a partir de 100 granos infestados tomados en los 20 sitios muestreados por parcela, se evaluó la broca viva en los canales de penetración, y se determinó el porcentaje con relación a la infestación total.

$$\% \text{ Infestación real : } \frac{\% \text{ Infestación de campo } \times \% \text{ Brocas vivas}}{100}$$

La infestación real entonces corresponde al porcentaje de brocas vivas. Este parámetro es importante de

considerar por cuanto cuando solamente se evalúa la infestación con base a los daños externos en las cerezas (orificios) no se identifican las brocas muertas o los "abandonos" u orificios vacíos cuando la broca sale del grano por alguna causa.

Evaluación de cosecha: Para la evaluación del porcentaje de infestación en grano trillado, después del beneficio, se tomó una muestra de un kilogramo de café y sobre ésta se determinó el porcentaje en peso del grano infestado por broca.

Evaluación de la reducción en costos de control de broca con Conidia: Se llevó un registro de jornales, costos y aplicación de los productos en cada una de los tratamientos y se determinó la diferencia porcentual del costo total con relación al tratamiento comercial agricultor.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos con base a la fluctuación poblacional de la broca del cafeto, a través del desarrollo de los granos para las dos cosechas indican que Conidia mantiene reguladas las poblaciones de broca, después de las aplicaciones. Para la cosecha de travesía se efectuó una aplicación generalizada con Conidia a los 60 días después de floración de travesía (Octubre 95) y una aplicación en focos con Thiodan a los 180 días después de floración.

La aplicación con Conidia hizo descender la infestación de 1.9% a 0.8% hasta 30 días después y posterior-

mente descendió hasta 0.65 %, 60 días después de la aplicación. Desde este momento la infestación comenzó a recuperarse por la aparición de focos, los cuales hicieron subir el promedio de las lecturas; sin embargo, el resto de las parcelas del tratamiento permanecían a niveles bajos. Por esta razón solamente se aplicó Thiodan a estos focos.

En contraste el tratamiento agricultor, cuyo nivel de infestación para la misma época de iniciación del ensayo, partió con un nivel de infestación del 1.6% mas bajo que el tratamiento

con Conidia. Esta primera infestación se controló solamente con aplicaciones a focos y bordes del lote con Thiodan. La infestación descendió hasta 60 días después de tratar los focos, pero siempre se mantuvo por encima de las infestaciones del tratamiento Conidia (1.3% vs 0.65%), después de 60 días del tratamiento a focos, la población ascendió aceleradamente alcanzando 4.7% de infestación. Esto hizo necesario una aplicación generalizada con insecticida, con la que se logró bajar la población a 0.65%. (Ver Figura No. 1)

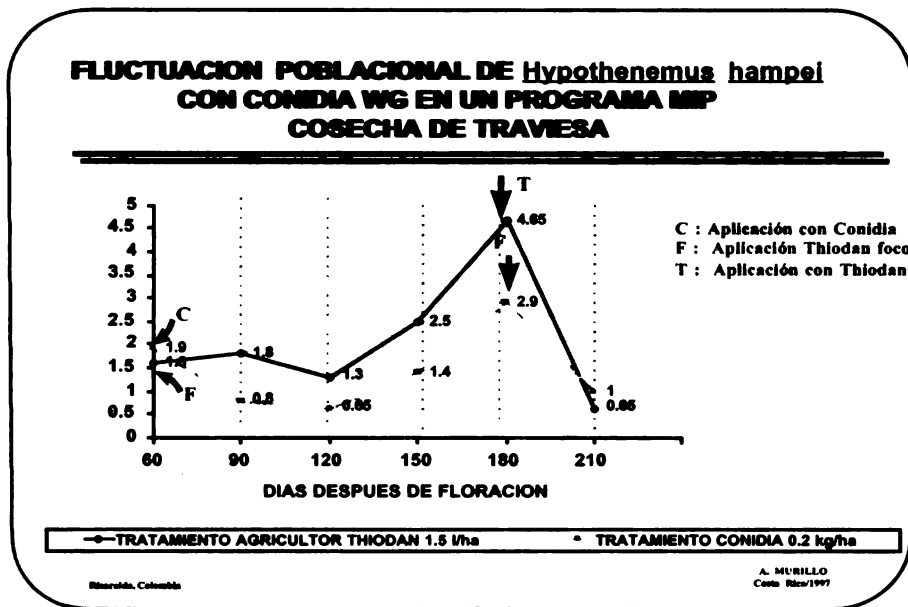


Figura 1: Fluctuación poblacional de *Hypothenemus hampei* con Conidia WG en un programa MIP, cosecha de traviesa.

El comportamiento del tratamiento Conidia para protección de cosecha principal fué similar que lo observado en la cosecha de traviesa. Durante este período se efectuó solamente una aplicación con el entomopatógeno,

esto debido seguramente a los niveles de infestación bajos con que se terminó la cosecha de traviesa.

A los 60 días después de la floración principal (Abril 96) la infestación fué del 0.9 % , la cual se mantuvo en

descenso hasta 90 días después de floración, posteriormente ascendió por la aparición de varios focos, sin embargo, solamente se realizó una aplicación con Conidia cuando el nivel de infestación alcanzó el 1%. La población alcanzó un nivel de 1.5%, pero posteriormente bajó hasta 0.8% y a este nivel permaneció hasta iniciar la cosecha.

El tratamiento agricultor a los 60 días después de la floración principal tenía una infestación del 1%. A los 120 días después de la floración, la ascendió al 2% haciendo necesario aplicar Thiodan 30 días después de la aplicación, la infestación descendió a 1,25%. A los 180 días después de la floración (60 días después de la

aplicación) la infestación ascendió a 1.6% y se mantuvo hasta la cosecha, es decir, a un nivel de infestación el doble que el tratamiento Conidia.

En general se observó, que en el tratamiento-Conidia las infestaciones después de las aplicaciones estuvieron por debajo de los niveles encontrados en el tratamiento agricultor. (Ver Figura No. 2)

De acuerdo a las acciones requeridas para el manejo de la broca los costos indican que el manejo realizado con Conidia estuvo en un 23% por debajo del manejo hecho por el agricultor. El costo beneficio en este caso fue positivo y favorable al entomopatógeno. (Ver Cuadro 1)

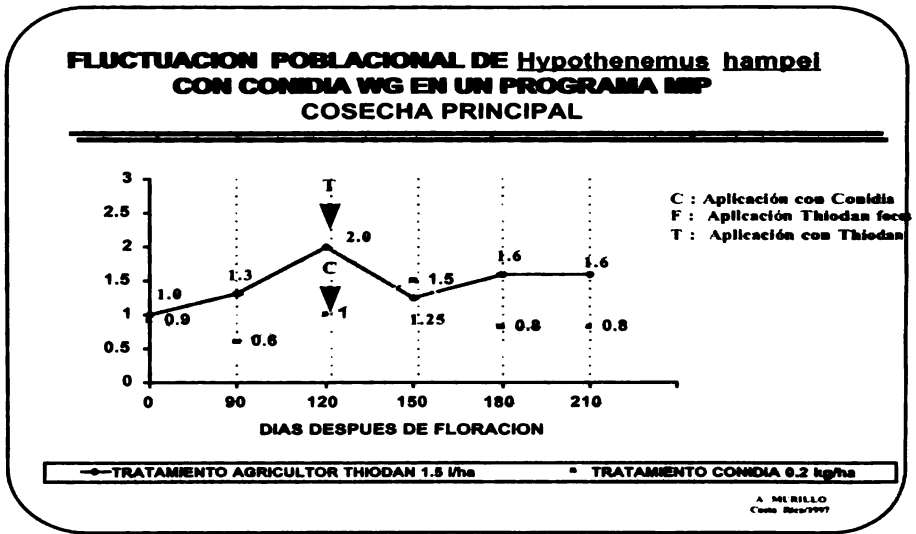


Figura 2: Fluctuación poblacional de *Hypothenemus hampei* con Conidia WG en un programa MIP, cosecha principal.

Cuadro 1: Resultados de calidad y costos de un manejo de broca con Conidia WG en un programa MIP.

RESULTADOS DE CALIDAD Y COSTOS DE UN MANEJO DE BROCA CON CONIDIA WG EN UN PROGRAMA MIP								
TRATAMIENTO	# APLICACIONES		COSTOS MANEJO DE BROCA 000 US\$			% REDUCCION COSTOS	% INFESTACION EN TRILLA	
	GENERALIZADAS	FOCOS	TRAVIESA	PRINCIPAL	TOTAL		C TRAVIESA	C PRINCIPAL
1. TRATAMIENTO AGRICULTOR	2 THIODAN	2 THIODAN	76.2	57.7	133 (a)*	-	1.2	2.7
2. TRATAMIENTO CONIDIA	2 CONIDIA WG	1 THIODAN	55	48	100 (b)	23%	0.6	2.8

* Tratamientos con igual letra no tienen diferencia significativa al 0.5% (Duncan)

Risaraldé, Colombia

A. MURILLO
Costa Rica/1997

La calidad obtenida en cosecha (Trilla) sobre café pergamino, para los dos tratamientos evaluados alcanzó el nivel requerido para compra como " Tipo federación "

De acuerdo a los resultados de cosecha la infestación obtenida en trilla fué menor para el tratamiento Conidia (0,6%) respecto al tratamiento agricultor (1, 2%), esta diferencia es favorable porque permite al caficultor, hacer mezclas con lotes de menor calidad de la finca para alcanzar el "Tipo Federación."

CONCLUSIONES

Al analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo se destaca las siguientes conclusiones:

1. Conidia mantiene reguladas las poblaciones de broca cuando las aplicaciones se realizan a nive-

les iguales o menores al 2% de infestación, por períodos hasta de tres meses.

2. El mantenimiento de niveles bajos de población con Conidia en campo favorece obtener menos infestación en café pergamino.
 3. Las poblaciones observadas siempre permanecieron por debajo de las infestaciones que se presentaron en el tratamiento con insecticida químico. Probablemente es debido a que en infestaciones relativamente altas, cuando se practica el control químico, un alto porcentaje de brocas se encuentran en posiciones C y D (protegidas) y este remanente poblacional recupera su dinámica de crecimiento en corto tiempo.
- La inclusión de *B. bassiana*, como Conidia W G en un sistema de manejo integrado ofrece un

manejo eficiente de la Broca del cafeto, con la ventaja de permitir un uso racional del control químico.

- Las prácticas incluidas en el manejo integrado de la Broca son fundamentales, porque el patógeno por sí sólo no sería suficiente para obtener resultados eficientes.

BIBLIOGRAFIA

- ANTIA P., Producción en la finca del hongo *Beauveria bassiana* para la producción de la Broca del cafeto. En: Avances técnicos de Cenicafé, Chinchiná, Colombia, 1993, 11pp.
- BENAVIDES P., CÁRDENAS R.C., Experiencias de campo en manejo Integrado de Broca del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferrary 1987) Coleóptera, Scolytidae, Cenicafé, 1994, pp 74-78.
- BOLETÍN INFORMATIVO SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ, BROCARTA, Recomendaciones para el Manejo Integrado de la Broca del cafeto, No 18, 1994, pp 74 -78.
- BOLETIN INFORMATIVO SOBRE LA BROCA DEL CAFÉ, BROCARTA, Cuando asperjar el hongo Boveria en cafeales con broca ?, No 30, 1995, 2pp.
- BUSTILLO A., CASTILLO H., VILLALBA D., MORALES E., VÉLEZ P., Evaluaciones de campo con el Hongo *Beauveria bassiana* para el control de la Broca del cafeto *Hypothenemus hampei* en Colombia, ASIC Colloque, San Francisco, 1991, pp 679-685.
- CONIDIA WG. Manual técnico, AgrEvo, Una Compañía de Hoechst y Schering, Santafé de Bogotá, Colombia, 1995.
- CONIDIA WG TECHNICAL PRODUCT PROFILE , AgrEvo Colombia S.A., 1996.
- ESCUELA DE ECOLOGÍA, UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA , Reunión Informativa sobre Avances de Investigación, Grupo de Entomólogos del Café, Managua, Octubre 1994.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 50 años de Cenicafé 1938-1988, Conferencias conmemorativas, Chinchiná, Colombia, 1990.
- MONTOYA S. A., CÁRDENAS R., Biología de *Hypothenemus hampei* en frutos de café de diferentes edades, En: Revista del Centro de Investigaciones del Café, Cenicafé, Chinchiná, Colombia 1996, p.57-65.

- POSADA F.**, El hongo *Beauveria bassiana* en el control de la Broca del cafeto, Chinchiná, Colombia, 1994 pp 15-26.
- RUIZ M.P.**, Estadística aplicada a la investigación Agraria, Extremadura, España 1980.
- SALAZAR M., ARCILA J.P., RIAÑO N., BUSTILLO A.** Crecimiento y Desarrollo del fruto del café y su relación con la broca, En : Avances técnicos Cenicafé, Chinchiná, Colombia, No 194, 1993, 4pp.
- SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA SOCOLEN**, Foro Broca del Cafeto, En: Memorias XII Congreso, Cartagena, 1996, pp 236 - 275.
- VALENCIA E.**, Posibles modelos para la combinación de los controles biológicos y químico en el manejo integrado de la Broca, En: Memorias XX Congreso e la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. Cali, Colombia, 1993, 343 pp.
- VELÁSQUEZ S., SALAMANCA E.**, Producción industrial de Hongos Entomopatógenos, Seminario Internacional sobre la caficultura sostenible, Manejo Integrado de la Broca del cafeto, Cenicafé, 17-19, 1996, 57 pp.
- VILLALVA D.A., BUSTILLO A.E., CHAVES B.**, Evaluación de Insecticidas para el control de la Broca del cafeto en Colombia, En: Revista del Centro de Investigaciones del café, Cenicafé, Chinchiná, Colombia 1996, p. 66-77.

EVALUACIÓN DE DOS AISLAMIENTOS DE VERTICILLIUM SP COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO DE LA ROYA (H. VASTATRIX) DEL CAFETO (COFFEA ARABICA L.), EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Ing. Arnulfo Monzón C.¹

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes aislamientos y concentraciones de *Verticillium sp* como hiperparásito de *H. vastatrix* y conocer el efecto de *Verticillium sp* sobre la germinación de uredosporas de Roya se realizaron experimentos a nivel de invernadero y laboratorio. La evaluación de la actividad hiperparasítica de *Verticillium sp*, se hizo aplicando el hongo sobre pústulas de roya. Se encontró que el nivel de incidencia aumenta en los primeros 10 días hasta alcanzar valores desde 50 hasta 80%. El mayor grado de incidencia lo presentó el aislamiento procedente de El Coyolar, Matagalpa, en concentraciones de 105 y 2.5 x 105 esporas/ml. Después de 10 días la incidencia del hiperparásito tiende a estabilizarse. Para evaluar el efecto de *Verticillium sp* sobre la germinación de uredosporas, se condujo un experimento donde las uredosporas se sometieron a la acción del hiperparásito, en medio agar-agua al 2% encontrando que la germinación es significativamente menor en presencia del hiperparásito. Los experimentos indican que *Verticillium sp* posee propiedades importantes para ser usado como agente de control de *H. vastatrix*, basándose éstas en su capacidad de colonizar pústulas establecidas, y el efecto que presenta sobre la germinación de uredosporas del patógeno.

Palabras claves: *Verticillium*, *Hemileia*, roya, control biológico, hiperparasitismo, incidencia, uredosporas.

INTRODUCCION

Objetivo:

Evaluar el efecto de *Verticillium sp* como hiperparásito de *H. vastatrix* y evaluar su efecto sobre la germinación de uredosporas.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro Experimental del café, localizado en San Ramón Matagalpa, y en los laboratorios de la Universidad Na-

1 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, Km 12 _ C. Norte, Apdo. 453, Managua, Nicaragua.

cional Agraria, durante los meses de julio a octubre 1992. Se usaron plantas de café variedad catuaf de 8 meses de edad.

El *verticillium* utilizado fue aislado de muestras frescas de roya y cultivado en PDA. Posteriormente el hongo fue transferido a un medio líquido, y después a un medio sólido que consistía en sorgo precocido. Un mes después se procedió a cosechar el hongo.

El inóculo de roya consistió en una mezcla de uredosporas frescas y uredosporas almacenadas por 7 días mediante el método descrito por Zambo-lím, 1973, (citado por Alvarez y Sierra, 1989), con un porcentaje de germinación de 80 %. La inoculación se hizo asperjando en el envés de la hoja, una concentración de uredosporas de 2 mg/ml en Tween-20 al 0.2 % en agua destilada. Las plantas se mantuvieron en la oscuridad, con alta humedad relativa (99%), y temperatura entre 23 y 25 °C durante 36 horas después de la inoculación. Posteriormente las plantas fueron trasladadas al invernadero.

Evaluación de *Verticillium sp* como hiperparásito de *H. vastatrix*:

Los tratamientos se aplicaron en las plantas con pústulas esporulantes y consistieron en dos aislamientos de *Verticillium sp*, uno proveniente de la zona Norte Central y el otro del Pacífico Sur del país, los cuales fueron aplicados en dos concentraciones: 10⁵ y 2.5*10⁵ esporas/ml en una solución de Tween-20 al 0.01 %, en el envés de la hoja.

Las variables evaluadas fueron:

Incidencia de roya e incidencia de

Verticillium, ésta última se evaluó a nivel de planta y a nivel de pústula.

Evaluación de *Verticillium sp* sobre la germinación de uredosporas de la Roya.

Las pruebas de germinación de uredosporas de roya se hicieron en platos de petri con agar-agua al 2%. En el medio se depositaban 5 gotas de la suspensión de uredosporas y sobre éstas se colocaba el inóculo de *Verticillium sp*.

Las lecturas de germinación se hacían 16 horas después, observando 5 campos microscópicos en cada una de las 5 sitios de siembra en el medio.

Análisis de los datos.

Los datos de incidencia de roya y *verticillium* fueron analizados mediante análisis de varianza, usando contrastes ortogonales y la germinación de uredosporas se analizó mediante la "t" de Student.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evaluación de *Verticillium sp* como hiperparásito de *H. vastatrix*.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables incidencia de *verticillium* y de roya. Sin embargo, el análisis de varianza para el parámetro área debajo de la curva, mostró que hay diferencias entre los tratamientos para la incidencia de *Verticillium sp*.

Los menores valores de incidencia de roya se observaron en ambos aislamientos en la concentración 10⁵ esporas/ml y el aislamiento procedente de El Coyolar en la concentración 2.5 *

Cuadro 1. Valores promedio para el parámetro área debajo de la curva de incidencia de *Verticillium sp* para los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Promedios	Desviación estándar
CY100	6.75	2.68
CY250	5.06	2.85
CR100	4.92	2.67
CR250	3.66	1.5
TESTIGO	0.02	0.06

10⁵, presentó la mayor incidencia de la enfermedad.

Al analizar área debajo de la curva (cuadro 1) para la incidencia de *Verticillium sp*, se encontró que los dos aislamientos difieren significativamente ($P=0.03$), además todos los tratamientos difieren significativamente del testigo ($P=0.0001$). No hubo diferencias entre las concentraciones de cada aislamiento.

Al analizar incidencia de roya como NHRV/NHR, encontramos que el nivel de hiperparasitismo observado para los aislamientos y concentraciones de *Verticillium sp* es alto. Durante los primeros 10 días se observa el incremento

de la incidencia de *verticillium*, hasta alcanzar valores hasta 80 % durante el tercer muestreo. Después de este período la incidencia del hongo decrece (Figura 1).

Cuando se calcula incidencia de *Verticillium* a nivel de pústulas, los mayores valores se observan para el aislamiento de El Coyolar, en la concentración 10⁵ esporas/ml. El aislamiento

procedente de El Crucero a concentración de 2.5*10⁵ presenta los menores valores de area debajo de la curva de progreso, además la incidencia para este tratamiento, declina a partir del tercer muestreo, en cambio los demás tratamientos, mantienen la tendencia ascendente. El mayor número de pústulas hiperparasitadas, se presentaron a los 15 y 20 días después de la aplicación de *Verticillium*. Este comportamiento puede deberse a que el número de pústulas con *Verticillium* en las hojas hiperparasitadas aumenta, en cambio el número total de pústulas disminuye en la medida que las hojas mas afectadas con roya caen de la planta.

El análisis de varianza para incidencia de *Verticillium sp* a nivel de pústula arrojó similares resultados que a nivel de planta.

Los altos valores de incidencia encontrados a nivel de hoja como en pústula reflejan la eficiencia del hiperparásito para establecerse sobre las pústulas de roya. Esta capacidad de *Verticillium* es una propiedad im-

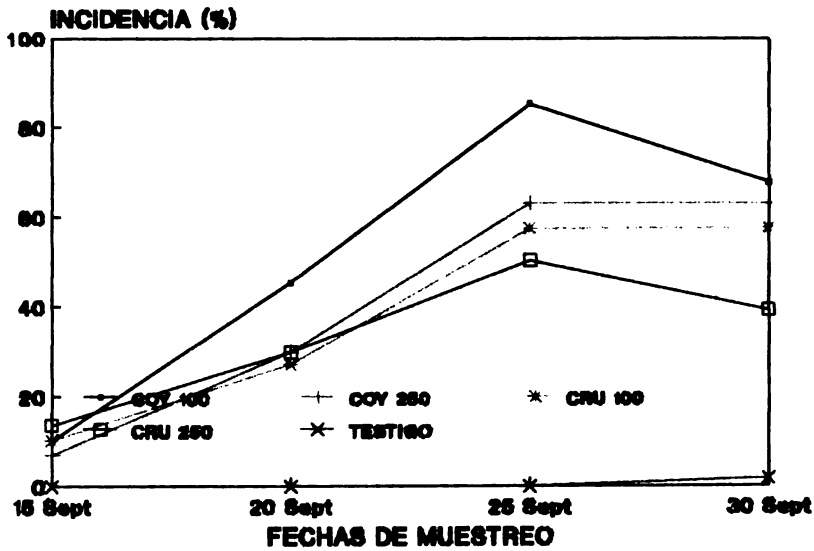


Figura 1. Incidencia de *Verticillium sp* sobre pústulas de roya del cafeto en condiciones de invernadero.

portante, dado que el efecto de *Verticillium sp* sobre la enfermedad se basa principalmente en la reducción del inóculo para los ciclos epidemiológicos subsiguientes.

Los resultados de este experimento coinciden con Vélez (1989), quien al aplicar cultivo licuado (micelio y conidias) de *V. lecanii* sobre lesiones establecidas de *H. vastatrix*, observó cubrimiento e invasión de la pústula por el micelio del hongo con la subsecuente pérdida de ésta. El hongo origina una depresión central en la pústula, la cual se acentúa a través del tiempo.

Estos resultados indican que el parámetro area debajo de la curva es un mejor indicador del desarrollo de la epidemia de la enfermedad, lo mismo que del desarrollo del hiper-

parasitismo de *Verticillium* sobre la roya.

Shaner y Finney 1977, Hernández 1984, 1986, citados por Hernández y Montoya (1987), plantean que además de la tasa de infección, el area debajo de la curva de progreso de la enfermedad es un parámetro generalmente usado en epidemiología comparativa.

Hernández y Montoya (1987) plantean que la tasa de infección es un parámetro comunmente usado por los investigadores en el análisis cuantitativo de epidemias, sin embargo encuentra limitaciones cuando la cantidad de inóculo inicial difiere significativamente entre tratamientos. En tal caso se procede a calcular el parámetro area debajo de la curva de progreso de la enfermedad.

Efecto de *Verticillium sp* sobre la germinación de uredosporas de *H. vastatrix*:

El porcentaje de germinación de uredosporas es significativamente menor ($\text{prob} > t = 0.0001$) cuando se aplica *Verticillium sp* sobre las uredosporas. El porcentaje promedio de germinación fue de 15 % cuando se aplicó *Verticillium sp* y 75 % cuando no se aplicó. Este resultado indica el efecto inhibitorio de *Verticillium sp* sobre la germinación de uredosporas de roya. Leguizamón y Vélez (1988), observaron que crecimiento micelial de *Verticillium lecanii* en papa-dextrosa, centrifugado y filtrado a través de una membrana estéril, afecta la germinación de uredosporas de *H. vastatrix*, sus períodos de incubación y latencia y la tasa de infección.

Eskes et al., (1987) observaron que filtrados de maceración del micelio y esporas de *V. lecanii* y *V. leptobactrum* inhibieron parcialmente la germinación de las uredosporas de *H. vastatrix*.

De acuerdo con estos resultados la actividad de *Verticillium sp* sobre la roya radica en su efecto como inhibidor de la germinación de las uredosporas, y en su capacidad de hiperparasitar pústulas de roya.

Es importante señalar que la actividad hiperparasítica de *Verticillium sp* sobre la roya del café, resulta en una reducción de inóculo para los ciclos posteriores. Es decir que una alta incidencia de *Verticillium sp* en un ciclo causa una menor disponibilidad de inóculo de roya para el ciclo siguiente. Esto sucede debido a la capacidad que tiene *Verticillium sp* de inhibir la germinación de las esporas

de la roya, y afectar su viabilidad al causar la ruptura y pérdida del citoplasma de las esporas.

CONCLUSIONES

En condiciones de invernadero *Verticillium sp* es eficiente hiperparásito de pústulas de roya. En algunos casos la incidencia alcanzó hasta 80 %.

Verticillium sp inhibió en un 80% la germinación de uredosporas de roya en condiciones de laboratorio.

Verticillium sp es un hongo con propiedades hiperparasíticas, que puede ser empleado como agente de control biológico de la roya del café.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ I.C., y SIERRA, C.A. 1989. Metodología para la evaluación del efecto de fungicidas sobre la reproducción de *H. vastatrix*. CENICAFE Vol 40 No.1
- CARRION, G. 1988. Estudios sobre Control Biológico de la roya del café por *Verticillium lecanii* en México. Micología Neotropical Aplicada. 1:79-86.
- ESKES, A.B., M.D.L. Mendes., C.F. Robbs GAMS, W. (EMBRAPA/CNPDA, CEP 13820-Jaguariuna, SP). 1987. Studies on the hiperparasitism of *Hemileia vastatrix* by *Verticillium spp.* In Congreso Paulista de Fitopatología, 10 Piracicaba S.P. febrero 1987.

Grupo Paulista de Fitopatología.

HERNANDEZ, T., T. y R. MONTAYA. 1987. Epidemiología Cuantitativa y Su Aplicación al Análisis de Algunas Enfermedades de Cultivos Tropicales. Escuela de sanidad vegetal, IICA. Lima, Perú.

LEGUIZAMON, C., J. E.; VELEZ A., P. E. (Cenicafe, Chinchiná, Caldas, Colombia). 1988. Efecto de extractos de *Verticillium lecanii* sobre la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk y Br. In Congreso ASCOLFI, 9 Pasto, Colombia, Junio 22-24. 1988. Resúmenes p. 68 esp.

EVALUACION DE *Bacillus thuringiensis* (Bt) Y *Verticillium sp* PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFE EN NICARAGUA¹

Gonzales M
Cajina D
Mendoza, R.²
Monterroso, D.³

RESUMEN

En trabajos previos se había evaluado la incidencia natural y el efecto de aplicaciones controladas en invernadero de *Verticillium sp* sobre la roya del café, igualmente se hicieron pruebas de la efectividad de Bt y en ambos casos se encontraron resultados prometedores. Esto estimuló la idea de probar a nivel de campo el efecto de aplicaciones de *Verticillium sp* y Bt, para lo cual se aisló y multiplicó *Verticillium sp* el Bt utilizado fué LARVO 2X WP (32,000 unidades). Se evaluaron 4 tratamientos: (1) *Verticillium sp*, (2) Bt, (3) Bt más *Verticillium sp* y (4) un testigo con aplicaciones de Cobre. Los resultados actuales, indican que una aplicación de Bt el 15 de agosto seguida de otra aplicación de *Verticillium sp* el 6 de octubre tiene mejores o iguales efectos que el cobre para mantener la incidencia de la roya en los niveles más bajos; sin embargo, el mayor impacto epidemiológico lo mostró *Verticillium sp*. ya que en la salida del ciclo agrícola (última lectura) tubo la menor proporción de roya (11.79%) comparado con el cobre (20.12). Esto implicó el inicio de la epidemia de roya para el nuevo ciclo, con menor inóculo inicial en los lotes con verticillium (0.89%) en comparación del tratamiento con (2.21%).

Palabras claves: *Verticillium sp*, *Bacillus thuringiensis*, roya, café

INTRODUCCION

Encuestas realizadas a productores de café consideran como una de las principales enfermedades a la roya del café su fácil diseminación y condiciones favorables durante la época lluviosa hace que el hongo cause daños

severos al follaje de las plantas aún hasta el inicio de la época seca. Es una enfermedad de difícil manejo, debido a la rápida e incontrolable diseminación, por lo cual, constituye una amenaza para la caficultura (Osquera 1991). Tradicionalmente los productores y técnicos de café basan el ma-

¹ Este trabajo es parte de la tesis de grado de las primeras dos autoras.

² Técnico del proyecto CATIE-INTA-MIP/NORAD, Nicaragua.

³ Fitopatlogo, Coordinador del proyecto CATIE-INTA-MIP/NORAD, Nicaragua.

nejo de esta enfermedad en aplicaciones calendarizadas de fungicidas (Arévalo 1996), los fungicidas a base de cobre constituyen el tratamiento más efectivo para el control de la roya, sin embargo su frecuente uso puede producir acumulación en el suelo y también puede provocar efectos secundarios al inducir un aumento de la incidencia del minador de la hoja.

Los enemigos naturales más importantes de la roya del café hasta la fecha reportados son hongos hiperparásitos como *V. hemileiae*, *V. lecanii*, *V. lapto-bactrum*, *V. psalliotae*, *Cladosporium hemileiae*. y *V. hemileiae* aparece bajo condiciones que normalmente no son tan favorables para la roya. En general la acción de los hiperparásitos no ha sido aún suficientemente investigado (Monzon 1992).

Martins et al. (1980) citado por Rivera 1992, estudiaron el efecto de las bacterias y bacilos no patógenos al café, como inductores de resistencia a *H. vastatrix*. Posteriormente demostraron que seis de 10 especies de hongos empleados fueron activos para inducir protección en cafetos contra *H. vastatrix*.

La protección inducida ha resultado efectiva bajo condiciones de campo, abriendo así nuevas perspectivas para el control de enfermedades reduciendo el uso de plaguicidas (Rivera 1992).

METODOLOGIA

Las aplicaciones de *Verticillium sp* y *Bt* se hicieron en el campo con la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad. Se aplicaron cuatro tratamientos:

- a) *Verticillium sp* en concentración de 1×10^{12} conidias por manzana
- b) *Bt* 20 gr/lts. de agua.
- c) *Verticillium* más *Bt* en las mismas concentraciones.
- d) Cobre tres lbs /mz aplicado con el 10 % acumulado de la enfermedad.

El diseño que se utilizó fueron bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Cada bloque tenía un área de aproximadamente 1 mz. el área de cada parcela fue de 0.33 mz. entre cada parcela se dejó un surco de borde.

La parcela de muestreo fue de 20 surcos con 40 plantas c/u. En cada parcela se marcaron al azar cinco conglomerados de cinco plantas para un total de 25 plantas por parcela. en cada planta se marcaron dos bandolas del medio hacia abajo y dos del medio hacia arriba, siendo esta la unidad de muestreo.

Las variables que se tomaron en estos muestreos fueron: número de hojas por bandolas, hojas con roya, hojas con *Verticillium*. Los recuentos se realizaron cada 15 días.

Los datos obtenidos se evaluaron a través de análisis de comparación de curvas de frecuencia simple y tasas de crecimiento (r). Además se realizaron análisis de varianza y pruebas simples de t .

RESULTADOS

Las figuras muestran las curvas descriptivas de las epidemias de Roya (Fig 1) y *Verticillium* (Fig 2) en función del tiempo.

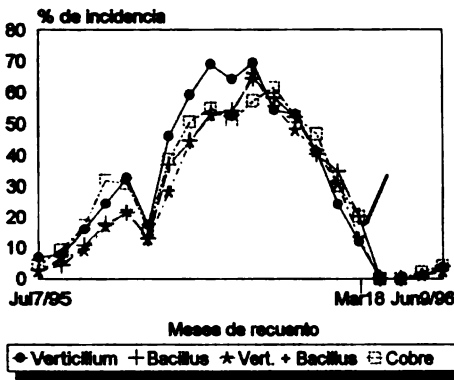


Figura 1. Efecto de diferentes tratamientos sobre el comportamiento de la roya, finca San Miguel 1995.

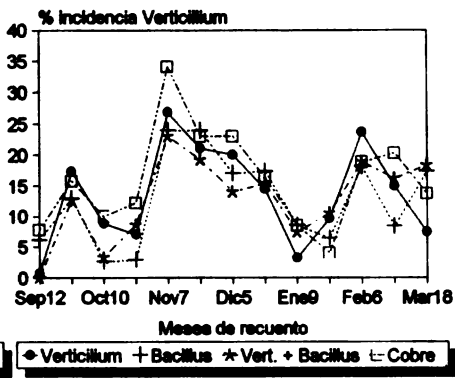


Figura 2. Comportamiento de *Verticillium* bajo el efecto de diferentes tratamientos Finca San Miguel, Diriama, Nicaragua.

1. *Verticillium*

La primera aplicación de *Verticillium* se realizó el 18 de agosto, cuando la enfermedad acumulaba un 7 %. Después de 25 días, se alcanzó un 6 % de hiperparasitismo. Después de la segunda y tercera aplicación se encontraron porcentajes de 7 a 18 %.

Las epidemias de Roya y *Verticillium* experimentaron un crecimiento ascendente de julio a septiembre, presentándose un leve descenso en octubre (4.6 %), sin embargo de finales de octubre hasta febrero la incidencia de Roya alcanzó su nivel máximo (65.85 %) manteniéndose la incidencia de *Verticillium* entre un 17.25 % y 26.8%. La tasa aparente de incremento de la roya fue de 0.109143 unidad/15 días.

2. *Bt*

Durante julio a septiembre, la afectación de la enfermedad fue entre 7 y 14.15 %. Debe tomarse en cuenta que este producto, dada su acción, es recomendable aplicarlo al inicio de la

epidemia. En este caso la aplicación que se hizo en los primeros días de noviembre no se realizó a tiempo, pero aún así la aplicación logró bajar el porcentaje de incidencia de la roya. La X máxima de la epidemia de roya fue de 57.96 %, la X final fue de 20.06 % y la tasa aparente de incremento fue de 0.104988 unidades/15 días.

Para *Verticillium sp.* La X máxima fue de 23.9 % y la X final de 17.35 %.

3. *Verticillium + Bt*

Entre julio y Agosto la incidencia de Roya fue de 2 a 15 %, el valor máximo alcanzado fue de 54.99 % de incidencia y su tasa aparente de crecimiento fue de 0.103314 unidades/15 días.

La incidencia de *Verticillium* osciló entre 12 % y 15 %, la X máxima fue de 23 %, la X final fue de 18.39 %.

4. *Cobre (Testigo)*

La epidemia de roya inicia con 4.3 %, para finales de agosto alcanza un 17.3 %, previo a este, era el momento

oportuno para realizar la primera aplicación, pero ésta se hizo el 19 de septiembre cuando se tenía un 30.93 % de incidencia. La X máxima fue de 61.40 %, la X final fue de 13.77 % y la tasa aparente de crecimiento de la epidemia de roya fue de 0.107590 unidad/15 días.

La epidemia de *Verticillium* tuvo una X máxima de 34.1 % y la X final fue de 13.77.

5. Pruebas estadísticas

De manera global cuando se tomaron los promedios de la incidencia simple de roya y en todos los momentos de la epidemia, el análisis de varianza no detectó diferencias entre tratamientos, lo que indica que el efecto de los productos biológicos comparado con el cobre es muy similar para el manejo de la roya.

Tratando de buscar un mejor argumento estadístico se seleccionaron las fechas en las cuales las epidemias alcanzaron sus X máximas, con estos datos si se encontraron diferencias significativas, el argumento es débil porque aunque los valores de las X máximas fueron alcanzadas en la misma fecha (enero) para los tratamientos *Bt*, *Verticillium* + *Bt* y Cobre; el tratamiento con *Verticillium* alcanzó su X máxima antes (noviembre).

En el caso de *Verticillium* los valores de las X máximas alcanzadas no variaron con respecto al tiempo y el análisis de varianza detectó diferencias significativas entre los tratamientos.

Las pruebas de t para la incidencia de *Verticillium* demuestran que los tratamientos de cobre y el de *Bt* mantuvieron en promedio general las más altas incidencias del hiperparásito.

DISCUSION

Verticillium presentó un comportamiento fluctuante a lo largo del tiempo, la incidencia del hiperparásito progresa en relación al incremento de la incidencia de roya. Podemos observar que la incidencia de *Verticillium* no alcanza valores muy altos, aún cuando la incidencia de roya fue mayor del 50% lo que nos indica que existen otros factores probablemente ambientales que determinan la incidencia del hiperparásito. Kushalappa (1989) observó que en condiciones de campo la tasa de supervivencia de *Verticillium* es muy baja, esto se debe probablemente al principal factor limitante del hiperparásito, la humedad.

Entre septiembre y octubre el tratamiento *Verticillium* mantuvo porcentajes entre ocho y 18% mostrando así que al haber menor inóculo de roya hay menor incidencia del hiperparásito, ya en la salida del ciclo agrícola (última lectura) tuvo la menor proporción de roya (11.79%) comparado con el Cobre (20.12). Esto implica que el inicio de la epidemia de roya para el siguiente ciclo tendrá menor inóculo inicial en estos lotes con *Verticillium* (0.89%) en comparación a los lotes con el tratamiento de Cobre (fig 3).

El tratamiento que presentó el mayor porcentaje de incidencia de *Verticillium* fue el tratamiento Cobre, se asume que la eliminación de antogonistas del hiperparásito aumente su población y se podría deducir también que hay una cierta resistencia del *Verticillium* hacia el cobre.

El tratamiento *Verticillium* + *Bt* finalizó con mayor cantidad de inóculo

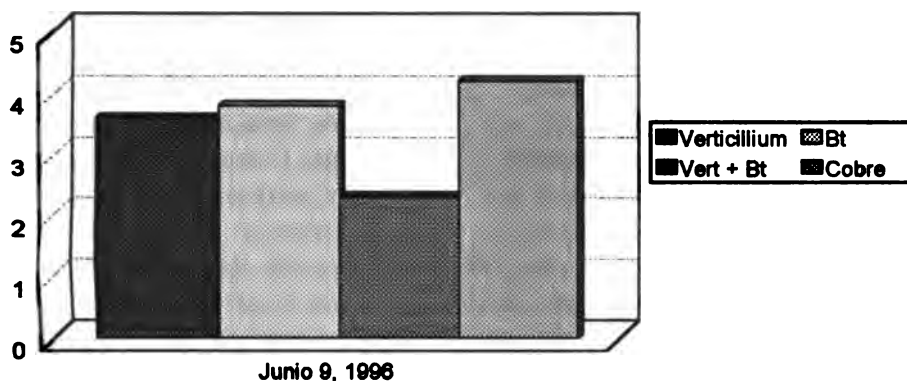


Figura 3. Efecto de *Verticillium sp.* sobre el inicio de la epidemia de roya en el siguiente ciclo

de *Verticillium* este fue de 18.39 %. Como podemos observar en la figura 2, la incidencia final de *Verticillium* fue mayor (7 %) a la que se presentó al inicio (2 %) lo cual indica que se deja una mayor cantidad de inóculo de *Verticillium* para el siguiente ciclo productivo.

La mayor incidencia de *Verticillium* observada fue a inicios de noviembre y diciembre, coincidiendo con la mayor incidencia de roya, como se puede observar en las figuras 1 y 2.

CONCLUSIONES

1. El momento en que se se inició el muestreo no fue el más adecuado, dado que el ciclo de la roya ya estaba comenzado, lo que permitió un desfase en las aplicaciones.
2. La epidemia de roya en el ciclo 95 - 96 fueron altas durante el muestreo comenzando la etapa exponencial entre noviembre y diciembre, alcanzan-

do sus máximos valores en diciembre.

3. La incidencia fue un estimador adecuado para la medición de la intensidad de la roya y *Verticillium*.
4. Las condiciones climáticas que se presentaron durante el estudio ejercen un efecto positivo para el desarrollo de la enfermedad y por tanto para el desarrollo de *Verticillium sp.*
5. Cualquier sistema de manejo de roya debe fundamentarse en una adecuada cuantificación de la enfermedad.
6. El grado de incidencia de *Verticillium* sobre la roya del cafeto, depende de la incidencia de roya, ya que con mayores niveles de incidencia de roya, *Verticillium* alcanza un mayor nivel.
7. La mayor incidencia de *Verticillium sp.* ocurrió en el tratamiento Cobre debido posiblemente a eliminación de antagonistas y resistencia de este hiperparásito al cobre.

8. Con la aplicación dirigida de *Verticillium*, se dejó una buena cantidad de inóculo del hiperparásito para el siguiente ciclo.
9. Una aplicación de *Bt* el 15 de agosto seguida de otra aplicación de *Verticillium sp* el 6 de octubre tiene mejores o iguales efectos que el Cobre para mantener la incidencia de la roya en los niveles más bajos.
10. Los porcentajes más bajos de incidencia de roya, se presentaron en los tratamientos *Bt* y *Verticillium* + *Bt* durante todo el estudio.

BIBLIOGRAFIA

- AREVALO, C. y F. PORRAS 1996. Comportamiento Epidemiológico de la Roya del Café Bajo Diferentes Alternativas de Manejo. Tesis de Ingeniería. Universidad Nacional Agraria UNA- Managua, Nicaragua. 55 pp.
- KUSHALAPPA. A. C. 1989. Advances in Coffee Rust Research.

Annual Review of Phytopathology 1989. 27: 503 - 531.

- MONZON, J. A. 1992. Distribución de *Verticillium sp* en tres zonas Cafetaleras de Nicaragua, y evaluación de dos aislamientos del hongo como agente de control biológico de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica* L.) Tesis Maestría, Turrialba, Costa Rica, 64 pp.
- OSEGUERA, H. S. 1991. Epidemiología de la Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk) en dos zonas cafetaleras de Honduras, C.A. Tegucigalpa, D.C. Honduras, 42 pp.
- RIVERA, A. J. 1992. Interferencia de *Bacillus thuringiensis* y Quinta en el sistema Café - *Hemileia vastatrix* Berk y Br. Tesis Maestría, Centro Agronómico Tropical DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA -CATIE. Turrialba, Costa Rica, 56 pp.

EVALUACIÓN DE AGROQUÍMICOS PARA COMBATIR ATAQUES DE (*Rosellinia sp*) EN EL CULTIVO DEL CAFÉ

Fabio Bautista Pérez'
Alfredo Agustín Rivera Menjívar

RESUMEN

Con el propósito de obtener nuevas alternativas para el combate de la Podredumbre Negra de la Raíz del cafeto y árboles de sombra causada por *Rosellinia sp*, se evaluaron los agroquímicos Metam-Sodium (Formután), Tridemorph (Calixin), Tolclofos Methyl (Rizolex), Etridiazole + Thiophanate Methyl (Banrot), Calcio 22% y Magnesio 12%(Cal dolomita) y un testigo sin aplicación. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 14 tratamientos y 4 repeticiones. El ensayo fue ubicado en un área del cafetal donde las plantas de cafeto y árboles de sombra murieron a causa de la enfermedad. La parcela experimental constó de 4 plantas efectivas a las que mensualmente se muestrearon para determinar el número de plantas muertas por *Rosellinia* durante un período de tres años. Los resultados obtenidos mostraron que el fungicida Tolclofos Methyl en dosis de 15.0 g/hoyo (antes de la siembra) y posterior aplicación en agosto en la base de la planta no presentó plantas muertas durante todo el período de estudio y mostró el mayor beneficio neto con un valor de ¢104.96 y una tasa marginal de retorno de 227%. Los costos por tratamiento del hoyo fue de ¢ 7.37.

Palabras claves: *Rosellinia*, café, control químico, Guatemala

INTRODUCCION

Objetivos:

- Evaluar alternativas químicas para la prevención y combate de la podredumbre negra de la raíz del cafeto.
- Observar si los agroquímicos evaluados no causaban fitotoxicidades al cafeto.
- Determinar costos de aplicación y la

tasa marginal de retorno de los tratamientos evaluados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo tuvo una duración de 3 años junio/92 a abril/95 y se ubicó en la Finca "La Perla", Cantón El Jícaro, Municipio de Tecapán, Departamen-

¹ PROCAFE, Final 1a. Av. Norte, Nva. San San Salvador, El Salvador, C.A.

to de Usulután a 730 msnm, en un área afectada por *Rosellinia sp* y bajo sombra de *Inga sp* en donde se arrancaron las plantas enfermas de cafeto y posteriormente se realizó un ahoyado de 40 x 40 x 40 cm. Los hoyos se dejaron tres meses a plena exposición solar y en junio/92 se sembraron las plantas utilizando la variedad Pacas a un distanciamiento de 1.67 m x 1.25 m. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones y 14 tratamientos, los cuales se describen en el Cuadro 1.

La unidad experimental constó de 4 plantas repetidas 4 veces para un total de 16 plantas por tratamiento. Entre los tratamientos evaluados se encontraban fumigantes, fungicidas y una enmienda con cal dolomita la cual fue determinada en base a un

análisis químico de suelo. La aplicación del fumigante y de los fungicidas se realizó con "regadera" y fueron diluidos en dos litros de agua.

El fumigante Metan Sodium solamente se aplicó una vez en todo el período del estudio, el cual se distribuyó en el fondo del hoyo de siembra, a las paredes y al suelo que se utilizó para rellenarlo, seguidamente se tapó con plástico y se dejó por siete días, transcurrido ese período se removió el suelo y se dejó por otros siete días. La enmienda con cal dolomita se aplicó una vez por año (tres veces), la primera aplicación se realizó al fondo del hoyo, paredes y al suelo que se utilizó para rellenar; en el segundo y tercer año se aplicó en el área de la "gotera". Los fungicidas Tridemorph, Tolclofos Methyl y Etridiazole +

Cuadro 1. Tratamientos evaluados y época de aplicación

Tratamientos		Dosis	Época de aplic.
1. Metam Sodium	(Formután)	20.0 cc/hoyo	Junio
2. Metam Sodium	(Formután)	40.0 cc/hoyo	Junio
3. Metam Sodium	(Formután)	60.0 cc/hoyo	Junio
4. Tridemorph	(Calixin)	2.0 cc/hoyo	Junio y agosto
5. Tridemorph	(Calixin)	4.0 cc/hoyo	Junio y agosto
6. Tridemorph	(Calixin)	6.0 cc/hoyo	Junio y agosto
7. Tolclofos Methyl	(Rizolex)	5.0 g/hoyo	Junio y agosto
8. Tolclofos Methyl	(Rizolex)	10.0 g/hoyo	Junio y agosto
9. Tolclofos Methyl	(Rizolex)	15.0 g/hoyo	Junio y agosto
10. Etridiazole+Thiophanate Methyl	(Banrot)	3.0 g/hoyo	Junio y agosto
11. Etridiazole+Thiophanate Methyl	(Banrot)	5.0 g/hoyo	Junio y agosto
12. Etridiazole+Thiophanate Methyl	(Banrot)	7.0 g/hoyo	Junio y agosto
13. Calcio 22% y Magnesio 12%	(Cal dolomita)	224.0 g/hoyo	Junio
14. Testigo		—	—

Thiophanate Methyl se aplicaron dos veces por año, la primera aplicación se realizó al fondo del hoyo, paredes y al suelo que se utilizó para rellenarlo antes de la siembra del cafeto; en el segundo y tercer año dichos fungicidas fueron aplicados en el área de la gotera de la planta de cafeto.

Se realizaron evaluaciones mensuales en las que se determinó número de plantas sanas, enfermas, muertas y con fitotoxicidad; el manejo que se le dio al ensayo consistió en combate de malezas en forma manual, insectos de suelo, enfermedades foliares (*Cercospora coffeicola*), podas de sombra y fertilización en base a un análisis químico de suelo.

RESULTADOS

Durante el primer año de estudio se observó que los tratamientos que no presentaron plantas muertas fueron Metan Sodium en las tres dosis evaluadas, Tolclofos Methyl 15.0 g y Etridiazole + Thiophanate Methyl a las dosis de 5.0 y 7.0 g respectivamente; los tratamientos que presentaron plantas muertas fueron Tridemorph en las 3 dosis, Tolclofos Methyl a las dosis de 5.0 y 10.0 g/hoyo, Etridiazole + Thiophanate Methyl en dosis de 3.0 g/hoyo, la cal dolomita y el testigo que presentó el mayor porcentaje con 18.70%.

En el segundo y tercer año solamente el tratamiento con Tolclofos Methyl 15.0 g/hoyo no presentó plantas muertas, el resto mostraron plantas muertas. Al final del estudio el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de plantas muertas fue el Etri-

diazole + Thiophanate Methyl a 3.0 g/hoyo con un 31.2% siendo mayor que el testigo que presentó 25% (Figura 1).

El Metan Sodium en las tres dosis evaluadas fueron efectivas solamente durante el primer año de estudio. Esto es debido a que los productos fumigantes son biocidas pero su efectividad es de corta duración ya que de acuerdo a los formuladores de dichos productos su acción es a través del gas formado cuando el producto entra en contacto con el suelo húmedo, posteriormente el suelo tratado puede volver a contaminarse con el hongo, infectando nuevamente a las plantas.

Otro tratamiento que no mostró plantas muertas durante el primer año fue el Etridiazole + Thiophanate Methyl en dosis de 5.0 y 7.0 g/hoyo, el comportamiento de estos tratamientos posiblemente se deba a que en este año el hongo estaba en proceso de colonización y el inóculo existente no fue capaz de matar a ninguna planta.

El registro de la primera producción se tomó cuando la planta tenía tres años de edad, observando que el Tolclofos Methyl en dosis de 15.0 g/hoyo o planta, presentó una producción de 17.1 lb de café oro, ya que no presentó plantas muertas. Al realizar un análisis económico en base a presupuestos parciales a los tratamientos que presentaron los mayores índices de producción, se encontró que el Tolclofos Methyl en dosis de 15.0 g/hoyo o planta presentó el mayor beneficio neto con ¢104.96. Al realizarle el análisis de tasa marginal de retorno se encontró que dicho parámetro fue de 227%. Esto indica que la alternativa Tolclofos Methyl 15.0

g/hoyo o planta es rentable y todas las plantas permanecieron sanas, no así los demás tratamientos que presentaron plantas muertas y de acuerdo a los autores Alvarado (1), Lopera Palacios y Lopera Rúa (14), toda alternativa que resulte con una tasa marginal de retorno igual o mayor al 40% puede ser económicamente rentable.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y en las condiciones en que se desarrolló el ensayo se puede concluir:

- Que el fumigante Metam Sodium en las tres dosis evaluadas previno la enfermedad solamente durante el primer año.
- El mejor tratamiento fue el Tolclofos Methyl a 15.0 g/hoyo, ya que durante los 3 años que duró el estudio no presentó plantas muertas y presentó el mayor beneficio neto y mayor tasa de retorno marginal que fue de 227%..

BIBLIOGRAFÍA

- ALVARADO, M.E. 1987. Análisis agrosocioeconómico de alternativas tecnológicas para la Transferencia en Café. ISIC. Nueva San Salvador, El Salvador. 16 p (mimeo).
- BARAT, H. 1954. Enfermedades criptogámicas del cafeto. In *Café-os y Cafés del Mundo*. Provenza. Barcelona, España. P 257-258.
- BERMÚDEZ, M.; CARRANZA, MORSE, J. 1992. Estado anamórfico de *Rosellinia bunodes* (Berk & Br.) Sacc. y *Rosellinia pepo* Pat. (Ascomycotina: Xylariaceae). *Rev. Biol. Trop.* (Costa Rica). 40(1): 43-46.
- BONILLA, E. SF. La llaga negra del cafeto y su combate. *Revista Cafetalera de Colombia*. Colombia p 35-38.
- CASTAÑO, J.J. 1954. Reproducción artificial de los síntomas lesionales típicos de la "Llaga negra" o "Podredumbre negra" radicular del cafeto. *CENICAFE. Boletín Informativo* 5(51):32.
- CENICAFE. 1988. Enfermedades del Cafeto. In *Tecnología del cultivo del Café*. CENICAFE. Manizales, Colombia. P 166-167.
- CASTRO C., B. L.; ESQUIVEL R., V. H. 1991. Las llagas radicales del cafeto. *Avances Técnicos*. CENICAFE, Manizales, Colombia. 163:1-4.
- DUKE, J. P. 1951. La Podredumbre Negra de la Raíz del Cafeto. *El Café de El Salvador*, El Salvador. 230:31-37.
- FERNÁNDEZ, B. O. y LÓPEZ, D.S. 1964. Llagas radicales negras por *Rosellinia bunodes* y estrelladas por *Rosellinia pepo* del Cafeto. I Patogeni-

cidad e influencia de la clave de inóculo en la infección. CENICAFE 15(3): 126-144.

FREEMAN, S.; SZTEJNBERG, A. 1992. Rosellinia. In Methods for research on soilborne Phytopathogenic fungi. Ed. by L.L. Singleton, J. D. Mihail, C.M. Rush. St. Paul Minnesota, EE.UU. APS Press. p 71-73.

HAARER, A.E. 1977. Producción Moderna de Café. 2º ed. Trad. del Inglés por Marcos Godínez Noriega. México D.F. Continental, p 9-10.

HIEPKO, G. 1984. El empleo del Calixin contra enfermedades de la raíz. BASF reportes agríco-

las 4/84. República Federal de Alemania. p 9-10.

ISIC. 1983. Enfermedades. In Técnicas Modernas para el cultivo del café. Nueva San Salvador, El Salvador, p 143-144.

LOPERA PALACIOS, J.; LOPERA RUA, H. 1988. Manual de análisis socio económico de resultados de ajuste de tecnología. Instituto Colombiano Agropecuario. ICA/MAG. Manual de Asistencia Técnica No. 37. Bogotá, Colombia. p 40.

SACCAS, A.M. 1956. Les Rosellinia des cafeiers en Oubangui-chari, L'Agronomic Tropicale (Francia). 11 (5): 36-80.

EVALUACION DE CLORPIRIFOS PARA EL CONTROL DE BROCA DEL CAFE (*Hypothenemus hampei* Ferr.)

Dr. Armando García G*
Ing. Oscar Campos*

RESUMEN

El control químico eficaz de la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*), demanda de evaluaciones constantes de insecticidas de buenas propiedades.

Con el objetivo de evaluar la efectividad de LORSBAN 4 E (Clorpirifós) en el control de este insecto, y determinar la dosis mínima efectiva, se realizó este trabajo en Guatemala.

Tres dosis fueron evaluadas en base a conteos del número de Brocas adultas vivas y muertas, durante 30 días.

Los resultados muestran que las poblaciones de Broca del Café pueden ser manejadas adecuadamente con aplicaciones oportunas de LORSBAN 4E. Su mejor efecto se obtiene a los 7 días de aplicación y su evolución hasta los 28 días, sugiere una adecuada persistencia.

El producto representa una alternativa para el manejo de las poblaciones de Broca, a utilizar en los programas de manejo integrado de la plaga.

Palabras claves: Broca; *Hypothenemus hampei*, control químico; manejo integrado; Guatemala.

INTRODUCCION

La Broca del Café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) es la plaga de mayor importancia económica en la caficultura guatemalteca. El manejo integrado de sus poblaciones, es la única alternativa para evitar daños considerables en las plantaciones. El control químico eficaz de este insecto, demanda de evaluaciones constantes de productos insecticidas de buenas propiedades; CLORPIRIFOS ha muestra-

do un efectivo control, en investigaciones de campo realizadas en Colombia, Brasil y Ecuador (Becerra, 1993).

En la búsqueda de un producto insecticida alternativo para el manejo de esta plaga, dentro del concepto de manejo integrado-caficultura sostenible; en 1994 se iniciaron trabajos en campo para evaluar la efectividad de LORSBAN 4 E (Clorpirifós) y determinar la dosis mínima efectiva para el control de la Broca del Café, en condiciones de

* Entomólogo e investigador regional, ANACAFE 5a. Calle 0-50 zona 14 Guatemala. City. Tel Fax: 363-3251

la zona cafetalera de Guatemala. Tres evaluaciones han sido realizadas, obteniéndose resultados similares en cada una de ellas (García, 1994). Este artículo presenta los resultados de la investigación conducida en 1996.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el año de 1996 en Finca La Conchita, Suchitepequez (Suroccidente del país; Zona cafetalera baja. Altitud: 600 m.s.n.m ; Temperatura: 28° C).

Se seleccionó una plantación con infestación natural de Broca del 12%, con las siguientes características : Plantación tecnificada; Variedad Cati-mor T5269; edad 10 años (recepada); densidad de siembra 4 000 plantas/ha. Se evaluaron cinco tratamientos (6 repeticiones) :

- Clorpirifós 1.0 L/ha 480 g ia/ha
- Clorpirifós 1.5 L/ha 720 g ia/ha
- Clorpirifós 2.0 L/ha 960 g ia/ha
- Endosulfán 1.7 L/ha 600 g ia/ha
- Testigo (Sin aplicación)

Cada uno en una parcela experimental de 60 cafetos (6 surcos de 10 m). La aplicación de los productos fue realizada en el momento que la Broca inicia el canal de perforación del grano; esto fue determinado en base al muestreo realizado tres meses después de la floración principal del café, para las condiciones altitudinales de la zona (ANACAFE, 1991).

Los adultos de Broca (vivos y muertos), fueron evaluados en cinco observaciones: pre-aplicación de los productos; a los 7, 14, 21 y 28 días post-aplicación. En cada parcela, Se cortaron 30 frutos brocados por observa-

ción (=180 frutos/tratamiento/observación). Cada fruto fue disectado en laboratorio y en cada uno de ellos, el recuento de sus poblaciones (Brocas adultas vivas y muertas) fue realizado. 900 frutos fueron disectados por observación; 4, 500 frutos fueron observados en total durante el ensayo.

RESULTADOS

El cuadro 1, muestra porcentajes de control de Broca en cada observación según dosis de aplicación (transformados a arc. sen. $\bar{O}x$).

El análisis de los datos pre-aplicación de los insecticidas, no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la variable porcentaje de Brocas vivas. El análisis final a 28 días post-aplicación, si presentó diferencias significativas de los tratamientos que recibieron insecticida frente al testigo no tratado.

Las aplicaciones de Clorpirifós en dosis de (1.0 , 1.5 y 2.0 litros/ ha), mostraron una tendencia similar en el control de Broca. Las dosis evaluadas, presentaron un control de adultos superior a 70 % a partir de siete días de la aplicación (Gráfica 1). Su efecto se mantuvo con pocas variaciones numéricas en el curso de las observaciones hasta 28 días post-aplicación; lo que sugiere una adecuada persistencia del producto en evaluación.

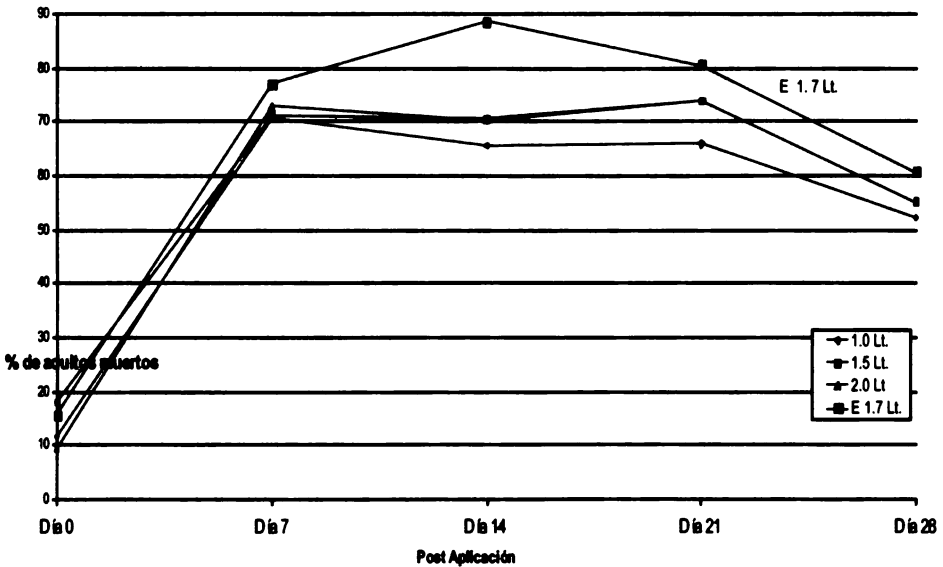
Con ninguna de las dosis evaluadas, se obtuvo un 90% de mortalidad que permitiera determinar la dosis óptima de acuerdo a la metodología sugerida por Ochoa et-al, 1990. Sin embargo, puede notarse que las dosis de 1.5 y 2.0 litros, presentan los mejores efectos y manifiestan similar comportamiento.

Cuadro 1: Análisis comparativo por la prueba de F y el test de Newman-Keuls 5%

Tratamiento	A 0 días	A día 7	A día 14	A día 21	A día 28
	Adultos vivos %	Adultos muertos %	Adultos muertos %	Adultos muertos %	Adultos muertos %
CLORPIRIFOS 1.0 L	69.7	57.4 A	54.3 C	54.3 A	46.1 A
CLORPIRIFOS 1.5 L	64.9	57.4 A	57.4 BC	59.3 A	46.1 A
CLORPIRIFOS 2.0 L	72.5	58.7 A	58.7 AB	56.2 A	60.0 A
ENDOSULFAN 1.7 L	66.4	61.3 A	70.6 A	63.4 A	51.4 A
TESTIGO 1.5 L	64.2	25.8 B	29.3 D	27.3 B	24.4 B
FC	1.84 NS	14.06 *	21.34 *	18.17 *	10.88 *

Datos transformados a arc. sen. Öx

Gráfica 1 : Clorpirifos. Control de Broca del Café



CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo, muestran que las poblaciones de Broca del Café (*H. hampei*) pueden ser manejadas adecuadamente con la utilización de LORSBAN 4 E (Clorpirifós).

Las aplicaciones oportunas, deben ser determinadas en base a muestreos de Broca en plantación. Cuando esta inicia el canal de perforación del grano, se garantizan los mejores resultados. Clorpirifós, representa una alternativa para el manejo de las poblaciones de Broca, a utilizar en los programas de manejo integrado de esta plaga.

BIBLIOGRAFIA

ANACAFE., (1991) Muestreo y umbrales económicos para el control de la broca del fruto del café. Trif. Guatemala.

BECERRA E., (1993). Evaluación de LORSBAN 4 EC para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. 1867. Informe DOWELANCO DE COLOMBIA S.A. Colombia, 29p.

GARCIA A., (1994). Evaluación de LORSBAN 4 E-HF (Clorpirifós), para el control de Broca del Café (*Hypothenemus hampei*). Informe DOWELANCO DE GUATEMALA S.A. Guatemala, 12 p.

OCHOA H. CARRILLO E. DECAZY B., (1990). Evaluación de 4 insecticidas en el control de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei*. In Memoria técnica de investigaciones en café 1989-1990. ANACAFE, Guatemala. 64-74.

RESPUESTA A EXTRACTOS DE CEREZAS DE CAFE UTILIZADOS COMO ATRAYENTE PARA HEMBRAS INTERCOSECHA DE LA BROCA DEL FRUTO *Hypothenemus hampei* Ferr.

Hermenegildo Velasco Pascual¹

Juan Miguel Llaven Gómez²

Amir Fanuel Velázquez Velázquez²

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue el de conocer la efectividad de extractos de cereza de tres variedades de café (Typica, Garnica y Robusta) utilizadas como atrayente de la broca del fruto *H. hampei*. Para este estudio se utilizaron además de los extractos; trampas "Ecobroca" y una finca de café de la variedad Robusta. El experimento se estableció el 18 de Mayo utilizando el diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones en Tepatlaxco, Veracruz, México. Los resultados obtenidos indican que el mejor tratamiento fué el extracto de Typica que capturó 3647 brocas en 12 recuentos semanales; en segundo término quedaron los extractos de las variedades Garnica y Robusta con 2104 y 1275 brocas capturadas y al final el testigo en el que no se obtuvo captura. Todos los extractos capturaron un número significativamente más alto de brocas que el tratamiento testigo.

Palabras claves: Broca,, atrayentes, extractos de cereza, México

INTRODUCCION

OBJETIVO: El presente estudio se llevó a cabo para conocer la efectividad de extractos de cereza de tres variedades de café utilizadas como atrayente de la broca del fruto *H. Hampei*

MATERIALES Y METODOS

Para este estudio se utilizaron extractos de cerezas maduras de tres variedades de café: Typica, Garnica y Robusta, obtenidos por un procedimiento específico.

¹ Profesor Investigador del Centro Regional Universitario Oriente UACH.

² Alumnos del 7° Año de la especialidad de Parasitología de la Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Oriente, UACH.Apdo. No. 49. Huatusco, Veracruz, México. C.P 94100

El poder atrayente de cada extracto se evaluó utilizando trampas especiales "Ecobroca" constituida básicamente de una parte metálica formada por la tapa, embudo de captura y lámina protectora de lluvia y otros materiales ajenos. La otra parte de la trampa fué un frasco de vidrio de 250 ml dentro del cual se colocó un corcho de 3 X 3 cm impregnado del atrayente.

Las trampas que fueron los dispositivos de captura, se colocaron bajo ramas de cafetos de la variedad Robusta.

El experimento se estableció utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones en un cafetal de la variedad Robusta en la localidad de la Palma, Tepatlaxco, Ver.

La parcela experimental fué de seis hileras de plantas establecidas a 4 X 4 m siendo la longitud de cada hilera de 50 m. En cada parcela y en la hilera central se colocaron dos trampas equidistantes 25 m una de la otra.

El experimento se estableció el día 18 de Mayo y se terminó el día 28 de Agosto de 1996 y durante este periodo las trampas fueron revisadas semanalmente haciendo el cambio de atrayente y el material capturado se llevó al laboratorio para su recuento y procesado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de este estudio se presentan en los Cuadros 1 y 2.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos en 1995 en un trabajo previo colocando una trampa por parcela en un estudio de manejo integrado en donde se puede observar que en la localidad con mayor infestación de broca se capturaron mas de 2000 brocas por semana en el mes de Junio tanto en la parcela con manejo integrado como en aquella con la tecnología del productor. Estas capturas rebasaron ampliamente resultados previos de otros investigadores que reportan capturas de 300 ejemplares por semana.

En el Cuadro 2, se representan los resultados de la prueba con extractos de tres variedades de café obteniéndose en este estudio que el extracto de la variedad Typica capturó un número significativamente más alto de hembras inter cosecha que en las variedades Garnica y Robusta pero en todos los casos hubo diferencias significativas con relación al testigo que no registró capturas.

Cuadro 1. Número de adultos de broca del fruto capturados en trampas con semioquímicos en diferentes sitios y variedades de café en periodo de inter cosecha 1995.

FECHA	SITIOS							
	TEPATLAXCO 790 m.s.n.m		RIO SECO 690 m.s.n.m		MONTE SALAS 1080 m.s.n.m		MONTE BLANCO 1200 m.s.n.m	
	ROBUSTA		GARNICA		GARNICA		TYPICA	
	I	II	I	II	I	II	I	II
20-V-95	80	1600	2	0	0	0	0	3
27-V-95	40	982	1	0	0	0	0	0
3-VI-95	2685	2430	10	16	4	2	0	0
9-VI-95	2460	2120	4	8	5	1	0	0
16-VI-95	147	143	11	29	5	3	3	0
23-VI-95	424	879	11	29	3	0	12	3
30-VI-95	327	978	3	10	1	0	0	0
7-VII-95	156	197	7	2	3	0	0	0
21-VII-95	383	225	4	6	2	9	5	4
4-VIII-95	52	20	0	10	0	0	3	3
18-VIII-95	43	40	0	4	0	0	1	5
TOTAL	6797	9614	53	114	23	15	24	18
PROMEDIO	617.91	874	4.82	10.36	2.09	1.36	2.18	1.64

I. Manejo Integrado para Control de broca.

II. Tecnología del productor

Cuadro 2. Número de hembras inter cosecha de *hypothenemus hampei ferr.* capturadas con semioquímicos en *coffea canephora* pierre ex frohener. tepatlaxco, veracruz, méxico. 1996.

EXTRACTO EVALUADO	TRAMPAS POR TRATAMIENTO	BROCAS CAPTURADAS EN 12 SEMANAS
TYPICA		
<i>Coffea arabica</i>	6	3647a
GARNICA		
<i>Coffea arabica</i>	6	2104b
ROBUSTA		
<i>Coffea canephora</i>	6	1275b
TESTIGO*	6	000c

*Trampas con corcho sin atrayente.

CONCLUSIONES

1. Por la información obtenida hasta la fecha se puede inferir, que los extractos de cerezas maduras y frescas de café utilizadas como atrayentes con trampas "Ecobroca" son altamente eficientes para captura de hembras intercosecha de la broca del fruto del cafeto.
2. Por la magnitud del problema de la broca, esta técnica debe ser incorporada en los programas de manejo integrado de esta plaga, ya que será un apoyo muy útil de la cosecha sanitaria para abatir la población y facilitar un control satisfactorio del problema con los otros tipos de control.

BIBLIOGRAFIA

- GIORDANENGO, P; BRUN, L.O. AND FREROT, B. 1993. Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferr. By coffee berry. J. Chem. Ecol. 19(4):763-769.
- PROCOPY, R.J. 1986. Visual and olfactory stimulus interaction in resource finding by insects. Mechanism in insect olfaction. Kenedy (eds).
- VELASCO, P.H; BERISTAIN, R. B. Y DÍAZ, C. S. 1996. Manejo Integrado de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr. Del fruto del cafeto en *Coffea canephora* Pierre ex Frohener variedad Robusta. VI Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Acapulco, Guerrero, México

MANEJO ECOLÓGICO DE LA BROCA DE CAFÉ EN NICARAGUA

Guharay, F1
Monterrey, J2
Jiménez, C.M3
Barrios, M 4
Morales, R5
Morales, S6
Quintero, N 7

RESUMEN

En muchas zonas de Centroamérica ocurre una floración principal que representa alrededor de 90% de la cosecha del café. Bajo esta condición de concentración de cosecha, las acciones dirigidas a la reducción de las poblaciones sobrevivientes de broca en el período de post-cosecha (remoción de granos de café del suelo y de plantas, utilizar trampas semioquímicas para atraer y matar los adultos o las liberaciones de los adultos de la avispa de Togo, *Cephalonomia stephanoderis*) logran un impacto significativo en cuanto a la reducción del daño.

Con los registros de las lluvias y las floraciones se puede predecir el momento cuando el grado de madurez de los granos de café invita a una mayor incidencia de la broca. En estos momentos los muestreos sencillos pueden señalar el ritmo de crecimiento poblacional y por ende la necesidad de tomar algunas acciones. Es factible lograr una reducción notable del aumento de las poblaciones, con prácticas de remover granos con afectaciones de la broca. Sin embargo, en plantaciones de mayor rendimiento se podría considerar el uso del hongo *Beauveria bassiana*. Aspersiones de 10^{12} conidias por ha., realizados en momentos adecuados logran frenar el crecimiento poblacional, reducir el daño y mejorar la calidad y cantidad de la cosecha. Para determinar los momentos apropiados de aspersiones, hay que considerar la incidencia natural de este hongo, las lluvias y el patrón del crecimiento poblacional de la broca.

Estas opciones han sido evaluadas por varios caficultores de Nicaragua en áreas comerciales. Es imprescindible desarrollar la capacidad de realizar recuentos y mantener registros sistemáticos para implementar el manejo ecológico de broca del café.

Palabras claves: Broca, *Beauveria bassiana*, *Cephalonomia stephanoderis*, manejo ecológico, Nicaragua

¹ Proyecto CATIE/INTA-MIP(NORAD). Apdo. P-116. Managua

² Asociación de Desarrollo Humano Sostenible, Matagalpa

³ Empresa Chale Haslam, AGROCAFE, Matagalpa

⁴ Universidad Centroamericana, Managua

INTRODUCCION

La broca del café, *Hypothenemus hampei*, Ferr es un insecto que pertenece al Orden Coleoptera, familia Scolytidae. Este pequeño insecto del tamaño de la cabeza de un alfiler, se ha convertido en la principal plaga de los cafetales tanto en el área Centro americana como en otras partes del mundo. En algunas zonas, la broca se ha convertido en una amenaza causando pérdida de hasta 50% de la cosecha, provocando una alarma general entre los caficultores, mientras que en otras zonas el insecto se ha acomodado como un habitante más del cafetal sin causar mayor estrago. Afortunadamente, este insecto ha recibido atención de muchos científicos, técnicos y productores experimentadores. De todos estos esfuerzos, hemos aprendido mucho sobre los factores que influyen para que la broca se convierte en una plaga temible y también hemos aprendido sobre qué podemos hacer para que no suceda esto. Utilizar estos conocimientos ecológicos para tomar decisiones que nos ayuden a reducir las pérdidas sin causar mayor daño a la salud humana y el medio ambiente, será el camino hacia el manejo ecológico de la broca del café.

¿En que plantas se alimenta, se desarrolla y se refugia la broca?:

En la opinión de la mayoría de los investigadores la única hospedera que permite la alimentación, desarrollo y reproducción de la broca son las cerezas de diferentes especies del género *Coffea*. Sin embargo, se ha reportado que en las cerezas de *Oxyanthus spp.*,

y los granos y vainas de *Dalium la-courtiaria* y *Cajanus cajun*, la broca logra alimentarse y desarrollar su ciclo de vida (Quezada y Urbina, 1987).

En cápsulas, vainas, granos o frutos producidos por varias plantas (*Phaseolus lunatus*, *Rubus sp.*, *Vitis lanceolaria*, *Crotolaria sp.*, *Centrosema plumierii*, *Cesalpinia sp.*, *Leucaena glauca*, *Acacia decurrens*, *Eriobothrya japonica*, *Pisum sativum*, *Zea mays*, *Arachis hipogea*, *Ricinus sp.*, *Hibiscus sp.*), la broca puede refugiarse temporalmente sin poder alimentarse o desarrollarse.

¿Cómo sobrevive y multiplica la broca en el campo?:

La broca se reproduce y multiplica solamente en frutos de diferentes especies de café (*C. arabica*, *C. liberica*, *C. canephora*). Por lo tanto, la abundancia de las poblaciones está determinado por la disponibilidad de los frutos de café aptos para la oviposición, alimentación y desarrollo de la broca.

En muchas zonas cafetaleras de Centro América ocurre una floración principal (en los meses de abril-mayo) que contribuye hasta 90% del rendimiento y una o dos floraciones secundarias o "locas", que ocurren antes de la floración principal (en los meses de febrero-marzo). Los frutos de estas floraciones se desarrollan y maduran durante la época lluviosa (mayo-noviembre) y la cosecha se concentra en los meses de noviembre a febrero. Durante los meses de verano (marzo-abril) las plantas de café se mantienen libres de frutos. Sin embargo, es de conocimiento común

que en la mayoría de los cafetales, posterior a la cosecha siempre quedan frutos de café tanto en las plantas como en el suelo. Se ha observado que mayormente los frutos se encuentran en las zonas de goteo o las áreas bajo las plantas de café. Se ha encontrado que durante el período de post cosecha (de febrero a mayo) la broca sobrevive y se multiplica eficientemente en estos frutos. Se dan por lo menos dos generaciones y la población se aumenta entre 5 a 6 veces. Al final de la época seca la población en los frutos del suelo consiste principalmente de adultos, por lo general hembras jóvenes que están recién fecundadas y listas para infestar nuevos frutos en la planta.

También se ha encontrado que la sobrevivencia de la broca en los frutos caídos no es influenciado por la presencia o ausencia de malezas o coberturas muertas en las calles durante el periodo de pos cosecha (Monterrey, 1994).

Las hembras de la broca son capaces de realizar vuelos sostenidos (Baker, 1984). Con la llegada de las primeras lluvias fuertes del año (mayo-junio) las hembras de la broca salen de los frutos, en respuesta del aumento de la humedad relativa del ambiente y mediante los vuelos encuentran los frutos nuevos resultados de las floraciones secundarias o "locas". La broca coloniza esos primeros granos donde la población sobreviviente se multiplica durante los próximos meses (junio-agosto, Quintero y Morales, 1996). Esta población de broca ya multiplicada sobre los frutos de las floraciones secundarias pasa a afectar los frutos provenientes de la floración

principal, que es donde alcanza sus máximos crecimiento poblacionales. Se ha comprobado que las poblaciones de broca aumentan significativamente desde el momento de 90 a 140 días después de la floración principal, dependiendo de la altura, o sea el período en que los frutos se sazonan y maduran (Sequeira y Barrios, 1990). Desde este momento hasta la cosecha (agosto-noviembre) la broca se multiplica en los granos que se encuentran en condiciones óptimas para lograr un crecimiento poblacional acelerado, alcanzando el mayor niveles de población y daño justo antes del inicio de la cosecha principal.

Este patrón de comportamiento de la broca se presenta en las diferentes zonas cafetaleras de la región. Aunque los momentos o meses cuando ocurren los eventos pueden variar de una zona a otra dependiendo de los cambios de clima que ocurren en cada zona.

¿Qué condiciones afectan el desarrollo de la broca en las plantaciones?:

Las variedades de café en las plantaciones?:

Se supone que la broca se originó en la especie *C. canephora* y no en *C. arabica* (Baker, 1984). Sin embargo, en pruebas del laboratorio se ha observado mayor atraktividad de las hembras hacia las variedades de la especies arabica que las variedades de la especies *canephora* o *liberica*.

A nivel del campo se ha detectado la infestación de la broca en todas las variedades de *arabica*, *robusta* o *liberica*. Sin embargo, las variedades de café de los especies robusta o liberica que presentan floraciones múltiples

durante el año son colonizadas con mayor facilidad por la broca, pasando de los frutos de una floración a las siguientes en la misma rama o planta. Por otro lado algunas variedades de la especie arábica como el Borbón o Paca que normalmente florecen antes que las Caturras, Catuais o Catimores son colonizadas primero por las poblaciones sobrevivientes de la broca y generalmente acumulan mayor daño en la cosecha. Cuando existe mezcla de variedades o especies en las mismas plantaciones, la broca aprovecha las sucesiones de las floraciones para sobrevivir y desarrollar con mayor facilidad.

Altura y Sombra:

En cuanto a la altura, se reporta que el rango óptimo para el desarrollo de la broca, está entre 800 a 1000 m.s.n.m y a las alturas mayores de 1500 m.s.n.m la broca generalmente no representa un problema económico (Quezada y Urbina, 1984). Sin embargo, en muchas zonas cafetaleras de Nicaragua de alturas menores de 800 m.s.n.m y mayores de 1000 m.s.n.m la broca se ha adaptado muy bien, convirtiéndose en un problema (Monterrey, 1994).

Frecuentemente se indica que las poblaciones de broca son mayores en cafetales con sombra densa y en cafetales al sol la incidencia de la plaga es bastante baja (Quezada y Urbina, 1987). Sin embargo, en un estudio realizado en Honduras se encontró que la mayor incidencia de broca ocurre en plantaciones con media sombra en comparación con las plantaciones de densa sombra o las plantaciones bajo sol. En otro estudio rea-

lizado en Nicaragua no se encontró diferencias significativas entre las infestaciones de broca en plantaciones bajo el sol y en sombra (Monterrey, 1994).

Es necesario entender el efecto de la altura y de la sombra sobre las poblaciones de la broca en un contexto local, relacionando los efectos sobre las plantas de café, su fenología, el rendimiento y los factores de control natural. Desafortunadamente no existen muchos estudios de esta naturaleza que permitan sacar conclusiones generales sobre este asunto.

Poblaciones sobrevivientes en período de pos cosecha:

En zonas donde las plantaciones permanecen libres de frutos durante unos meses en el período de pos cosecha, la mayor cantidad de los frutos caídos en el suelo o dejados en las plantas y mayor cantidades de las brocas sobrevivientes en estos frutos producen alto nivel de infestación inicial y alta tasa de incremento de las poblaciones de broca en la siguiente cosecha (Morales y Guharay, 1995, Quintero y Morales, 1996).

La secuencia de las floraciones y disponibilidad de los frutos:

La secuencia de las floraciones y la disponibilidad de los frutos en el tiempo es el factor fundamental para determinar el éxito del desarrollo de la broca en un zona. Se ha observado que normalmente las floraciones tempranas son afectadas por las brocas sobrevivientes de la cosecha anterior y sobre estas desarrollan las primeras generaciones que afectan los frutos provenientes de las siguientes flora-

ciones (Baker, 1984 y Muñoz, 1988). Es evidente que en zonas donde hay poca disponibilidad de los frutos a través de estas floraciones tempranas o "locas" (menos de 5% de la cosecha total), el desarrollo de las poblaciones de la broca en los frutos de la floración principal es más retardado y con una baja tasa de incremento. Al contrario, en las zonas donde ocurren varias floraciones tempranas que producen una cantidad sustancial de frutos (más de 20% de la cosecha total) aún antes de la cosecha principal, las poblaciones sobrevivientes de la broca logran multiplicarse en estos frutos para poder colonizar los frutos de cosecha principal más temprano y desarrollarse en ellos con una mayor tasa del crecimiento.

Condiciones climatológicas:

El patrón de la lluvia en una zona influye sobre la secuencia de las floraciones y por ende en el desarrollo de las poblaciones de la broca. También se ha observado que en los años donde ocurre mayor precipitación durante el período de sazónamiento y maduración de los frutos, la tasa de incremento de la población de la broca es menor en comparación con los años con menor precipitación durante estos momentos fenológicos. Se conoce que las hembras fecundadas pasan por un período de preoviposición entre las generaciones, desplazándose dentro de las plantaciones en la búsqueda de los frutos aptos para la reproducción. Lluvias abundantes en estos momentos pueden causar una alta mortalidad de las hembras fecundadas durante su desplazamiento en los cafetales, y por ende una reduc-

ción notable de la tasa de incremento de la población.

En los ambientes con alta temperatura, el ciclo de vida de la broca es más corto. Esto puede resultar en mayor número de generaciones de la broca en zonas calientes y por ende mayor afectaciones sobre la cosecha. Posiblemente esto explica porque en las zonas bajas (400-800 m.s.n.m) del Centro América donde la temperatura se mantiene más alta, la broca causa mayor daño que en las zonas más altas (1000-1200 m.s.n.m) donde la temperatura se mantiene más baja.

Las acciones de los enemigos naturales:

Por ser un insecto exótico, la broca no cuenta con muchos enemigos naturales nativos en el continente Americano. Sin embargo, en su lugar de origen y otras partes del mundo se ha identificado varios enemigos naturales de la broca y se han introducido algunos de ellos en este continente. Entre ellos podemos mencionar las avispa de la familia Bethyridae que actúan como ectoparásitos de los estados inmaduros y como depredadores de los adultos (*Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta*), la avispa de la familia Braconidae que actúan como el endoparásito de los adultos (*Phymasticus coffea*) y los entomopatógenos nativos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

En muchos lugares de Centro América y otros países del continente americano se han criado y liberado algunos de los parasitoides con exitoso establecimiento, mientras que los hongos entomopatógenos presentes

naturalmente, han sido aislados, reproducidos en forma masiva, formulados y aplicados en las plantaciones de café. La eficacia de las acciones de estos enemigos naturales, sin embargo, depende de muchos factores entre ellos las condiciones microclimáticas de las plantaciones, el uso de los plaguicidas sintéticos y las condiciones apropiadas de los nichos que favorecen la sobrevivencia y desarrollo de ellos, por ejemplo disponibilidad de las flores para alimentación de las avispas o la calidad de suelo que permite permanencia y viabilidad de los hongos entomopatógenos.

¿Qué daño hace la broca?:

Si las hembras perforan los frutos pequeños (estado lechoso), el principal daño consiste en la caída prematura de los frutos con la consecuente reducción del volumen de la producción de la uvas.

El mayor daño es causado cuando las hembras logran colonizar frutos en estado semi-lechoso a maduros. En este momento la hembra perfora el grano, excava las galerías y ovipositan. Las larvas alimentan y desarrollan en el endospermo, causando mayores pérdidas. Con alto porcentaje de infestación en el momento de la cosecha, el índice de rendimiento o la relación uva-oro se disminuye. En ausencia del daño de la broca, aproximadamente 5 quintales de uva producen 1 quintal oro, mientras que con uvas altamente infestadas, se necesitan de 6 a 10 quintales de uva para producir 1 quintal oro (PROCAFE, 1995). También la presencia del daño de la broca afecta la calidad de los granos, obteniendo un precio menor

en el mercado. En Nicaragua se ha determinado que por cada porcentaje de uvas brocadas en la cosecha se pierde aproximadamente el monto equivalente al precio de 14 libras y 32 libras oro por manzana en las plantaciones de menor (de 5-8 quintales oro por manzana) y mayor rendimiento (15-20 quintales oro por manzana, Guharay et al., 1994).

La incidencia de la broca en los cafetales aumenta el costo de la producción, debido a las labores adicionales para el manejo de la broca. Estas labores no aumentan el rendimiento del café sino en el mejor de los casos solamente se recupera los niveles de rendimiento obtenidos antes de la llegada de la broca.

El temor de altas pérdidas causadas por las infestaciones de la broca muchas veces inducen a los caficultores a utilizar los plaguicidas sintéticos. Utilizados en forma irracional e inadecuada estos productos dañan a la salud humana, contaminan el ambiente, provocan resurgencia de plagas secundarias y dejan residuos en la cosecha que perjudican la salud de los consumidores. Los montos de estos daños son difíciles a estimar pero evidentemente son altos.

¿Cómo sabemos cuánta broca o cuánto daño tenemos en los cafetales?:

En el suelo después de la cosecha:

Para estimar la cantidad de los frutos caídos y las infestaciones de la broca en plantaciones del tamaño de hasta 3 hectáreas se identifican 5 puntos bien distribuidos en el cafetal. En cada punto se escogen dos filas de café, una al lado derecho, otra al lado iz-

quierdo y en cada fila se escoge una planta. Bajo estas plantas se ubican el marco de 10 x 10 pulgadas. Así en total se cuentan los números de frutos caídos y los frutos infestado por broca en 10 sitios de muestreo bajo las plantas de café para obtener una estimación confiable de estos parámetros (CATIE, 1997).

En los frutos de la cosecha:

Para determinar la incidencia de la broca y su daño en los frutos en la planta se puede utilizar un método de recuento integral que permite a la vez determinar la incidencia de varias plagas y enfermedades en un solo recuento (CATIE, 1997). Para esto se seleccionan 5 puntos bien distribuidos en las plantaciones de tamaño de hasta 3 hectáreas. En cada punto se escogen dos filas. Cada fila consiste de 5 plantas. En cada planta se revisa una rama o bandola entera contando los número de los frutos, los frutos perforados por la broca y los frutos brocados con la presencia de hongos entomopatógenos. En la primera planta se revisa una rama en la parte media a superior, y en la próxima en la parte media a inferior. Así en toda la plantación se revisan 50 ramas o bandolas que normalmente contienen de 1500-2000 frutos en total. En base de estas observaciones se determina el porcentaje de la infestación y el porcentaje de la incidencia de hongos entomopatógenos. La precisión de la estimación de la incidencia de broca obtenida en este método de recuento integral es comparable con otros métodos promovidos en el área Centroamericana anteriormente (PROCAFE, 1995). Además, este método cuenta

con la ventaja del hecho que en las mismas ramas o bandolas se puede contar la incidencia de otras plagas y enfermedades en forma integral (Monterroso et. al, 1996).

¿Qué podemos hacer para que el daño de la broca no sea tan alto?:

Para reducir el daño de la broca debemos emplear todos los conocimientos que hemos adquirido sobre su biología y ecología para decidir sobre las acciones que podemos realizar durante distintos momentos del ciclo cafetalero.

Al final de la cosecha:

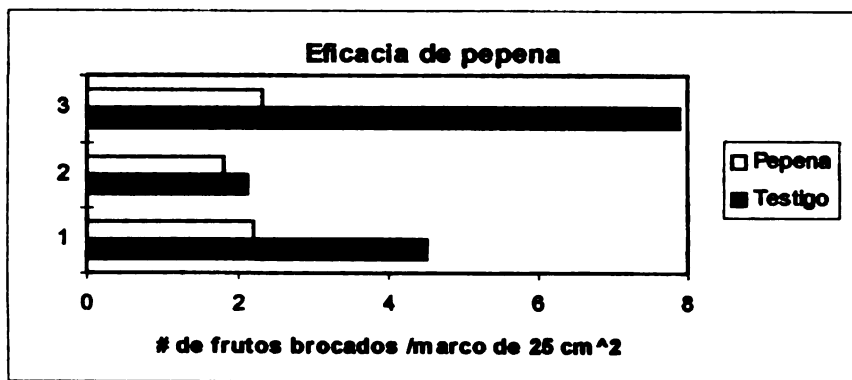
Por el hábito monófago de la broca del café, el período en el cual no hay presencia de granos en las plantas debe ser la parte más crítica para su sobrevivencia y desarrollo. Por lo tanto para manejar la broca se debe enfatizar acciones para la reducción de las poblaciones sobrevivientes y su alimento durante el período de pos cosecha.

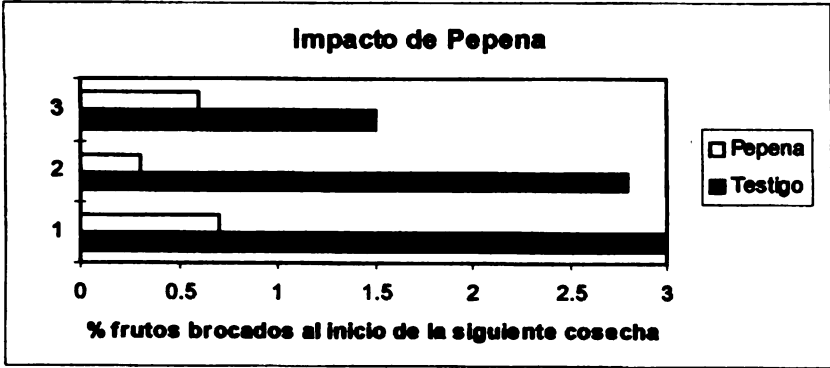
Sin embargo, antes de realizar algunas acciones es prudente conocer sobre qué tantos frutos están disponibles para la multiplicación de la broca y cuántos de estos ya están infestados. Esto se puede determinar a través de la realización del recuento de los frutos en el suelo utilizando el método de 10 marcos. Según la experiencia del campo, no es tan importante considerar la cifra del porcentaje de frutos infestados por la broca en este momento, sino la cantidad de frutos caídos en el suelo de la plantación. Porque aún con poca infestación inicial, las brocas sobrevivientes logran afectar la mayoría de los frutos disponibles al final del período de pos

cosecha. En algunas empresas cafetaleras (AGROCAFE) de Nicaragua, la presencia de 50-70 frutos en los 10 marcos en una plantación es considerado alto, indicando una necesidad de realizar labores de remoción del grano (pepena), mientras la presencia de 0-20 frutos por 10 marcos es considerado aceptable.

Uno de los métodos más prácticos para lograr la reducción de las poblaciones sobrevivientes de la broca es a través de una labor que comúnmente se conoce como pepena. *Pepena* consiste en remoción de los granos caídos debajo de la planta y los granos que quedan en la planta después de la cosecha. Ya que muchos de estos frutos al momento de realizar la pepena están infestados con broca, es necesario que los frutos recolectados sean tratados inmediatamente con agua hirviendo durante 5 minutos para matar los adultos sobrevivientes y evitar que ellos regresen vivos al cafetal. Hay preocupación por parte de productores y técnicos por la presencia de malezas o cobertura de suelos en los cafetales en cuanto a la eficiencia de la labor de remoción de granos. La

labor de pepena se dirige principalmente en las zonas de goteo, que debe ser libre de coberturas o malezas y donde permanecen el 80% de los granos y poblaciones sobrevivientes de la broca. La presencia de cobertura o mulch en las calles, por lo tanto no debe tener mayor interferencia con la labor de pepena. Los estudios realizados en las plantaciones comerciales de la Empresa Cafetalera Chale Haslam en norte de Nicaragua, demuestra que a través de la labor de pepena es posible reducir la presencia de frutos desde 80 frutos por 10 marcos a 20 frutos por 10 marcos, con una eficiencia de hasta 75% utilizando entre 4 a 8 días hombre por manzana. Sin embargo, cuando la cantidad de frutos presentes es bajo (alrededor de 20 frutos/10 marcos) la labor de pepena no logra una reducción en los números de los frutos en el suelo. La pepena es altamente efectivo para reducir las poblaciones sobreviviente de la broca y su alimento y por ende reduce la infestación inicial y la tasa del incremento de las poblaciones en la siguiente cosecha (Morales y Guharry, 1995).

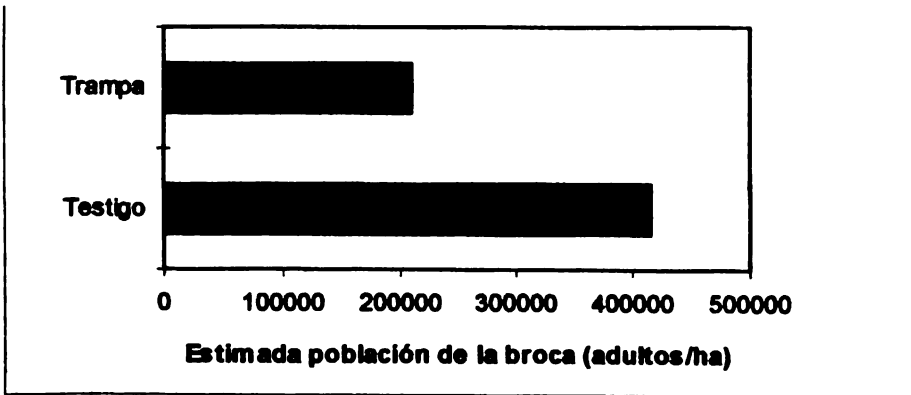


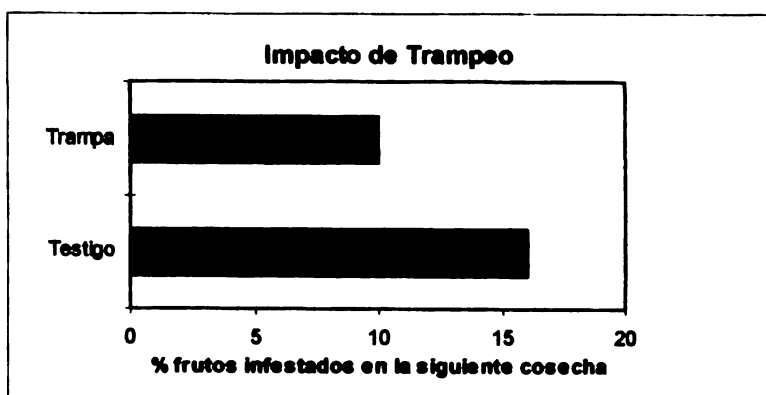


Algunos productores han señalado que la labor de pepena necesita mucho mano de obra que a veces no está disponible. Buscando alternativas que utilizan menos mano de obra, se ha experimentado con el uso de trampas semioquímicas. Se ha demostrado que con extractos etanólico o metanólico de los frutos maduros (1 lb de frutos en 1 lt de alcohol) se logra capturar una cantidad significativa de los adultos pero solamente durante el período cuando no hay frutos en las plantas. En Nicaragua, utilizando 15 trampas en una parcela de 0.50 ha se

logró capturar hasta 3500 adultos por semana durante estos meses. Estas capturas lograron reducir la población sobreviviente de la broca de 400,000 a 200,000 adultos por ha. Por haber realizado el trampeo, en la siguiente cosecha la infestación de la broca en la siguiente cosecha se redujo de 16% a 10% (Quintero y Morales, 1996).

También en estos momentos se pueden liberar los parasitoides. La liberación de las avispas (*Cephalonomia stephanderis*) en razón de 1 adulto por 4 adultos de broca sobreviviente





resultó en una reducción significativa de la población de la broca y por ende la infestación inicial en la próxima cosecha (Barrios, 1995).

Al momento de la floración principal:

Durante los siguientes meses hay que mantener registro de las lluvias para lograr identificar con mayor exactitud los momentos de las floraciones. Cuando inician las lluvias regulares del invierno, se puede utilizar el método integral de muestreo para determinar la cantidad de los frutos en la cosecha adelantada y el porcentaje de frutos infestados de esta cosecha. Con estas cifras se puede determinar si la contribución de las floraciones secundarias es significativo, y si el grado de infestación requiere realización de algunas labores de control. Si la contribución de la cosecha adelantada es menor de 10% del rendimiento total, basta realizar una labor de graniteo, que consiste en remoción de los frutos verdes y maduros afectados por la broca. Sin embargo, si la carga de la cosecha adelantada es significativa (>20%), y las infestaciones son

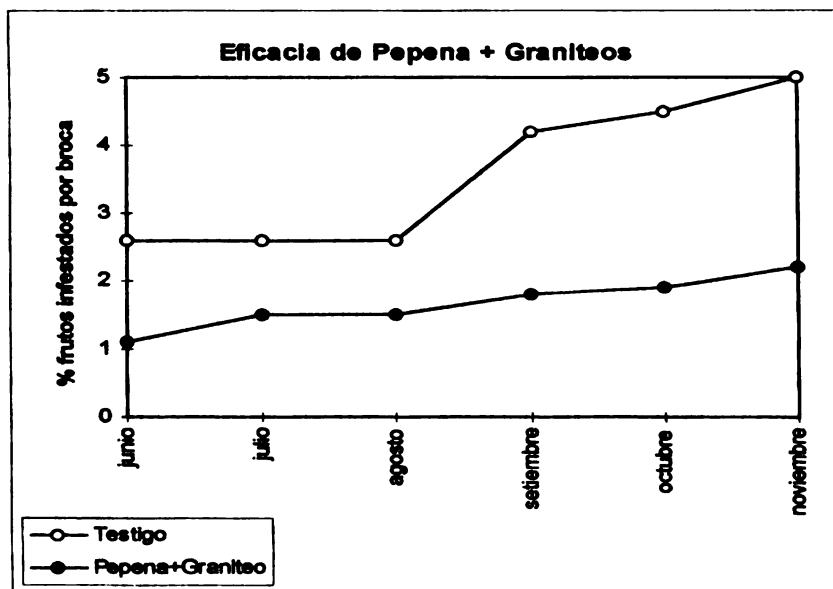
altas, se debe también considerar otras opciones como las aplicaciones de *Beauveria bassiana* o endosulfán dirigidos a los focos de los frutos provenientes de las floraciones "locas".

Al momento de formación de frutos de la cosecha principal:

Dependiendo de las alturas y las condiciones climáticas, los frutos de la cosecha principal logran su estado de consistencia de 90-120 días después de la floración. En este momento es necesario realizar un recuento para conocer la cantidad de frutos en formación y la infestación de la broca sobre estos frutos. Si las plantaciones de café han recibido su debido manejo en cuanto a las labores de manejo de broca en el período de pos cosecha, no se debe esperar una incidencia alta (menos de 1-2%) en estos momentos. Se debe realizar otro recuento dentro de un mes para conocer el aumento de la infestación durante este período. El aumento de la infestación registrado durante un período de un mes es lo que hemos llamado *la tasa de crecimiento de la broca*.

Normalmente no se espera un crecimiento lineal de la incidencia de un insecto en un ambiente sin limitación del alimento. Sin embargo, hemos observado que en las zonas cafetaleras del norte de Nicaragua, la curvas del crecimiento de la incidencia de la broca en plantaciones sin manejo de la broca durante el período de maduración de grano (julio-noviembre) se ajusta adecuadamente a una recta lineal, permitiéndonos estimar la tasa lineal de crecimiento de la incidencia de la broca en esta zona. Se han encontrado tasas bajas (alrededor de 0.4%), tasas intermedias (alrededor de 1%) o tasas altas (2% o más). Las tasas varían de una plantación a otra en el mismo año, y varían en la misma plantación de un año a otro. Por lo tanto, es necesario determinar la tasa para cada plantación y en el momento adecuado tomar las decisiones sobre el manejo de la broca.

Con el valor de la tasa de crecimiento del sitio, uno puede estimar el nivel de incidencia del daño que ocurrirá en el momento de la cosecha, conociendo el intervalo del tiempo entre el último muestreo y la iniciación de la cosecha. Con esta cifra es posible calcular la pérdida esperada en la cosecha (equivalente a 14 lbs oro por manzana por cada % de uvas brocadas en plantaciones de menor rendimiento, y 32 lbs oro por manzana por cada % de uvas brocadas en plantaciones de mayor rendimiento). Si las pérdidas esperadas superan los costos estimados de las labores de manejo de (normalmente oscila entre 100 a 140 dólares US por manzana en Nicaragua, dependiendo de los labores y costo de mano de obra), es necesario realizar algunas acciones para reducir la tasa del crecimiento de la broca durante el período de maduración del grano.



La primera alternativa de lograr esto es la labor del *graniteo*, que consiste en remoción de frutos verdes y maduros con infestación de la broca. Esto resulta en la supresión directa de las poblaciones de la broca y no permite mayor multiplicación en las próximas generaciones. En algunas zonas se realiza el *graniteo* pero solamente recolectando los granos maduros, esto se le llaman cosechas oportunas, y tiene menos impacto en cuanto a la reducción de la población en comparación al *graniteo* donde se recolectan los granos maduros y verdes.

Cuando la cosecha está muy buena y la infestación empieza a crecer rápidamente, uno puede complementar las labores culturales con opciones de control biológico aumentativo. Es posible realizar liberaciones de los parasitoides de la broca en forma inoculativa durante el período de la maduración de los granos. Sin embargo, durante estos meses la disponibilidad de los frutos brocados en el campo que son utilizados actualmente como sustrato para la cría de los parasitoides, no es suficientemente alta para criar grandes cantidades de los parasitoides para las liberaciones. Es necesario mejorar los métodos de crianza de los parasitoides para lograr este fin.

En muchos países los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* han recibido atención como otras alternativas. Se han identificado varios aislamientos de estos hongos que son virulentos y poseen buenas características para la producción masiva. Existen formulaciones en aceite o en polvo para aplicaciones de las conidias utilizando

fumigadoras rutinarias. Los estudios sobre las epizootias naturales e inducidas en el campo han dado pautas para determinar los momentos adecuados para las aplicaciones de las conidias (Barrios et al., 1994).

Para el norte del Nicaragua, dos aplicaciones de formulaciones de *Beauveria bassiana* (10^{12} conidias por ha en 100 lt de agua) en los momentos del inicio del invierno (junio) y la salida de la canícula (septiembre) logran reducir la tasa de crecimiento de las poblaciones y reducir el daño en la cosecha con una rentabilidad comparable con el manejo convencional de la broca utilizando endosulfán (Morales y Guharay, 1995). Las conidias de *Beauveria bassiana* permanecen sobre los frutos solamente durante 4-5 días después de cada aplicación, lo que hace suponer que las aplicaciones de los fungicidas realizadas 8-10 días después de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* no afectarían las acciones de este hongo considerablemente. Sin embargo, este asunto necesita mayores estudios. En caso de que la incidencia es muy alta y no hay posibilidad de lograr la reducción de las poblaciones a través de las labores culturales o control biológico, se puede considerar el uso del insecticida Endosulfán. Utilizando 350 a 500 cc del ingrediente activo por ha en 200-350 lts de agua, se logra obtener una mortalidad entre 60-80% de las poblaciones de la broca. Este producto es efectivo para reducir las poblaciones y daño de la broca, pero a la vez presenta alta toxicidad para los mamíferos y es sumamente tóxico para los peces.

Al momento de iniciación de la cosecha:

En este momento se debe realizar un recuento en las plantaciones para conocer la incidencia de la broca y el grado de su daño en la cosecha, para así evaluar la eficacia de los manejos realizados durante el ciclo. Para realizar las evaluaciones de la eficacia de los hongos entomopatógenos no es suficiente comparar solamente las ci-

fras de los frutos perforados por la broca, sino es necesario determinar el daño a nivel del pergamino u oro. Se ha observado que muchas brocas infectadas con el hongo logran perforar el grano, pero se mueren en el canal que actúa como una cámara de incubación para los hongos. El simple conteo de frutos perforados por lo tanto no revela la verdadera eficacia de los hongos.

Eficacia de diferentes tipos de manejo de broca en cafetales del Norte de Nicaragua (1994-95)

	Finca La Estrella		Finca La Suana	
	Pepena Endosulfán	Pepena Beauveria	Pepena Endosulfán	Pepena Beauveria
Rendimiento de Café oro (qq/ha)	28.9	30.1	28.4	29.9
Calidad de grano				
Primera (%)	92	93	84	90
Segunda (%)	1	1	13	7
Broza (%)	7	6	3	3
Daño de broca en granos de primera (%)	2.5	1.5	3.2	4.6
Costo del manejo de broca (US \$/ha)	77.00	67.00	77.00	67.00
Ingreso neto parcial (US \$/ha)	3788.00	4005.00	3682.00	3920.00

CONCLUSIONES

Existe mucho conocimiento que nos permite un manejo adecuado de la broca del café. Utilizar estos conocimientos, observar en forma sistemática a través de los recuentos, tomar decisiones racionales, ejecutar las labores a tiempo y evaluar los impactos de los manejos sobre la producción y la calidad son los elementos claves para tener un éxito en el manejo de la bro-

ca. Actualmente, en el área Centro americana y otras partes del mundo hay muchos caficultores que ya ha tomado este camino de manejo ecológico de la broca de café.

BIBLIOGRAFÍA

BAKER, P.S. (1984). Some aspects of the behaviour of the coffee berry borer in relation to its control in southern Mexico

(Coleoptera, Scolytidae). *Folia Entomológica Mexicana* 61: 9-24.

BARRIOS, M. (1995). *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera, Bethyilidae) parasitoide de la broca del cafeto. Tres años de trabajo 1992-1995. Informe Técnico, UNICAFE, Unión Nicaraguense de Cafetaleros, Matagalpa, Nicaragua.

BARRIOS, M., JÍMENEZ, C y Guharay, F. (1994). Ecología de la interacción de *Beauveria bassiana* con la broca del café. En Resúmenes V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. San José, Costa Rica. pp 54

CATIE (1997). Guías y herramientas para la implementación de manejo integrado de plagas con caficultores. Proyecto CATIE-INTA/MIP(NORAD), Managua.

GUHARAY, F., Monterrey, J. y Barrios, M. (1994) Apuntes sobre manejo integrado de broca del café. En Cómo Implementar MIP en Café con Productores y Técnico: Publicaciones diversas. Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD). Managua.

MONTERREY, J. (1994). Avances de los estudios bioecológicos de la broca de café *Hypothenemus hampei* en Nicaragua.

En Resúmenes V Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. San José, Costa Rica. pp 161

MONTERROSO, D., Medoza, R, Monterrey, J. (1996). Método integrado de cuantificación de plagas en sistema café. En Resúmenes VI Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, Acapulco México. pp 21

MORALES, R. Y GUHARAY, F. (1995). Manejo Integrado de broca en la zona cafetalera norte de Nicaragua. En Resúmenes XVI Simposio de Caficultura Latinoamericano, San Salvador, El Salvador. pp 23.

MUÑOZ, R (1988). Infestación de broca en frutos provenientes de las diferentes floraciones ocurridas en los cultivares Caturra y Catimor. En Memoria del III Taller Internacional sobre la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*, Ferr). IICA-PROMECAFE, Guatemala.

PROCAFE (1995). Manejo Integrado de la Broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* (Ferr., 1864) en El Salvador. Boletín Técnico. Fundación Salvadoreño para Investigaciones del café. Santa Tecla, El Salvador.

- QUEZADA, J.R y Urbina, N.E (1987). La Broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei* y su control. Serie Técnica. Informe Técnico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. No. 110. Turrialba, Costa Rica.
- QUINTERO, N. y Morales, S. (1996). Manejo de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* Ferr 1867 durante el año agrícola 1994, es San Dionisio, San Marcos, Carazo. Tesis de Licenciatura en Ecología y Recursos Naturales. Universidad Centroamericana, Managua.
- SEQUEIRA, A. y Barrios. M. (1990). Dinamica poblacional de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae) en tres localidades de la VI región, Nicaragua. En Memorias III Congreso Internacional MIP, Managua, Nicaragua.

PRODUCTORES, EXTENSIONISTAS E INVESTIGADORES DESARROLLANDO JUNTOS EL MANEJO ECOLOGICO DE PLAGAS

Monterrey, J.¹
Mendoza, R.²
Guharay F.³
Monterroso, D.⁴
Gómez, D.⁵
Calderón, M.⁶
Mora, M.L.⁷

RESUMEN

Un modelo participativo entre productores, extensionistas e investigadores para enfrentar los problemas de plagas del café con enfoque ecológico, se ha estado desarrollando en Nicaragua. El proceso inició con un diagnóstico fitosanitario participativo y priorización de problemas, que consideró en 1994 a broca del café como plaga clave. Se realizaron capacitaciones que recuperaron los conocimientos del grupo y llevaron información complementaria. Ellos así pudieron discutir y decidir opciones tecnológicas y criterios de decisión a aplicar contra la plaga y planificar el seguimiento en diferentes etapas fenológicas del cultivo. En cada etapa se discutieron avances, se hicieron ajustes y se evaluaron los resultados al final de cada ciclo agrícola. Cada año se ha ido enfocando de una manera más integral los problemas del agroecosistema. El grupo ahora discute y decide como manejar las plagas, el cultivo y el cuidado del ambiente. Así se han logrado generar opciones tecnológicas eficientes, el grupo ha fortalecido su conocimiento y su capacidad para transmitir esta experiencia y los investigadores han ajustado sus acciones a la realidad de las pequeñas productoras y productores.

Palabras claves: Manejo Integrado de plagas, MIP, extensión, manejo ecológico de plagas, Nicaragua.

¹ Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD), Apartado Posta P-116, Managua
² Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD), Apartado Posta P-116, Managua
³ Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD), Apartado Posta P-116, Managua
⁴ Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD), Apartado Posta P-116, Managua
⁵ Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD), Apartado Posta P-116, Managua
⁶ Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD), Apartado Posta P-116, Managua
⁷ Unión de Cooperativas, San Ramón, Matagalpa, Nicaragua

INTRODUCCION

En el modelo tradicional de generación y transferencia agrícola los nuevos paquetes tecnológicos generados por los investigadores, son llevados por los extensionistas a los productores, quienes tienen que aceptarlos o rechazarlos. En este modelo se emplean diferentes mecanismos y herramientas buscando como convencer a los agricultores de las bondades de los adelantos logrados en los centros experimentales o de la investigación en fincas. Estos nuevos paquetes todavía influenciados por la "revolución verde", normalmente traen como centro nuevas variedades, con las correspondientes necesidades de insumos externos.

Los productores que cuentan con acceso al financiamiento y con los mecanismos para la exportación, ha podido establecer estos sistemas intensivos de producción. Sin embargo las fluctuaciones internacionales de los precios de nuestros productos agrícolas, aunado al alza de los insumos importados ha creado una situación en la cual no es posible mantener este tipo de tecnología. Además de los aspectos económicos, el uso indiscriminado de insumos en las zonas cafetaleras, ha causado la pérdida de la fertilidad del suelo, resistencia de plaga a los plaguicidas, apareamiento de nuevas plagas y afectaciones por plagas secundarias.

Los pequeños y medianos productores han debido buscar por sí mismos, las mejores opciones tecnológicas que se adapten a su diversidad de condiciones socioeconómicas y am-

bientales. Esto ha sido a través de procesos de prueba y error empíricos y por tanto muy costosos para ellos, sin apoyo de los extensionistas para mejorar estas acciones propias de adaptación y experimentación y aún más alejados de los investigadores y de la información actualizada de la cual ellos disponen.

Por eso se está trabajando en diferentes zonas cafetaleras de Nicaragua, buscando un nuevo modelo de relación horizontal entre productores, productoras, extensionistas e investigadores a fin de generar sistemas de manejo de sus cafetales adaptados a sus condiciones socioeconómicas, que preserven y mejoren los agroecosistemas y que sobre todo fortalezcan sus conocimientos y su capacidad de tomar decisiones sobre una base sólida. Un enfoque de proceso en el desarrollo de tecnologías tiene un conocimiento sólido de la situación local, interrelaciona investigación-acción, se basa en la participación de la población y en sus capacidades y realidades. (KARREMANS, 1997)

Desarrollo de tecnologías o construcción de conocimientos, parece ser un concepto adecuado para los procesos participativos, porque supone que distintas personas: productores, investigadores y extensionistas, cooperan en un esfuerzo común, en el que cada uno aporta elementos según su función y capacidad. Esta noción conlleva a relaciones y actitudes más horizontales y mutuas. (CATIE, 1997). Sin embargo, es necesario tener claro que cada proceso de interacción participativa con las comunidades tiene sus propias características y dinámicas. La experiencia enseña co-

mo aspectos relevantes de estos procesos que deben interiorizar e interpretar características relevantes de la realidad comunitaria y por tanto partir de las necesidades sentidas para hacer la construcción conjunta de conocimientos. Esto debe basarse en planteamientos claros de los objetivos del trabajo, en un cambio de actitud de los técnicos y en mecanismos adecuados para la concertación. (ODUBER, 1997)

PROCESO DESARROLLADO A NIVEL NACIONAL

Desde 1992 el Proyecto CATIE/INTA-MIP ha estado trabajando en conjunto con grupos de productores y organismos que trabajan directamente con ellos buscando un manejo alternativo y bajos insumos en el café. Por ello el equipo del proyecto orientó su accionar para la implementación de MIP con pequeños productores, tomando en cuenta la necesidad de redefinir los roles de los actores en el proceso principalmente en lo que al técnico-extensio- nista se refiere.

Se desarrollaron varias etapas: (a) un curso sobre MIP-café dirigido a técnicos-decisiones con el propósito de reflexionar sobre las actuales metodologías de trabajo y socializar el conocimiento logrado por el proyecto en la implementación de MIP en café, (b) visitas regionales a las instituciones para contrastar específicamente con cada institución los métodos de implementación de MIP y lograr un compromiso mayor de cada institución en la logística y participación de

los técnicos en el proceso, (c) un curso técnico-metodológico sobre MIP en café dirigidos a técnicos-extensio- nistas, para socializar los conocimientos logrados por el proyecto en materia de implementación de MIP en café, profundizar y racionalizar, con propósito de apropiación, la metodología participativa, analizar los mecanismos de trabajo conjunto y (d) desarrollo del plan de acción, para el reconocimiento de los actores en cada zona de trabajo, el análisis de los problemas, su priorización y el desarrollo del proceso en cada zona de trabajo.

Con estos planes de acción para diferentes zonas cafetaleras de Nicaragua, se procedió a establecer procesos de trabajo conjunto que persiguieran la interacción horizontal entre investigadores, extensionistas, productoras y productores para el manejo integrado de plagas del café. Uno de estos grupos de trabajo lo constituyó la Unión de Cooperativas Agrícolas del municipio de San Ramón, Matagalpa, al norte del país.

PROCESO IMPLEMENTADO EN LA UNION DE COOPERATIVAS AGRICOLAS, SAN RAMÓN, MATAGALPA.

Contactos iniciales con productoras, productores y extensionistas de la zona

En conjunto con la técnica que atiende al grupo de cooperativas de la zona, se realizaron recorridos para conocer la situación general de las plantaciones cafetaleras y la ubicación y

conformación de cada una los diferentes grupos de productores atendidos. Al final se decidió trabajar con una de las cooperativas miembro de la unión, denominada Cooperativa Danilo González. La ubicación de esta cooperativa posibilitaba convocar en el futuro a otros grupos y tenían un buen grado de organización.

Identificación de problemas a nivel de zona

Se realizó una reunión ya solo con el grupo de productoras y productores de la cooperativa a fin de conocer los problemas del café en la zona. La idea en esta reunión era tener un mayor acercamiento sobre su problemática específica y plantearles la posibilidad de trabajar juntos para tratar de mejorar el manejo de estos problemas. Se estableció desde este momento una dinámica de intercambio horizontal, en el cual todas las opiniones tienen un valor, sin que ello signifique dejar de hacer aclaraciones o correcciones cuando las opiniones vertidas contengan elementos incorrectos, sobre todo en este caso, cuando se referían al comportamiento bioecológico de las plagas.

En esta reunión se planificó un próximo encuentro con el objetivo de determinar cuales de todos los problemas fitosanitarios que estaban afectando la zona, eran realmente un problema en esta cooperativa.

Con el conocimiento de los problemas, los especialistas del CATIE iniciaron la búsqueda de información relevante existente en el país, generada por la institución o dispo-

nible en la literatura especializada internacional.

Diagnóstico fitosanitario participativo y priorización de problemas

Este evento se inició pidiendo a los cooperados que saliéramos a recorrer sus plantaciones y cada uno colectara hojas, flores, frutos o bandolas de café con problemas fitosanitarios que ellos consideran de importancia. Con todas estas muestras nos reunimos en un salón y en una mesa grande fueron depositando los materiales colectados. Aquí el aspecto fundamental es que los participantes formen grupos con aquellos síntomas o daños que ellos crean son la misma plaga y pedirles que los vayan nombrando de acuerdo a los términos usuales en esa zona.

Este es un momento de mucha interacción y donde es fundamental la capacidad de los extensionistas y especialistas participantes para poder aclarar las confusiones que surgen en cuanto a la identificación de las plagas y sus daños. Una vez que estuvimos seguros que los participantes identificaban bien los diferentes problemas que ellos mismos habían colectado, se procedió a realizar una votación en la cual cada quién tenía derecho a nombrar las tres plagas que él considerara de mayor importancia para su cooperativa. La broca del café resultó priorizada como el principal problema a enfrentar en este proceso de trabajo conjunto.

El grupo decidió entonces programar una próxima fecha de encuentro y la cual tendría como objetivo una capacitación en la vida y el manejo de la broca del café.

Capacitación participativa en broca del café y discusión de opciones de manejo

Se diseñó un taller en base a una metodología de capacitación participativa, teniendo como herramienta de interacción un rotafolio de trabajo y un cuaderno para que cada asistente pudiera hacer sus propias anotaciones y guardarlo como material de consulta. Durante este taller las productoras que pasaron a liderar este grupo y los productores, recuperaron sus propios conocimientos, aprendieron sobre biología y ecología de broca e identificaron opciones de manejo a experimentar en sus plantaciones. Como elementos que animaron la participación estuvieron la recuperación de los conocimientos y experiencias de los productores sobre la broca, pero también sobre el cultivo y como tradicionalmente manejaban las plagas. Se estableció un diálogo abierto horizontal como mecanismo de comunicación y no la charla tradicional vertical, preguntas y visualización de respuestas y aportes en papeles grandes y letras grandes, agenda consensuada en base a los intereses de los asistentes.

Selección de opciones de manejo a probar

En este encuentro se discutieron con mayor profundidad las diferentes opciones de manejo de broca y el grupo decidió que se iban a probar opciones de manejo no químico contra la broca del café. Se seleccionaron prácticas culturales contra la plaga como recoger frutos inter cosecha, cortar manualmente frutos infestados, quitar sombra fuerte en los plántíos y

control biológico con el hongo *Beauveria bassiana*.

Diferentes lotes dentro de la cooperativa fueron seleccionados para establecer las opciones decididas, haciendo diferentes combinaciones de estas opciones en cada uno de ellos.

Establecimiento parcelas de prueba y seguimiento al cultivo

Las parcelas establecidas en diferentes lotes de la cooperativa fueron objeto de un seguimiento sistemático. Cada mes el grupo se reunió para conocer los avances, evaluar la efectividad de las opciones, reforzar conocimientos, discutir criterios para tomar decisiones y realizar los ajustes necesarios.

Un elemento fundamental en la dinámica de trabajo de estas cooperativas lo constituyó la participación beligerante de las mujeres productoras que pasaron a liderar tanto la discusión en los encuentros, como la aplicación de las opciones de manejo decididas. Además de esto, las mujeres productoras de la cooperativa se encargaron de los recuentos de las plagas, lo cual permitió contar con la información adecuada y facilitar el diálogo y seguimiento en cada encuentro.

Cosecha y evaluación del ciclo

Al final del primer año de trabajo, se realizó una evaluación minuciosa de la producción obtenida en cada lote de prueba. Con esta información se realizó un encuentro para discutir acerca de la efectividad de las diferentes opciones contra la broca del café, la calidad de la cosecha obtenida y sobre todo para conocer la opinión de los diferentes actores sobre el

proceso conjunto que había sido implementado durante este año agrícola. El grupo decidió continuar con este proceso y de esta manera se planificó la próxima reunión del ciclo 95-96.

Nueva priorización de problemas

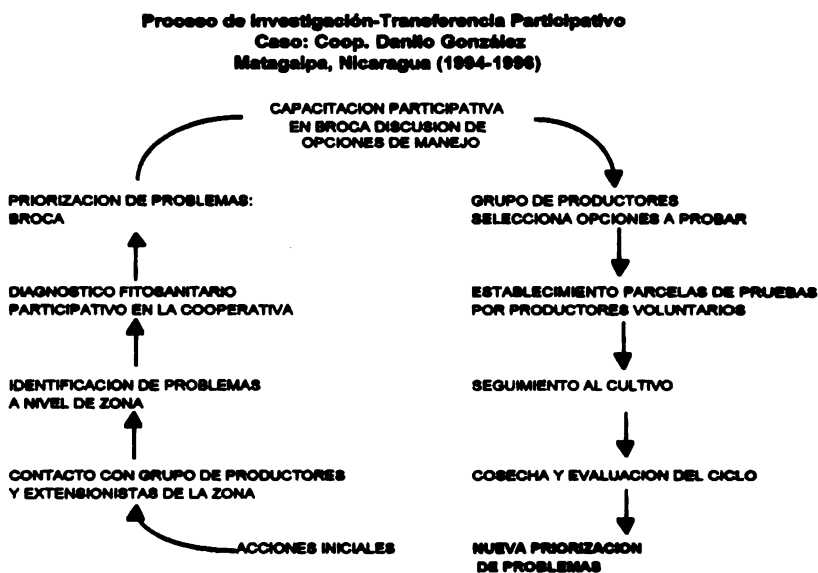
Durante esta reunión se realizó una nueva priorización de problemas y además de broca también se consideraron importantes otras enfermedades del café, con especial énfasis en la roya. En base a ello se planificó un nuevo taller participativo sobre el manejo de enfermedades y se acordó diseñar planes de manejo integrales para las diferentes plagas que estaban afectando el cafetal. El grupo también estuvo de acuerdo que era necesario mantener el seguimiento y ajuste constante a los planes de manejo por lo cual se planificaron los en-

cuentros a sostener durante este año agrícola, siguiendo una dinámica similar al año anterior.

Para este año de trabajo y en base a los avances e información que por sus propios canales de comunicación habían movido los productores y productoras, miembros de otras cooperativas aledañas se incorporaron a este proceso de trabajo.

RESULTADOS A NIVEL NACIONAL

Con el curso MIP-café dirigido a técnicos-decisores (55) se logró un buen impacto en la mayoría de las 18 instituciones participantes (OG's, ONG's y universidades), en cuanto a la necesidad de implementar MIP en café con la redefinición de los actores.



Con las visitas regionales a decisores institucionales, se logró incorporar en la mayoría de las instituciones el compromiso de permitir que sus técnicos-extensionistas se incorporen al proceso. Sin embargo es necesario reconocer que falta aun recorrer un buen camino para lograr que las instituciones se apropien del proceso. En el curso técnico-metodológico sobre MIP en café dirigido a técnicos-extensionistas, participaron 35 extensionistas y 4 investigadores. Se usó la metodología participativa para ubicar y sostener un proceso participativo, elaborar algunas herramientas de monitoreo, reflexionar sobre el verdadero papel del productor, el técnico y el especialista.

Se planificó el proceso de implementación de MIP-café con pequeños productores y se seleccionaron las zonas de trabajo (San Ramón-Matagalpa, La Dalia-Matagalpa, Nueva Segovia y Carazo).

Para el desarrollo del plan de acción, el esfuerzo se ha realizado en 9 comunidades, en donde los especialistas MIP del Proyecto han interactuado con los técnicos residentes y los caficultores. Se ha logrado identificar y priorizar participativamente los problemas fitosanitarios y de manejo del cafetal. En todas las comunidades a la par de encontrar problemas técnicos específicos, los productores coincidieron en demandar capacitación sobre aspectos biológico y ecológicos de las plagas.

Con los 9 grupos se inició el proceso con la capacitación de acuerdo a sus propias inquietudes y necesidades. En todos los grupos se logró problematizar y priorizar las actividades, en

cada zona de trabajo se han desarrollado talleres de capacitación sobre enfermedades, broca, método integrado de recuento y manejo de malezas para conservación de suelos. En la VI región (Matagalpa, Jinotega), mientras en la comunidad de Agua María se dio inicio con el problema de las enfermedades, en el Coyolar comenzamos con la broca. En la región I (Estelí, Las Segovias), en Quito se presentó vivero orgánico, en el Bálsamo se inicia con malezas y en Santo Domingo con la broca. En la región IV (Pacífico, Carazo), para la Cooperativa "José Elías Días" el inicio se da con la discusión de enfermedades, mientras que en la Cooperativa "Triunfo de Sandino" el proceso se comienza con la capacitación sobre broca. La práctica de campo siempre arrancó con el análisis de la productividad de la parcela y el método integral de recuento. Sobre la base de la capacitación los productores hacen recuentos de enfermedades (roya, mancha de hierro, antracnosis y ojo de gallo), y broca, los cuales se usan para discutir sobre la ecología y biología de los organismos implicados y la selección de las opciones para el manejo, por ejemplo: en la comunidad de Agua María-Matagalpa, al finalizar la discusión de los datos de recuento de enfermedades, los productores demandaron la preparación de un folleto informativo sobre la utilización del caldo bordeles para el manejo del ojo de gallo; pero luego de agotar el manejo de la sombra y las malezas para evitar la humedad; es decir, que la discusión y selección de las opciones se dio no solo en función de las posibilidades del productor, si-

no en términos de ambiente-cultivo-plaga.

La dinámica de los grupos presionó al personal del proyecto para revisar y mejorar las ayudas audiovisuales para la capacitación, se cuenta ahora con 5 rotafolios: enfermedades, método integral de recuento, broca, manejo de malezas para conservación de suelos y vivero orgánico. El enfoque principal de estos rotafolios es mejorar la posibilidad de nuestra conversación con los productores. En resumen, se desarrollan actividades en 9 "parcelas escuela"; sin embargo, a la fecha, hay 30 productores haciendo recuentos para decidir sus opciones de manejo. La diversidad de los gru-

pos es rica, se cuenta con grupos organizados en cooperativas, empresas asociativas y grupos de productores individuales.

RESULTADOS EN COOPERATIVA Danilo González, Matagalpa, Nicarag.

Para el ciclo 94-95 la cooperativa escogió broca del café como el principal problema a enfrentar. Así se desarrolló un taller sobre esta plaga se decidieron las opciones de manejo a realizar y cada mes el grupo se reunió para conocer los avances y realizar los ajustes necesarios.

Cuadro. 1. Cooperativa Danilo González, Matagalpa, Nicaragua. Opciones de Manejo de Broca con *Beauveria* sp acordadas. Ciclo 1994-1995

	Manejo con <i>Beauveria</i>	Manejo Cultural
Agosto	Recuento Broca	Recuento Broca
Septiembre	Graniteo	Graniteo (cocer granos brocados en agua hirviendo)
	Aplicación <i>Beauveria bassiana</i>	Recuento Broca
	Recuento Broca	Recuento Broca
Octubre	Recuento Broca	
	Aplicación <i>Beauveria bassiana</i>	Graniteo
Noviembre	Recuento Broca	Recuento Broca
	Cosecha	Cosecha
	Evaluación de rendimiento	Evaluación de rendimiento

El primer recuento realizado en este ciclo registró un 4% de infestación de broca en agosto y el último al momento de la cosecha, mostró un 0.5% de infestación en Noviembre. Con las opciones de manejo de la plaga aplicadas se logró evitar un 87.5% de

la pérdida mínima estimada. Para el ciclo 95/96 se encontró un 6% de infestación en julio y un 1.5% en noviembre al momento de la cosecha evitándose en este año un 83.33% de la pérdida mínima estimada.

Cuadro 2. Cooperativa Danilo González, Matagalpa, Nicaragua. Análisis de Aspectos Económicos. Ciclo 1995-1996

Ciclo agrícola	Infestación estimada en cosecha	Pérdida	Infestación cosecha	Pérdida real
94/95	10%	26 qq. 1,733.33	0.5%	1.3qq. 86.67
95/96	14%	36.40% 2,426.67	1% 1%	2.6qq. 173.33

Gastos 95/96 Chapia y desombra: 320.00

Manejo Broca y enfermedades: 475.20

Tasa de retorno: $\frac{2,426.67 - 173.33}{795.20} \times 100 = 283\%$ U\$1.00 = C\$7.50

Cuadro 3. Cooperativa Danilo González, Matagalpa, Nicaragua. Ciclo 1995-1996

Grupo incorpora a discusión enfermedades de mayor importancia

Agosto	Roya: 25%	Mancha de hierro	6.17%
Septiembre	Roya: 7.18%	Mancha de hierro	1.11%

Criterios de decisión para enfermedades

Roya:	10%	Mayo - Agosto
	5%	Agosto - Octubre
Mancha de hierro:	5%	
Antracnosis hoja:	15%	

Al final de estos dos años se hizo un análisis de los logros y de las limitantes entre ellas como comunicar el proceso y los conocimientos a lo interno de toda la cooperativa, a las demás cooperativas de la zona y de otras regiones y se planteó la necesidad de mejorar las metodologías y herramientas para facilitar la multiplicación de este proceso. Al iniciar el ciclo 95/96 se hizo una nueva priorización de problemas y además de broca, también se consideraron varias enfermedades del café entre ellas, la roya. Así se planificó un taller en el cual se aprendió a reconocer debidamente las diferentes enfermedades del café, su relación con los factores ambientales, sus niveles de incidencia aceptables y se rescató nuevamente la experiencia de los productores y productoras.

En base a todo ello se decidió aplicar diferentes opciones de manejo de enfermedades, consensuadas en el grupo. Al enfrentar varios problemas fitosanitarios se debió desarrollar una metodología para hacer recuentos integrales de todas las plagas presentes en el cultivo, procesamiento de datos y criterios de decisión para mejorar la situación general de la plantación

CONCLUSIONES

Este nuevo modelo de trabajo ha logrado: fortalecer el conocimiento, la capacidad para tomar decisiones y transmitir la experiencia tanto de pro-

ductores como de extensionistas quienes están iniciando su aplicación con otros grupos y los investigadores han cambiado su actitud, ajustado sus acciones a la realidad de los pequeños productores y productoras y también llevan lo aprendido a otras zonas de Nicaragua.

BIBLIOGRAFIA

CATIE, 1997. Documento preparado para el taller interno "Investigación Participativa: Generación e intercambio de conocimientos por y con familias campesinas y nativas". Turrialba, Costa Rica.

ODUBER, R. JOSE. 1997. Los procesos participativos comunales: De la teoría a la práctica. Documento preparado para el taller interno "Investigación Participativa: Generación e intercambio de conocimientos por y con familias campesinas y nativas". Turrialba, Costa Rica.

KARREMANS, JAN. 1997. Investigación participativa: La experiencia del Proyecto Agro-silvopastoril. Documento preparado para el taller interno "Investigación Participativa: Generación e intercambio de conocimientos por y con familias campesinas y nativas". Turrialba, Costa Rica.

ENCUESTA-DIAGNOSTICO SOBRE LA ROYA ANARANJADA DEL CAFETO EN HONDURAS

*Jacques Avelino*¹*
Rodolphe Seibt²
Hector Zelaya³
Mario Ordoñez³
Alfonso Merlo³

RESUMEN

A pesar de que la roya anaranjada muestra un comportamiento muy variable en función de las condiciones del cultivo, las recomendaciones de control son generalmente muy homogéneas. A través de una encuesta agronómica se indagaron los efectos de diversas características del ambiente, de las prácticas culturales, de la estructura del cafetal, del vigor y de la carga fructífera de las plantas sobre esta enfermedad. La prueba de la ji-cuadrada permitió evidenciar relaciones específicas entre la roya anaranjada y la temperatura, la lluvia, el acidez del suelo, las distancias de siembra, el porcentaje de sombra, el número de cortes, el vigor, la carga fructífera. Se procesaron posteriormente las mejores variables mediante el método de la segmentación, gracias al cual se definieron los dominios de riesgo asociados a la enfermedad. Los riesgos más altos (más de 60% de infección a finales de cosecha) se encontraron en suelos con contenidos en aluminio arriba de 0.01 cmol(+)/dm³, sea con una carga fructífera alta (más de 9000 frutos en 5 plantas), sea con una carga fructífera de baja a mediana (menos de 9000 frutos en 5 plantas) pero con un porcentaje de sombra de mediano a alto (más de 42%) y cortes numerosos (más de 4). Los riesgos más bajos (menos de 30% de infección a finales de cosecha) se encontraron en suelos con contenidos en aluminio de 0.01 cmol(+)/dm³ y temperaturas abajo de 21.8°C o arriba de 23.4°C, o en suelos con contenidos en aluminio superiores a 0.01 cmol(+)/dm³ pero con una carga fructífera de baja a mediana (menos de 9000 frutos en 5 plantas) y poca sombra (menos de 42%). También se definieron dominios de riesgo intermedio. Para cada dominio de riesgo se sugirió un número de aspersiones apropiado.

Palabras claves: Encuesta, diagnostico, efecto de, ambiente, prácticas, estructura de cafetal, vigor, carga fructífera, Roya, Honduras.

¹ Instituto Hondureño del Café (IHCAFE); 7^a Ave. 2^a y 3^a C., A.P. 329, San Pedro Sula, Honduras
Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

² Ministère des Affaires Etrangères (MAE)

³ IHCAFE, A.P. 329, San Pedro Sula, Honduras.

INTRODUCCIÓN

En general, las recomendaciones de control de la roya anaranjada son muy homogéneas e independientes de las condiciones del cultivo. Es evidente sin embargo que los niveles de la enfermedad son muy variables, no solamente de una región climática a otra, sino también dentro de una misma región. Algunos factores como el nivel técnico, la carga fructífera, o la naturaleza química de los suelos, pueden probablemente explicar la variabilidad de infección observada. Estos factores fueron considerados en una encuesta agronómica con el fin de definir los dominios de riesgo asociados a la roya anaranjada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Veinticinco parcelas localizadas en tres regiones de Honduras (Iago de Yojoa, Santa Bárbara, El Paraíso) fueron encuestadas en 1994-1995. Se observaron de nuevo estas mismas parcelas en 1995-1996. En ese año, diez fincas adicionales, entre las cuales nueve en la zona de Comayagua, fueron examinadas. La encuesta concierne, por lo tanto, un total de sesenta individuos (25+25+10). Se determinaron las coordenadas geográficas de las parcelas con un GPS (Global Positioning System).

Las parcelas encuestadas fueron constituidas por trece surcos de trece cafetos cada una, incluyendo un borde de dos cafetos de cada lado. Se marcaron cinco plantas en el cuadro central de ochenta y un cafetos. En cada planta marcada, se identificaron

tres bandolas, una abajo, una en el medio, y una última en la parte alta del árbol. Estas sirvieron para las observaciones de la enfermedad. En 73% de los casos, los lotes no recibieron ninguna aspersión de fungicida.

Se caracterizaron climáticamente las parcelas a partir de los datos históricos de más de docientas estaciones distribuidas en el país. La pluviometría anual de las fincas muestreadas fue obtenida por kriging. Un modelo polinomial que considera la altura y las coordenadas geográficas permitió estimar la temperatura promedio anual de las parcelas observadas (Osorio, por publicarse).

En cada parcela, se analizó una muestra de suelo compuesta de diez micro muestras procedentes del intervalo entre los surcos. Se midieron o cuantificaron las características siguientes: pH, porcentaje de materia orgánica, aluminio, fósforo, hierro, cobre, manganeso, cobalto, potasio, calcio y magnesio. También se consideró la topografía de la parcela: se midió el porcentaje de la pendiente con un clinómetro, y su orientación fue determinada con una brújula.

Poco antes de la cosecha, se evaluaron diferentes variables relativas a la producción de las plantas marcadas: número de tallos en producción, número de nudos fructíferos por tallo, número de frutos por nudo. Estas tres variables permitieron estimar la producción total de los cafetos en número de frutos. Además, se midieron el tamaño de las plantas observadas y la circunferencia del tallo principal a nivel del suelo. Se consideró la relación entre estas dos variables como un indicador del vigor de los árboles.

Algunos datos sobre la estructura del cafetal como la variedad (únicamente de porte bajo) y la edad de las plantas fueron informadas por el productor. Otras como la distancia entre las plantas en el surco y la distancia entre los surcos fueron medidas alrededor de las plantas marcadas. También se identificaron las especies de los árboles de sombra. El porcentaje de sombra se evaluó con un densiómetro esférico (Lemmon, 1956). Además, se consideraron el número de posturas, el tipo de poda, y la orientación de los surcos. Finalmente, las prácticas culturales fueron informadas por el productor.

Se hicieron hasta cuatro observaciones de roya anaranjada por año. Sin embargo, para los análisis, sólo se consideró el porcentaje de hojas jóvenes enfermas a finales de la cosecha, ya que en el 87% de los casos éste correspondía al máximo de infección.

La primera etapa de los análisis consistió en transformar las variables cuantitativas en variables cualitativas. Posteriormente, se corrió la prueba de la ji-cuadrada a partir de tablas de contingencia. Esto permitió seleccionar las variables mejor relacionadas con la enfermedad. Algunas de éstas eran dependientes entre sí. En este caso, sólo se conservó la variable más explicativa. Finalmente, se utilizó la segmentación para procesar las mejores variables que describen la infección y definir los dominios de riesgo asociados a la enfermedad. La segmentación, método parecido a la regresión múltiple paso a paso, permite relacionar una variable explicada cuantitativa o cualitativa con diversas variables explicativas cualitativas. La

segmentación jerarquiza las variables en función de su poder explicativo: la mejor variable separa la población inicial en dos sub-poblaciones, las cuales a su vez pueden seguir dividiéndose. La sucesión de dicotomías conduce a la formación de un árbol. Las variables responsables de una dicotomía no son necesariamente las mismas en las diferentes ramas del árbol. De este punto de vista, este método parece adecuarse mejor a la realidad que la regresión múltiple, la cual sólo permite la selección de las variables más explicativas en promedio. Este "en promedio" carece de sentido cuando se pretende llegar a recomendaciones adaptadas a cada caso particular (Perrier y Delvaux, 1991). Otra ventaja de la segmentación es que la representación gráfica de los resultados facilita su utilización práctica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 1 muestra las mejores relaciones obtenidas entre la roya anaranjada y las diferentes variables encuestadas. Los porcentajes de infección más altos se alcanzaron cuando el pH era bajo (inferior a 5.3) y el contenido en aluminio superior a $0.01 \text{ cmol}^{(+)} / \text{dm}^3$ de suelo. Una relación entre el acidez del suelo y la enfermedad fue reportada recientemente por Lamouroux *et al* (1995). En este último caso, sin embargo, un pH comprendido entre 4.7 y 6.5 fue considerado como el más favorable a la roya anaranjada. El cuadro 1 también muestra que temperaturas promedio comprendidas entre 21.8°C y 23.4°C ,

altitudes entre 650 m y 995 m y pluviometrías elevadas (entre 2329 mm y 2441 mm) fueron propicias al desarrollo de la enfermedad. Para la segmentación, etapa final del análisis, sólo se conservaron la temperatura y el contenido en aluminio, ya que la

primera variable está asociada a la altitud ($\chi^2=36.5$, $p=0.0\%$) y la segunda al pH ($\chi^2=50.3$, $p=0.0\%$) y a la pluviometría ($\chi^2=19.2$, $p=0.0\%$). Estas últimas relaciones se deben a que las lluvias excesivas acidifican los suelos y conducen a la lixiviación de las ba-

Cuadro 1: Mejores relaciones entre la enfermedad, el ambiente, la producción y el nivel técnico

Tablas de contingencia (número de individuos)		Porcentaje de hojas jóvenes con roya anaranjada a finales de cosecha			p* (%)
		[9.2 , 31.9]	[31.9 , 57.7]	[57.7 , 85.1]	
[Al] (cmol(+)/dm ³)	0.01	14	4	6	0.9
	]0.01 , 0.62]	2	10	6
	]0.62 , 6.38]	4	6	8
pH	[4.0 , 5.3]	5	7	8	1.0
	]5.3 , 5.8]	2	8	9
	]5.8 , 7.7]	13	5	3
Temperatura promedio anual (°C)	[21.2, 21.8] o]23.4, 24.2]	14	11	5	1.5
	]21.8 , 23.4]	6	9	15
Altitud (m)	[595, 650] o]995, 1140]	10	9	3	6.2
	]650 , 995]	10	11	17
Pluviometría anual (mm)	[957, 1000] o]1190, 1566]	17	14	11	11.5
	]2329 , 2441]	3	6	9
Altura/Circunferencia	[5.7 , 16.0]	17	10	13	6.1
	]16.0 , 20.7]	3	10	7
Producción total en las 5) plantas marcadas (en número de frutos)	[181 , 5913]	6	10	4	7.7
	]5913 , 9000]	10	4	6
	]9000 , 37385]	4	6	10
Distancia entre plantas en el surco (m)	[0.84 , 1.15]	7	14	8	5.5
	]1.15 , 1.79]	13	6	12
Número de cortes	[2 , 4]	11	12	6	12.4
	]4 , 13]	9	8	14
Distancia entre surcos (m)	[1.33 , 1.75]	9	6	4	14.5
	]1.75 , 1.94]	6	4	10
	]1.94 , 2.31]	5	10	6
% sombra	[6 , 54]	15	10	15	15.1
	]54 , 83]	5	10	5

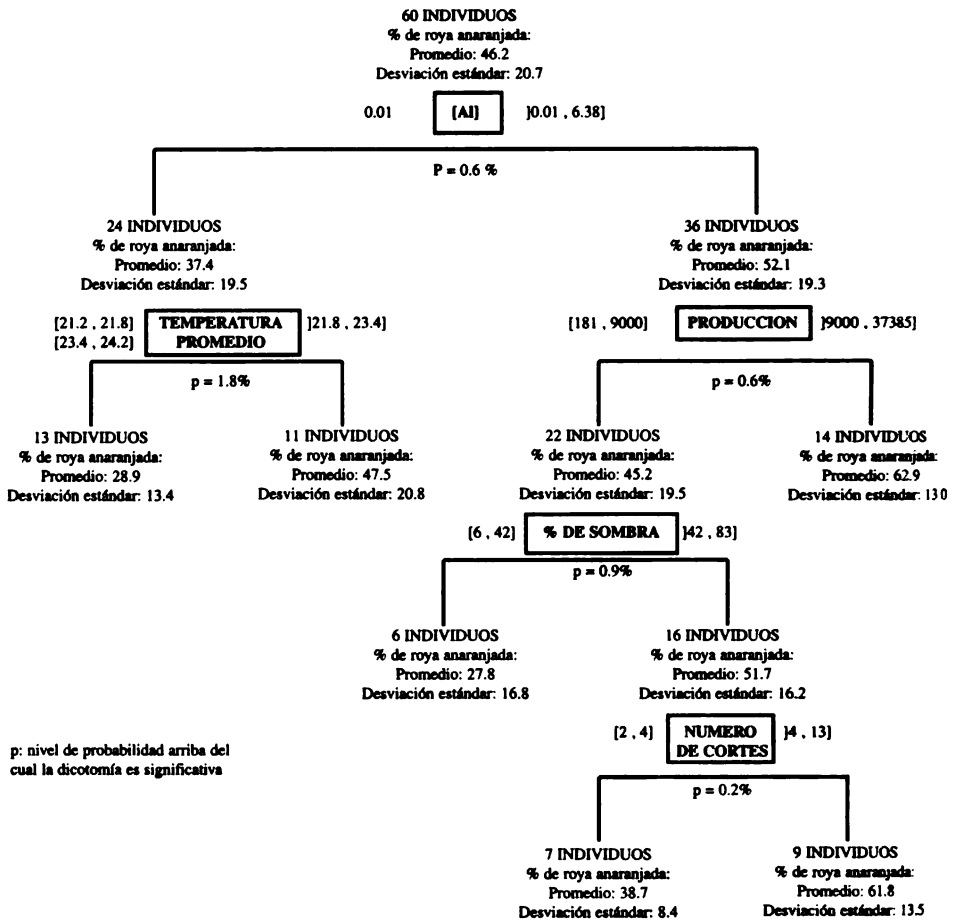
*nivel de probabilidad arriba del cual las variables se consideran dependientes según la prueba de la ji-cuadrada

ses, las cuales son remplazadas por el aluminio. La asociación observada entre el acidez del suelo y la pluviometría no permite por lo tanto afirmar con seguridad que el acidez del suelo tiene un efecto sobre la roya anaranjada. También se encontró que las plantas más vigorosas eran menos infectadas y que los cafetos con mucha carga fructífera eran más atacados, comportamiento que ya había sido reportado en Guatemala (Avelino *et al*, 1993). Finalmente, las incidencias de la enfermedad más altas fueron encontradas en lotes con pequeñas distancias entre plantas en el surco, grandes distancias entre surcos, gran número de cortes y poca sombra. Para la segmentación, se eliminó la distancia entre surcos ya que ésta está asociada a la distancia entre plantas en el surco ($\chi^2=4.6$, $p=10.1\%$). Se observó que a mayor distancia entre surcos se tenía una menor distancia entre plantas en el surco. Esto demuestra que el productor compensa un espacio más grande entre los surcos, por un espacio menor entre plantas, y viceversa, de manera a conservar una densidad cerca de la recomendada

Lo anterior sugiere que la relación entre las incidencias altas de la enfermedad y las distancias grandes entre surcos no es más que aparente. Las altas incidencias se explican más bien por las distancias cortas entre plantas en el surco, el mayor contacto entre hojas y el ambiente más favorable inducidos por este confinamiento. El efecto de los niveles bajos de sombra puede estar relacionado con un aumento de la producción. Es de señalar que cuando el porcentaje de sombra es

bajo, también se encuentran bajas infecciones. Esto se debe posiblemente a una disminución de la humedad en el cafetal, cuyo impacto es determinante cuando las plantas no están en producción. El efecto del número de cortes, puede deberse al movimiento de los corteros los cuales favorecen la diseminación de la enfermedad (Avelino *et al*, 1991), o puede estar relacionado con una época seca menos marcada, provocando mayor número de floraciones y a la vez permitiendo la conservación de mayor cantidad de inóculo residual.

La figura 1 muestra el resultado de la segmentación. Se utilizó la incidencia de roya anaranjada como variable explicada cuantitativa. Las variables explicativas fueron las siguientes: contenido en aluminio, temperatura promedio anual, número de frutos total, vigor, número de cortes, porcentaje de sombra. Todas las dicotomías fueron significativas al 2% de probabilidad. Se impuso un número mínimo de seis individuos en cada grupo formado. Se observa que los porcentajes de infección bajos (28.9%) se obtienen cuando el contenido en aluminio es de $0.01 \text{ cmol}^{(+)}/\text{dm}^3$ y cuando la temperatura promedio anual es inferior a 21.8°C o superior a 23.4°C . También se encuentran incidencias bajas (27.8%) cuando el contenido en aluminio es superior a $0.01 \text{ cmol}^{(+)}/\text{dm}^3$, la producción de baja a mediana (menos de 9000 frutos en cinco plantas) y el porcentaje de sombra bajo (menos de 42%). Se presentan incidencias altas (62.9%) cuando el contenido en aluminio es superior a $0.01 \text{ cmol}^{(+)}/\text{dm}^3$ y la producción alta (más de 9000 frutos en cinco plan-



gicidas, por lo cual algunos ajustes serán necesarios. No es concebible por ahora recomendar prácticas culturales que permitan pasar de un dominio de riesgo elevado a uno más bajo. Se piensa que los dominios de riesgo deben utilizarse para determinar el número de aspersiones cúpricas necesarias. Se podrían recomendar una, dos, y tres o cuatro aspersiones para los dominios de riesgo bajo, intermedio y alto respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- AVELINO (J.), MULLER (R.A.), CILAS (C.), VELASCO PASCUAL (H.). Développement et comportement de la rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) dans des plantations en cours de modernisation, plantées de variétés naines, dans le Sud-Est du Mexique. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXXV, n°1, janv.-mars 1991, p.21-37.
- AVELINO (J.), TOLEDO (J.C.), MEDINA (B.). Développement de la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) dans une plantation du Sud-Ouest du Guatemala et évaluation des dégâts qu'elle provoque. 15ème Colloque International Scientifique sur le Café, Montpellier, France, 6-11 juin 1993, ASIC (Paris), 1993, p.293-302.
- LAMOUREUX (N.), PELLEGRIN (F.), NANDRIS (D.), KOHLER (F.). The *Coffea arabica* fungal pathosystem in New Caledonia: Interactions at two different spatial scales. *Phytopathology* (Berlin), vol. 143, n°7, 1995, p.403-413.
- LEMMON (P.E.). A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science*, vol. 2, n°4, 1956, p.314-320.
- PERRIER (X.), DELVAUX (B.). Une méthodologie de détection et de hiérarchie des facteurs limitant la production à l'échelle régionale. Application à la culture bananière. *Fruits* (Paris), vol. 46, n°3, mai-juin 1991, p. 213-226.



EFFECTO DE COBERTURAS VIVAS DE LEGUMINOSAS EN EL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS DEL CAFÉ.*

Isabel Cristina Herrera S.**

RESUMEN

Se realizaron evaluaciones del efecto de *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium* y *Stylobium spp*, asociados al café en condiciones de campo y laboratorio, sobre *M. incognita* y *Rotylenchulus spp*. En campos se evaluó la dinámica poblacional de nemátodos en plantaciones comerciales (var. Caturra, Catrenic y Caturra) con y sin asociado de *A. pintoi* y *D. ovalifolium*. Mensualmente se tomaron muestras de suelo y de raíces. *D. ovalifolium* redujo las poblaciones de *M. incognita* y favoreció las poblaciones de *Rotylenchulus spp*. *A. pintoi* redujo las poblaciones de *Rotylenchulus spp* y mantuvo bajo los niveles poblacionales de *M. incognita*. A nivel de laboratorio se evaluó el efecto de exudados de raíces de las tres coberturas sobre el movimiento de *M. incognita* (J2). No hubieron diferencias significativas entre los exudados, durante las 72 horas de incubación; sin embargo el porcentaje de inmovilización entre las coberturas y el testigo absoluto (aguas estéril) fue diferente significativamente. A las 24 horas de incubación el exudado de *D. ovalifolium* ocasionó el mayor porcentaje de inmovilización y el *A. pintoi* el más bajo. Para este mismo tiempo, el testigo con nematicida (Vydate, 300 ppm) ya había ocasionado 100% de inmovilización de *M. incognita*. Las coberturas evaluadas tienen un efecto supresor sobre *M. incognita*.

Palabras claves: Coberturas, leguminosas, exudados, inmovilidad, *Melodogyne incognita*, *Rotylenchulus spp*.

INTRODUCCION

Objetivos:

—Conocer el comportamiento de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de café con coberturas de leguminosas con *Arachis pintoi* (CIAT 17434) y *Desmodium ovalifolium*

(CIAT 350) en dos fincas de la IV región de Nicaragua.

—Determinar el efecto de los exudados radicales de *A. pintoi* (CIAT 17434), *D. ovalifolium* (CIAT 350) y *Stylobium spp* sobre el movimiento del segundo estado juvenil de *M. incognita*.

* Tesis M.Sc., Turrialba, Costa Rica

** Universidad Nacional Agraria, km 12 1/2 c. norte, Apdo. 453, Managua, Nicaragua.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la IV región y en el Laboratorio de Nematología de la Universidad Nacional Agraria, de enero a noviembre de 1994. La investigación consistió en un muestreo de nemátodos fitoparásitos en plantaciones de café establecidas bajo un sistema de coberturas de leguminosas en dos fincas y la evaluación del efecto de los exudados radicales de tres especies de leguminosas en el movimiento del segundo estado juvenil de *M. incognita* (J₂).

El estudio de la dinámica consistió en la toma de muestras de raíz y de suelo, en plantas de café en áreas con cobertura de *A. pintoi* y *D. ovalifolium*. Las variedades de café estudiadas fueron caturra y catuaí.

Los muestreos se realizaron cada mes durante ocho meses. Las muestras se tomaron al azar, dentro de las parcelas con cobertura y sin cobertura.

En el procesamiento de las muestras se utilizó el método de macerado por licuadora más filtro de algodón (s'Jacob and Bezoojen 1977).

La variable evaluada fue número de *M. incognita* en 10 g de raíces y número de *Rotylenchulus* sp en 100 g de suelo. Con los datos obtenidos se realizó una descripción del comportamiento de las poblaciones de *M. incognita* y *Rotylenchulus* sp, en base al promedio de nematodos encontrados. Efecto de exudados radicales de especies de coberturas de leguminosas en el movimiento del segundo estado juvenil de *M. incognita*.

Este estudio se realizó en condiciones de Laboratorio. Para la obtención de

los exudados radicales se utilizaron plantas de leguminosas en maceteras de 30 días de edad y se empleó la metodología propuesta por Bell y Koeppe (1972), modificada en función de los objetivos del ensayo.

Obtención del segundo estado juvenil de *M. incognita*.

Las larvas del segundo estado juvenil de *Meloidogyne* se obtuvieron de raíces de café infectadas naturalmente, las larvas obtenidas fueron depositadas en una película fina de agua disuelta en una microsiracusa. Al momento de aplicar los tratamientos el agua fue retirada de las siracusas con un papel toalla con ayuda de un microscopio.

Tratamientos:

Se evaluaron los exudados radicales de *A. pintoi*, *D. ovalifolium* y *Stizolobium* spp. Se utilizó como testigo agua estéril y el nematicida (Vydate L 24 % (Oxamyl)) en dosis de 300 ppm. En cada microsiracusa se colocaron 0.5 ml del tratamiento a evaluar. Se realizaron observaciones a las 6, 12, 18, 24, 36, 48 y 72 horas, evaluando la movilidad del nematodo. Con los datos obtenidos se realizó análisis de varianza empleando la técnica de contrastes ortogonales

RESULTADOS Y DISCUSION

Meloidogyne incognita en cobertura de *A. pintoi*:

En general los incrementos de *M. incognita* fueron mayores en el asocio Caturra/*Arachis* que en Caturra sin cobertura, aunque en algunos muestreos se encontraron más nematodos

en el área sin cobertura. Después de incrementos en marzo y mayo la población se mantuvo relativamente estable hasta el final del muestreo (cuadro 1). El comportamiento observado de *A. pintoii* podría indicar que bajo condiciones de campo existe un efecto supresivo sobre *M. incognita*.

Meloidogyne incognita en la cobertura de *Desmodium ovalifolium* y *Arachis pintoii*:

Las poblaciones de *M. incognita*, fueron bajas desde el primer muestreo (marzo), hasta el mes de junio. A partir de Julio aumentaron las poblaciones para cada una de las condiciones

muestreadas (Catuaí/*D. ovalifolium*, Catuaí/*A. pintoii* y Catuaí sin cobertura), encontrándose en las dos primeras, poblaciones relativamente más bajas que las encontradas en Catuaí sin cobertura. Esto nos podría indicar la supresión de la población de *M. incognita* por las coberturas. Sin embargo este efecto antagónico a nivel de campo contra *M. incognita* podría perderse con el tiempo ya que otros factores como crecimiento radical a mayores profundidades, cambios fisiológicos de las coberturas, el movimiento al azar de los nematodos, podrían neutralizar dicho efecto (cuadro 1).

Cuadro 1. Comportamiento de la población de *M. incognita* en las dos fincas en estudio.

MUESTREO	FINCA 1		FINCA 2		
	A. pintoii + Caturra	Testigo	A. pintoii + Catuaí	D. oval. + Catuaí	Testigo
Marzo	9 016	2 675	607	1 184	21
Abril	873	952	98	126	98
Mayo	11 389	3 2536	3 584	329	280
Junio	2 322	3 304	140	44	14
Julio	975	434	418	630	1 050
Agosto	2 126	294	4 373	1 815	35
Septiemb.	6 426	2 674	5 287	658	8 407
Octubre	3 903	7 610	2 856	1 647	5 992

En las dos fincas los incrementos poblacionales de *M. incognita* coincidieron con las mayores precipitaciones ocurridas en la estación lluviosa. Aunque cuantitativamente no son comparables las poblaciones en ambas fincas, ni las registradas en las diferentes condiciones de una misma finca, se pudo observar cualitativa-

mente en una de las fincas que la cobertura *D. ovalifolium* en relación a las poblaciones de *M. incognita* presentó poblaciones bajas en relación a las encontradas en *A. pintoii*. En la otra finca las poblaciones de *M. incognita* en la cobertura de *A. pintoii* en asocio con Caturra presentó poblaciones más bajas que las obtenidas en ca-

fé sin cobertura. En el caso de *Rotylenchulus* sp, se observó que las poblaciones fueron mayores en las áreas con cobertura de *D. ovalifolium* que en las áreas de *A. pintoi*.

Efecto de exudados radicales sobre el movimiento del segundo estado juvenil de *M. incognita*.

Se analizó el comportamiento lineal y cuadrático del efecto de los exudados radicales de especies de leguminosas sobre el segundo estadio juvenil de *M. incognita* y resultó significativo ($p = L = 0.0002$; $C = 0.0031$). Encontrándose además diferencias significativas en los tratamientos ($p = 0.0002$).

Los testigos (Oxamyl y Agua destilada), se comportaron diferente a los exudados ($p = 0.0089$, para oxamyl y $p = 0.0026$, para el agua destilada). Entre los exudados radicales no hubo diferencias significativas.

A pesar de que no hubieron diferencias significativas entre el efecto de los exudados radicales de las coberturas sobre la movilidad de el segundo estado juvenil de *M. incognita*, en el exudado obtenido de *D. ovalifolium* el 50% de inmovilización ocurrió a las 24 horas de exposición. En cambio para el exudado de *Stizolobium spp* la inmovilización se dió en las primeras 6 horas de exposición, alcanzando hasta un 30%. Para *A. pintoi* la inmovilización ocurrió entre las 6 y 18 horas con un 20%. Se puede apreciar que *D. ovalifolium* fue el que presentó el mayor porcentaje de inmovilización.

Estos resultados indican que probablemente existe un efecto inhibitorio de los exudados radicales de las legu-

minosas evaluadas sobre el movimiento de los segundos estados juveniles de *M. incognita*, tomando como base el efecto observado en *D. ovalifolium* el cual afectó la movilidad de la población en un 50% en las primeras 24 horas.

En estudios realizados con *Crotalaria longirostrata* (Villar y Mejía, 1990), encontraron un efecto nematástico de los exudados radicales de esta planta en un período de 72 horas de exposición. Para nuestro estudio algo evidente en el efecto de los exudados fue el hecho de observar inmovilización en un período de 24 horas. Por otro lado las lectinas a las dosis probadas por Marbán *et al*, (1989, 1992), no indujeron inmovilización. Esto podría significar que nuestros resultados a nivel de campo, podrían deberse a otros factores, además del efecto inhibidor. Desafortunadamente poco se sabe de la naturaleza y acción fisiológica de los exudados de las coberturas estudiadas.

CONCLUSIONES

Las densidades de *M. incognita* se mantuvieron relativamente bajas en ambas coberturas, principalmente en la cobertura de *D. ovalifolium* en la finca *Ma. Auxiliadora*. Las coberturas evaluadas mostraron un efecto supresor de las poblaciones de *M. incognita*. La cobertura *D. ovalifolium* mostró los valores reductores más bajos en comparación con el testigo.

Los exudados de las coberturas afectaron el movimiento del segundo estado juvenil de *M. incognita*,

especialmente *D. ovalifolium* (50% de inmovilización a las 24 horas).

BIBLIOGRAFIA

BELL, D. T.; KOEPPE, D. E. 1972. Non competitive effects of giant foxtail on the growth of the corn. Agr. J. 64: 321-325.

MARBAN-MENDOZA, N.; DICKLOW, B. M.; ZUCKERMAN, M. B. 1989. Evaluation of control of *Meloidogyne incognita* and *Nacobus aberrans* on tomato by lectins. Journal of Nematology 19: 331-335.

MARBAN-MENDOZA, N.; DICKLOW, M. B.; ZUCKERMAN, B. M. 1992. Control de *Meloidogyne incognita* on tomato by two leguminous plants. Fundam. appl. Nematol. 15, 97-100

S'JACOB, J.; BEZOOJEN, v. J. 1977. A practical work for Nematology. Laboratoire Nematologie. Binnenhaven 10. Wageningen, Holland.

VILLAR, M.; ZAVALA-MEJIA, E. 1990. Efecto de *Crotalaria longirostrata* Hook y Arnott sobre nemátodos agalladores (*Meloidogyne spp.*). Revista Mexicana de Fitopatología 8:166-172.

ESTUDIO DEL EFECTO DEL pH ALCALINO EN LA ATOMIZACIÓN PARA EL CONTROL DEL OJO DE GALLO (*Mycena citricolor*)

Ing. Orlando Mora Alfaro*

RESUMEN

El ojo de gallo es considerado uno de los problemas fitopatológicos importantes en Costa Rica. La búsqueda de mecanismos alternativos de control son prioridad en la investigación, razón por la cual se estableció el presente experimento explorativo, considerando uno de los factores importantes utilizado por el hongo para causar la epifitía como es la producción de ácido oxálico y su efecto degradante de la pared celular. Las estrategias de control consideran factores como la alcalinidad del medio utilizando NaOH para lograr un pH superior a 8,0 en el caldo de atomización, incorporación de cationes divalentes (Mg y Ca), además del Na, junto con la mezcla de fungicidas protectores y curativos.

El estudio se inicio en la época de mayor incidencia de la enfermedad, en la localidad de Sabanilla de Alajuela, se seleccionaron siete tratamientos dos con pH 6,5 del caldo de atomización, dos con pH 8 y dos con pH 10, con variantes en las fuentes de cationes y fungicidas.

Se observó un mejor comportamiento en el combate del hongo cuando se utilizó el pH 8, con una mayor retención de hojas, una marcada disminución de la incidencia del patógeno, y de la reinfección (control de inóculo secundario).

Palabras claves: Ojo de gallo, *Mycena citricolor*, ph alcalino, atomización, control, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica la enfermedad provocada por el hongo *Mycena citricolor* denominada como Ojo de Gallo, se considera como un verdadero problema para ciertas zonas productoras de café. En los últimos años los niveles de infección han sido altos , afectando gravemente el 10 % del área cafetalera en Costa Rica. Por otra parte la

enfermedad es endémica en un 40% del área cafetalera nacional y podría tomar matiz de daño si el manejo de plantación no se realizara adecuadamente.

La enfermedad manifiesta sus mayores daños en los meses de más precipitación Agosto a Noviembre, al ser esta una enfermedad policíclica, en donde la producción de varias generaciones de inoculo secundario son res-

* Ing. Agr. Departamento de Investigación y Transferencia de Tecnología.CICAFE, ICAFE, Apdo 37- 1000, San José, Costa Rica.

ponsables del incremento de la enfermedad en el tiempo.

En este tipo de enfermedad lo más eficiente de tomar en cuenta para su combate es reducir su tasa de desarrollo y la reducción del inóculo inicial. Además como aspecto tecnológico relevante se consideran prioritarias las acciones de manejo cultural de la plantación en lo referente a: poda, deshija, distancias de siembra, arreglos de sombra, siendo el fundamento de la respuesta de un buen control químico.

Ayer y Browne (1990), investigaron los metabolitos producidos por *M. citricolor* determinando que el ácido oxálico es la única toxina producida por el hongo. Tewari (1990), complementa lo anterior e indica que es una toxina no específica que secuestra el calcio de los pectatos de la pared celular. Deacan (1988), comenta que existen hongos que secretan grandes cantidades de ácido oxálico, que disminuyen el pH de los tejidos vegetales hasta aproximadamente 4.0, este valor está cerca del óptimo para las actividades de enzimas pépticas, que degradan las láminas medias de las paredes celulares.

El ácido oxálico también se combina con cationes divalentes, acelerando la degradación. Meyer, indica que el ácido oxálico y su mezcla con alguna de sus sales, ya sea de sodio, potasio, calcio o magnesio, conforman sistemas buffer muy importantes en el comportamiento de este complejo. De esta manera la presente investigación exploratoria, procura desarrollar varios de los conceptos teóricos científicos aquí expuestos, dándose un enfoque práctico a la investigación, por

lo cual se inició en un período donde la enfermedad estuviera expresando todo sus efectos de daño y en donde las condiciones fueran ideales para su desarrollo. Se utilizó el hidróxido de sodio para alcalinizar el medio y a la vez como fuente de sodio para el sistema de control, de igual manera se involucran dos fuentes de magnesio y una de calcio, todo esto buscando suministrar cationes divalentes para evitar la captura del calcio celular. El medio alcalino del caldo de aplicación se espera que funcione como un mecanismo de desajuste o desequilibrio del medio biótico donde se desarrolla el hongo *M. citricolor*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca Alsacia, en Sabanilla de Alajuela, a una altura de 1400 m.s.n.m., con una precipitación de 2700 mm. promedio anual, concentrándose mayoritariamente en el período de agosto a noviembre, los que para el presente año fueron los siguientes:

El trabajo se inició en el mes de setiembre, precisamente con la intención de encontrar los niveles de incidencia de *Mycena citricolor* en período de máximos valores, para lo cual se utilizaron lotes en donde durante los meses anteriores no se aplicó fungicidas para el control de la enfermedad. Se evaluaron siete tratamientos, con parcelas de 50 plantas por tratamiento, en un sistema de poda sistemática por hileras con un ciclo de 3 alterno, se marcaron tres plantas por tratamiento ubicadas en la hilera central con Rock and roll, por

considerarse la hilera de mayor presión de inóculo. Se marcaron en cada planta cuatro bandolas. Las evaluaciones se efectuaron cada 22 días aproximadamente, realizándose 4 durante el período de estudio, la primera antes de la atomización inicial el 2 de setiembre, las otras el 24 de setiembre, 23 de octubre y el 20 de noviembre. Se efectuaron dos atomizaciones una el 4 de setiembre y otra el 10 de octubre, las mismas se hicieron con bomba manual Carpi y utilizando doble salida, con boquillas D 1, nebulizador No 23. La evaluación consideró el registro del número de hojas totales, el número de hojas enfermas y el porcentaje de infección.

Cuadro 1: Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento exploratorio para el control del Ojo de Gallo.

NUMERO DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Silvacur, cobre, ph 6.5 (vol. aplic. 600 L / ha)
2	Silvacur, cobre, ph 6.5 (vol.aplic. 1200 L / ha)
3	Silvacur, cobre, hidróxido de magnesio, ph 8 (600 L / ha)
4	Silvacur, cobre, metalosato de magnesio y calcio, ph 8 (600 L / ha)
5	Silvacur, cobre, metalosato de magnesio , ph 10 (600 L / ha)
6	Silvacur, cobre, hidróxido de magnesio, ph 10 (600 L / ha)
7	Testigo Aplicación finca

Nota: El ph de los tratamientos 3, 4, 5, y 6 se alcalinizó utilizando Hidróxido de sodio y llevándolo al ph deseado respectivamente. También se verificó en el campo por medio de cintas Macherey Nagel (ph fix 2.0-9.0), antes como después de cada aplicación.

Dosis por producto:

Silvacur (Tebuconazole)	700 cc/ha
Oxido de Cobre	1000 gr/ha
(trat 1,2,3 y 5)	
Metalosato de Cobre	1000 cc/ha
(trat 4 y 6)	
Metalosato de Magnesio	1000 cc /ha
Metalosato de calcio	1000 cc /ha
Hidróxido de magnesio	2000 cc /ha.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

El lote experimental presentó las características deseadas en cuanto a la presencia de la enfermedad la expresión de la misma en el período de estudio, los meses de setiembre y octubre presentaron una alta precipitación.

Análisis de la variable: HOJAS TOTALES

En la Figura 1, se presentan los datos correspondientes a las evaluaciones del número total de hojas para cada uno de los tratamientos en estudio, sobresalen los tratamientos 3 y 4 (con ph 8) , que mantienen muy estables, en todas sus evaluaciones, el número de hojas totales, con un porcentaje de retención foliar arriba del 95 %, aspecto de gran importancia para el comportamiento de la planta, en cuanto a que la retención foliar le permite mantener estabilidad fisiológica y metabólica, con una reducción del efecto defoliante del Ojo de Gallo, que se traduce en una disminución del desgaste del vigor productivo de la planta.

Seguidamente, sobresalen los tratamientos 1 y 2 (ph 6.5), que presentan una tasa de retención foliar cercana al

85 %, sin embargo su análisis debe de considerar el aspecto del porcentaje de infección, que se detalla en el siguiente capítulo. Los tratamientos 6 y 7 presentan los menores valores en retención foliar (70 y 20 % respectivamente), la reducción del número de hojas totales es alto para ambos ca-

sos, especialmente para el tratamiento TESTIGO FINCA , que manifiesta el comportamiento normal de la enfermedad, cuando el productor pretende detenerla en el momento de mayor incidencia de esta, con esfuerzos en la mayoría de los casos nulos y la defoliación es acentuada.

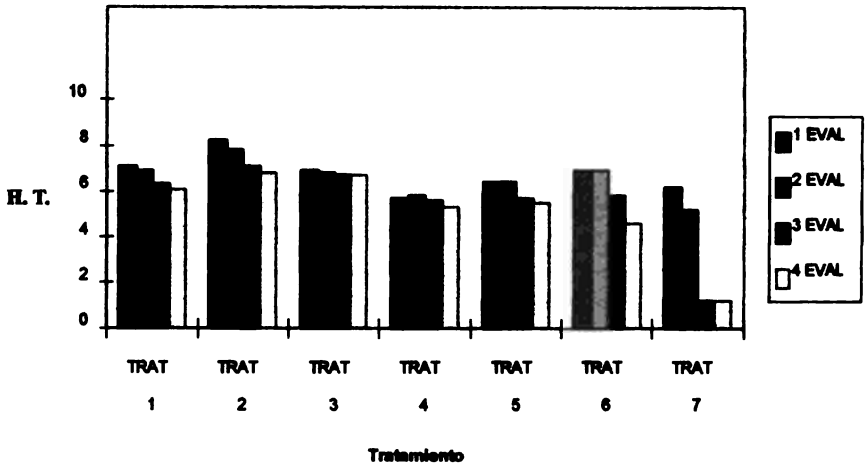


Figura 1. Efecto del control químico sobre el comportamiento del número de hojas totales , según tratamientos, Sabanilla, Alajuela.

Análisis del Porcentaje de Infección: (Figura No 2).

El análisis de esta variable un comportamiento estadístico altamente significativo entre tratamientos , en la prueba de Duncan para la última evaluación destacan los tratamientos 2 y 3 , seguidos del tratamiento 4 y 5.

En el caso de los tratamientos 3 y 4 (ph 8), muestran una curva descendente del porcentaje de infección, a pesar de que ambos inician con el más elevado valor de incidencia de Ojo de Gallo (1 Eval), terminando en la cuarta evaluación con el valor más

bajo en este reglón, lo que pone de manifiesto un comportamiento curativo de ambos tratamientos, con respecto a la enfermedad, con una tasa de incidencia decreciente (negativa - 25 % y - 30 % respectivamente).

Para el tratamiento 2 (ph 6.5), a pesar de mostrarse en el mismo grupo estadístico del tratamiento 3, según la prueba de Duncan, debe de destacarse el hecho de que se inicia con el menor valor de incidencia de la enfermedad y muestra un progreso creciente con una tasa de incremento del 60 % al final del experimento, terminando

con un efecto creciente, aspecto relevante para el próximo año del cultivo. Además en este tratamiento se utiliza el doble de volumen de agua, que en todo caso eleva su costo de control. El Tratamiento 5 muestra una estabilización del porcentaje de infección en el tiempo, con una tasa nula de crecimiento. Quisá este comportamiento ponga de manifiesto las bondades que presenta el factor de alcalinidad del caldo de aplicación de ma-

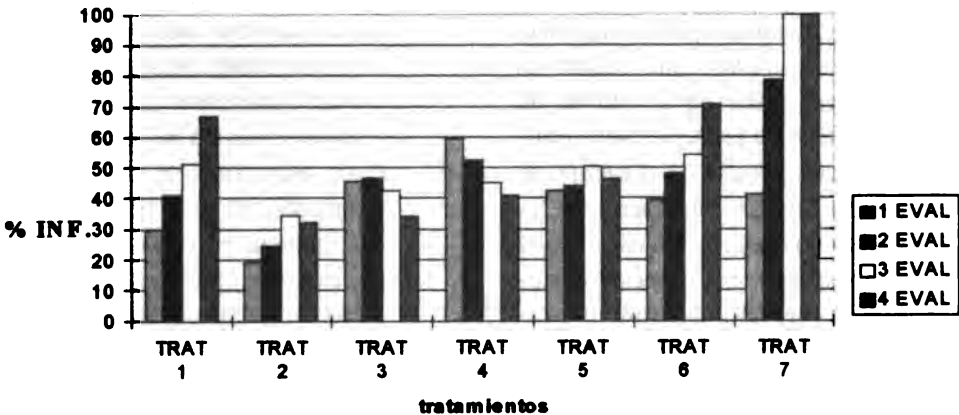
nera generalizada, sin embargo, en este caso los fungicidas involucrados sufrieron una desnaturalización probocada por el ph 10 altamente alcalino.

Los otros tratamientos, ambos de uso común, presentan la mayor tasa de crecimiento de incidencia arriba del 100% , sin mostrar control alguno sobre el inóculo secundario del hongo, y las diferentes fases monocíclicas del hongo se dan libremente..

Figura 2. Resumen de los resultados del porcentaje de infección de cada uno de los tratamientos en las cuatro evaluaciones, Sabanilla, Alajuela. 1996.

	TRAT 1	TRAT 2	TRAT 3	TRAT 4	TRAT 5	TRAT 6	TRAT 7
1 EVAL	AB 30.06	A 19.00	BC 45.59	C 59.67	ABC 42.11	ABC 39.43	ABC 41.29
2 EVAL	40.82	24.68	46.8	52.17	44	48.02	78.51
3 EVAL	51.46	34.66	42.17	45.19	50.55	54.11	100
4 EVAL	ABC 66.68	A 32.19	A 34.27	AB 40.98	AB 6.41	BC 70.45	C 100

Nota: EectoPrueba de Duncan 5 %



CONCLUSIONES

1. El control de la enfermedad, que presentan los tratamientos 3 y 4, los cuales inician con el nivel más alto de incidencia del hongo, y evoluciona con una curva descendente posterior a la aplicación de los tratamientos. La base común de ambos, en cuanto al ph alcalino con un valor de 8,0, y el uso de la misma mezcla de fungicidas, evidencia que la base teórica con la que se inició el experimento, dan fundamento al cumplimiento de los objetivos establecidos, como son el uso de un caldo alcalino menor a 10, una mejor solubilidad de los cobres, una maximización del efecto fungicida, y una participación de los cationes divalentes (Na, Mg y Ca), reduciendo la captura del calcio de la pared celular por parte del ácido oxálico, concordando en esto último con los trabajos de Vargas (1990), en la Universidad de Costa Rica.
2. Los tratamientos 3 y 4, muestran un control eficiente del inóculo secundario del hongo *Mycena citricolor*, este evento es de gran valor en el control de este tipo de enfermedades policíclicas, las que en el tiempo se constituyen en una serie de fenómenos monocíclicos, los que se suceden de manera sistemática, y el efecto mostrado por estos dos tratamientos cortan esta serie de fenómenos aislados y truncan el desarrollo de la epifitía., inclusive reducen significativamente las posibilidades de reinfección. Esto sucede para el presente período y de esta manera se reduce el inóculo residual para el próximo ciclo de la enfermedad.
3. El cambio del ph del caldo de atomización hacia la banda alcalina, muestran de manera general un excelente control de la enfermedad, la alteración de la relación del ácido oxálico con su sal y el sistema buffer que se crea, es altamente alterado, por lo que el sistema cede y el ambiente es desfavorable para el hongo *M. citricolor*.
4. Para los tratamientos con ph 10, por sus resultados indican que este valor de ph reducen el efecto fungicida de los agroquímicos, debido probablemente al efecto de la hidrólisis alcalina.
5. El tratamiento 2 pone en evidencia un factor importante de retomar en futuras investigaciones como es la variaciones de los volúmenes de aplicación y la distribución del caldo de atomización. Los valores de porcentaje de infección y retención foliar, son muy favorables para este tratamiento, que se diferencia del tratamiento 1 únicamente en el volumen de aplicación.
6. Debe incursionarse con mayor intensidad en esta línea de investigación, en cuanto a la variaciones de ph del caldo de atomización, futuros trabajos permitirán valorar los resultados obtenidos en el presente trabajo, y podrían servir no solo para esta enfermedad, sino que la

base teórica permite pensar en enfermedades como Mal de hilachas (*Pellicularia Koleroga*), entre otras.

LITERATURA CONSULTADA

- AYER, W. Y BROWNE, L. 1990. Investigaciones químicas de los metabolitos tóxicos de *Mycena citricolor*, el agente causal del Ojo de Gallo del cafeto. En : Resumen Boletín de PROMECAFE
- DEACON, J. W. 1988. Introducción a la micología moderna Editorial LIMUSA-México-I Edición.
- MEYER, B.S. 1976. Introducción a la Fisiología Editorial EUDEBA. IV Edición-Argentina.
- TEWARI, D. P. 1991. Mecanismo de patogenesis y combate del ojo de gallo del cafeto causado por *Mycena citricolor*. En resumen del Taller Regional sobre roya, ojo de gallo y otras enfermedades del cafeto. San José, Costa Rica.
- VARGAS, E. 1996. Opciones al uso de fungicidas en el combate de ojo de gallo en café. En: X Congreso Nacional Agronómico. San José, Costa Rica, volumen II.
- WANG, A Y ARAUZ, L.F. Algunas consideraciones Epidemiológicas para el cultivo de ojo de gallo en el cafeto Universidad de Costa Rica. Documento mimeografiado.

BENEFICIADO

WASTE MANAGEMENT COFFEE INDUSTRY BOARD

Timon Waugh¹

SUMMARY

Coffee is the fourth most important agricultural crop in Jamaica. It contributes significantly to employment and agricultural export earning. Jamaica uses the "Wet Method of Processing", and the disposal of the large volume of highly polluted effluent associated with this process has been a challenge. Increase environmental awareness and pressure for other environmental bodies has led to a search for an effective Coffee Pulper Waste Management System. A critical look at ways to reduce the effluent volume without negative impact on quality of the product has yielded good results. Over 70% reduction in effluent volume has been obtained. By applying screening sedimentation and anaerobic treatment to the reduced volume of effluent, it is possible to meet the standard set by the regulatory body, which allow discharge to the river.

Key Word: Wet method, Coffee pulper, river, Jamaica

INTRODUCTION

Coffee was introduced to Jamaica in 1728. The first plant was brought into the island from Martinique by the then Governor, Sir Nicholas Lawes. Nine years after its introduction 182,600 kg, of green beans were exported. Peak production took place in 1814, when 15 million kg of green bean was exported. However, present production figures now stands at 2.8 million kg, green beans. Coffee is the fourth most important agricultural crop in Jamaica. The industry provides employment for over fifty thousand (50,000) persons directly and contributes seven percent (7%) of agricultural earnings and one

half (1/2%) gross domestic product (G.D.P).

Jamaica produces less than one half percent of the world's coffee production. In order to maintain its share of the market, Jamaica must compete on the basis of quality. Great emphasis is therefore placed on preserving and improving quality at every stage of production.

The wet method of processing coffee is used in the Jamaican Coffee Industry and as a result the coffee pulperies are all located near to a large and reliable source of water, usually a river. This method of processing cherry coffee is associated with the use of very large volume of water resulting in large volumes of highly

¹ Research & Development Officer, Coffee Industry Board

polluted effluent. The disposal of this effluent along with the pulp has been a major problem in Jamaica as well as in all coffee producing countries.

Most rivers into which pulper effluent is discharged are a source of domestic water supply to metropolitan areas downstream. Hence there is a critical need to control, treat and monitor the quality of effluent discharge from the pulperies. Increased environmental awareness, public pressure, three articles of legislation which controls the discharge of trade effluent and a more active enforcement body are among the factors which have led to this research.

In Jamaica 15L of water is required to process one kg of cherry coffee. At peak production the average pulperie could generate approximately 1 million liters of effluent per day. Disposal of such large volume of effluent with BOD in excess of 2,400 mg/l has been a challenge. The results presented in this paper is derived from research to deal with this problem.

Objective:

The aim of this research is the development of an efficient and economically feasible system for managing coffee processing waste, whilst preserving the quality of the product.

MATERIALS AND METHODS

The approach to waste management:

Since quality is of utmost importance in the Jamaican coffee industry, the first approach was to minimise any

changes in the process and rather focus on treatment of the polluted effluent. In pursuit of this, several treatment methods were experimented with. All methods showed some degree of success, but the volume of effluent proved to be too large.

In 1992 the Coffee Industry Board commenced serious investigation into ways of reducing the volume of water used in processing and consequently the volume of effluent generated at coffee pulperies while maintaining the quality of the product.

Water For Transportation:

Attempts were made to introduce non-hydraulic means of moving both waste and product through the processing line, but space limitations and high cost made it prohibitive. By changing the design of the conduit used in conveying the coffee and pulp through the pulperie, water requirement was significantly reduced. The conduits were changed from square to half round PVC pipe.

Adjustment of aqua pulpa:

Benthall Aqua Pulpa are the ones used in Jamaica and they are by far the largest user of water in the process, generating 60% of all effluent produced at the pulperie. By increasing the retention time of the coffee in the barrel of the aqua pulpa and drastically reducing the water, has as contributed to greater economy of water without any negative impact on the quality of the parchment.

Screening of effluent:

From theory and practical experience solid particle contribute between 50-

60 percent of BOD in waste water. Investigation have shown that Industrial sieves of 0.75mm spacing significantly reduce solid particles in the effluent and consequently the BOD of the effluent.

Sedimentation:

After screening significant amount of suspended solid still remained in the effluent, sedimentation was therefore tried as a means to remove these solids. Studies indicates that a retention time of two hours was adequate to obtain proper settling.

Anaerobic treatment:

Work done by the Scientific Research Council in Jamaica with technical assistance from the German Government has concluded that the upflow anaerobic sludge blanket (UASB) model is the most effective for treating coffee pulper effluent. Pilot plant study at the pulper has provided data needed for design and optimum operating conditions.

Work was also done on the gas (methane) production potential and on the quality of the gas produced. Potential uses of the gas was also examined.

RESULTS

Table 1. Water requirement at various points in the pulping process before and after modifications.

	Before Modification	After Modification	% Reduction
Water for Transportation	3L/kg	2L/kg	33.3%
Pulping Water	3L/kg	1L/kg	66.7%
Washing Water	9L/kg	1L/kg	89.0%
TOTAL	15L/kg	4L/kg	73.0%

In pulper operation there has been :

1. A 75% reduction in effluent generated at the pulper.
2. A 20% reduction in electricity usage
3. Significant savings in the cost for treating waste water at the pulper.

Table 2 Shows the changes in some parameter along the path of treatment.

	Before Treatment	After Screening	After Sedimentation	After Anaerobic Treatment
BOD mg/L	3060	920	290	30
COD mg/L	7200	1840	440	50
Suspended Solids mg/L	4400	1280	410	90
pH	3.6	4.4	4.8	5.9

Table 2, show:

- Screening remove approximately 70% of pollutants resent in coffe pulperry effluent as indicated by BOD, COD & Suspended Soils.
- Sedimentation also removes approximately 70% of pollutant entering the unit.
- The aerobic process achieves approximately 80-90% BOD & COD removal.

Comparison of the quality of coffee processed using the modification to that processed in the traditional way, revealed the following.

1. No difference in appearance of green beans.
2. No significant change in the rate of processing if cherry coffee is fresh.

3. A 20% reduction in the rate of processing if the cherry coffee is stale.
4. Marginal improvement in the body of the brew.
5. No significant change in the other aspects of cup quality.
6. No significant change in the percentage of beans damaged during processing.

CONCLUSION

1. The management of coffee processing waste must begin with an critical look of the process, with a view to reduce the volume of waste generated especially liquid waste.
2. The application of basic inexpensive water saving techniques can achieve significant reduction in the volume of waste generated.

3. Added benefits derived from techniques to reduced waste generated at the coffee pulperies are:
- a) reduction in electricity usage
 - b) reduction in cost of treating the effluent

BIBLIOGRAPHY

COFFEE INDUSTRY BOARD
Report on Biogas potential for the coffee industry in Jamaica -Scientific Research Council 1993

COFFEE INDUSTRY BOARD.
Short History of Coffee in Jamaica - 1728-1970 - Coffee Industry Board

COFFEE INDUSTRY BOARD
1995. Project Profile on the Abatement of Pollution at Coffee Pulperies - Coffee Industry Board

COFFEE INDUSTRY BOARD.
Action 1997. Plan for Pulperies Waste Management - Coffee Industry Board

VASQUEZ, R.; RODRIGUEZ, A.
1995. Coffee residual waters mission to Jamaica. ICAFE/PROMECAFE.

WAUGH T.AND WILLIS H. 1996,
Report on to Costa Rica September 1-5, 1996. Coffee Industry Board .

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y MOLECULAR DEL AGENTE CAUSAL DE LA CRESPERA DEL CAFÉ EN COSTA RICA.

Lisela Moreira,
Melanie Hord,*
William Villalobos,*
Viviana Vásquez,*
Juan José Obando,**
Carmen Rivera.**

RESUMEN

La enfermedad conocida en Costa Rica como crespada del café se caracteriza por inducir principalmente los siguientes síntomas: entrenudos cortos y proliferación de yemas laterales, deformación, clorosis y reducción del tamaño de la lámina foliar, y reducción del rendimiento. Estos síntomas son similares a los que causan algunos virus, viroides y micoplasmas en otros cultivos. Los objetivos principales de este trabajo son: 1-comprobar que la enfermedad es causada por un agente infeccioso y 2- identificar el agente causal de la crespada para posteriormente completar su caracterización. Para lograr el primer objetivo se están realizando pruebas de transmisión mediante inoculación mecánica de plantas de café sanas con savia de plantas enfermas y por injerto de púa utilizando ápices de planta enferma sobre un patrón sano. Para lograr el segundo objetivo y determinar si el agente causal es virus, viroide o micoplasma se están realizando varios tipos de ensayos: 1- búsqueda de partículas virales en extractos crudos y purificados parcialmente por tinción negativa, y de inclusiones virales en cortes de tejido foliar al microscopio electrónico de transmisión, 2- búsqueda de micoplasmas en cortes de tejido foliar por microscopía electrónica de transmisión y por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) utilizando iniciadores universales específicos, y 3- búsqueda de viroides mediante electroforesis secuencial de ácidos nucleicos totales extraídos de plantas enfermas. Una vez identificado algún patógeno asociado se realizarán pruebas de patogenicidad para comprobar si el agente encontrado es el causante de la enfermedad. Hasta la fecha se han observado por microscopía electrónica de transmisión, estructuras semejantes a micoplasmas asociadas a algunas plantas de café que presentan los síntomas descritos. Estos resultados se están corroborando por PCR. Sin embargo se debe descartar la presencia de otros patógenos o que la enfermedad sea producida por un complejo de ellos. Posteriormente se terminará de caracterizar el o los patógenos identificados. Este trabajo se realiza con la colaboración del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).

Palabras claves: Crespada del café, .caracterización biológica, molecular, agente causal, Costa Rica

* Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, fax 224-6749, e-mail crivera@cariari.ucr.ac.cr.

** Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE), San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica.

DESARROLLO DEL TANQUE RECOLECTOR DECANTADOR, COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA EN LA RECIRCULACION DE AGUAS DEL BENEFICIADO HÚMEDO

Br. Ind. Manuel Estuardo Solís¹

RESUMEN

Han transcurrido 12 años desde que se penso en la necesidad de poder reutilizar el recurso agua en los procesos del beneficiado húmedo, no obstante se ha logrado una reconversión gradual, y hoy día se puede afirmar que en Guatemala, los volúmenes de agua para el procesamiento del café pergamino seco, utilizan alrededor de 120 -150 litros de agua por quintal pergamino seco. Puede pensarse que no es gran ahorro, pero si comparamos los beneficios tradicionales (no tecnificados), los cuales tienen consumos estimados de 2,000 litros por quintal pergamino seco, se ha logrado bastante reducción. El tanque que se utiliza para recolectar el agua en los procesos de recirculación, ha estado en constante evolución a tal grado que la presente investigación la presente investigación tiene como propósito dar a conocer el desarrollo de los circuitos de recirculación de estas aguas, en los procesos tanto de despulpado como lavado del café, basándonos fundamentalmente desde los tanques recolectores hasta los recolectores-decantadores, los cuales tienen la función de eliminar las partículas más pesadas, espumas, materiales flotantes, etc., que tienden a reducir la eficiencia de los sistemas de bombeo. De igual manera se puede concentrar en este tanque varios circuitos para diferentes operaciones en el proceso de beneficiado húmedo tales como el lavado y transporte del grano a diferentes puntos.

Palabras claves: Beneficiado, aguas residuales, recirculación, Guatemala.

INTRODUCCION

En Guatemala a raíz de los problemas ambientales generados por los sub-productos del café (pulpa y aguas mieles), se han implementado tecnologías que se ajusten al giro agroindustrial de la caficultura, y para su efecto se ha implementado el desarro-

llo en forma gradual y sistemática con tecnologías nuevas en el proceso de beneficiado del café, teniendo como resultado principales: bajos costos de operación, reducción de la energía a utilizar y mecanización del transporte y lavado de grano. En la medida de poder introducir esta tecnología, no se dejó a un lado la im-

¹ Area de Beneficios, Anacafé, 5a. Calle 0-50 , zona 14

portancia del aprovechamiento racional del agua, con esto se quiere decir que los problemas operativos más importantes en el beneficiado han sido enfocados a la dependencia en cuanto al uso del agua. Estando a pocos pasos del año 2,000, se deben de aprovechar todos y cada uno de los sub-productos del café para un mejor entendimiento con el medio ambiente. Haciendo una reseña técnica, el Ing. Químico Juan Francisco Menchú (RIP), diseñó un sistema de recirculación de las aguas del despulpado, consistente en un tanque recolector con capacidad de 1.00mt³ - 1.25mt³ con el inconveniente de que la concentración de elementos indeseables (espumas, sólidos, sedimentables, etc.), reducía la eficiencia en los sistemas de bombeo, lo que dio origen al

diseño de un nuevo depósito que tuviera las estructuras necesarias para la separación y decantación de estos elementos. En el año de 1994 del área Suroriente de la República de Guatemala, el técnico agrónomo Daniel Santos evaluó los consumos de agua en este tanque, observando que éstas permanecían constantes durante la temporada de cosecha, modificando el tanque con base en los volúmenes requeridos para cada una de las etapas de ingreso de la cosecha al proceso, concluyendo que al inicio y al final de la cosecha dichos requerimientos de agua eran menores que durante el pico de producción, por lo que estas modificaciones consistieran en trabajar con dos volúmenes diferentes de agua según la necesidad de este recurso, al que se denominó

TANQUE DECANTADOR VARIABLE.

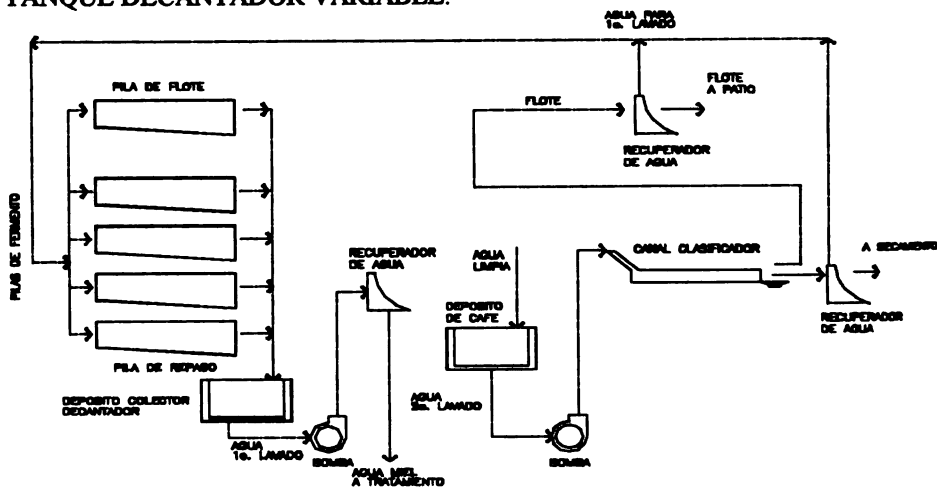


DIAGRAMA DE LAVADO

En 1995 surge una adaptación en el tanque decantador por parte del Ing. Carlos Ovalle De la Vega, que consiste en la adaptación de un nuevo depósito de bombeo para efectuar operaciones conjuntas, tanto de reciclaje de agua como de lavado y transporte del grano, denominado tipo Ostuncalco, o de doble cabeza

Objetivo:

Incorporar a la infraestructura de beneficiado un sistema que permita disminuir los volúmenes de agua a utilizar en el proceso de despulpado, lavado y clasificación del grano. Incrementar la eficiencia en cuanto a las operaciones de lavado y transporte mecánico del grano procesado.

Disminuir la densidad de las aguas del proceso por medio de la separación de los materiales sedimentables y flotantes, haciendo más eficiente los sistemas de recirculación.

ción rectangular con dimensiones variables, directamente proporcionales a la capacidad instalada de cada uno de los beneficios. Los materiales utilizados para la construcción de dicho depósito consisten en:

- Block de pómez, dimensiones 0.15 x 0.15 x 0.40
- Cemento gris nacional
- Hierro corrugado de 3/8" de diámetro
- Hierro liso de 1/4"
- Arena de río
- Piedrín de 1/2
- Tubería de PVC para drenaje de 4" de diámetro
- Bomba sumergible para sólidos, de impeller abierto
- Filtro separador de sólidos y líquidos

La metodología a utilizar es la misma para cualquier obra civil.

MATERIALES Y METODOS

RESULTADOS Y DISCUSION

El diseño del tanque recolector decantador, consiste en una construc-

Para el efecto la Tabla 1 muestra las dimensiones de cada uno de los decantadores según la capacidad instalada:

Tabla 1: Dimensiones de los decantadores.

Capacidad Instalada en el Beneficio	Tipo de Decantador	Dimensiones	Volúmenes de Agua a Utilizar
100 qq /cereza/diario	Chiquim Uaxcux	3.00mts x 1.00mts x	1,500 lts de agua
		0.80cm + 0.50cm	3,000 lts de agua
500 qq/cereza/diario	Santos	4.00mts x 1.00mts x	2,000 lts de agua
		1.10mts + 0.60cm	4,000 lts de agua
2,000 qq/cereza/diario	Ostuncalco	6.00mts x 1.00mts x	3,000 lts de agua
		1.10 mts + 0.60cm	6,000 lts de agua

CONCLUSIONES

Se considera inadecuado el uso de grandes volúmenes de agua, para el efecto es necesaria la implementación de un sistema de recirculación que se ajuste a la necesidad de cada beneficio.

Debido a que en la recirculación la carga de elementos solubles en suspensión aumenta, se observó un menor tiempo de fermentación, por consiguiente la retención del grano en las pilas de fermento es mas corta.

BIBLIOGRAFIA

ADOLFO BARRIOS. Diseño de un Prototipo para Eliminar Me-

cánicamente y de Forma Continua el Mucflago del Café. Tesis. Guatemala, Guatemala. 1,994. 54 Pag.

CESAR RODAS. Utilización Integral de los Subproductos de Café. Guatemala, Guatemala. 1,987. 162 Pag.

JUAN FRANCISCO MENCHÚ. Manual de Beneficiado Húmedo de Café. Guatemala, Guatemala . 1,973 . 96 Pag.

RODRIGO CLÉVES. Tecnología en Beneficiado de Café. San José, Costa Rica. 1,995. 201 Pag.

INFILTRACIÓN Y EVAPORACIÓN DE AGUA DEL LAVADO DEL CAFÉ EN EL BENEFICIO EL 77, CHALCHUAPA, EL SALVADOR

*Gerardo Lardé¹
Luis Alonso Saravia²*

RESUMEN

La medición de la infiltración y la evaporación que ocurren en las lagunas de estabilización para aguas residuales es básica para evaluar el impacto ambiental y analizar las mejoras al diseño y funcionamiento de las lagunas. En el beneficio de café El 77 se hizo un estudio con este propósito, con agua del lavado a una concentración de sólidos totales de 20.8 kg/m³ y se utilizó un cilindro de infiltración y un tanque de evaporación metálicos. La tasa de infiltración varió de 4.8 cm/día en el primer día a 0.3 cm/día a los 34 días con fluctuaciones relativamente altas en ciertos intervalos; se ajustó a los datos la ecuación de Kostiakov $\ln I = 1.223 - 0.528 \ln t$, $r = 0.555$ en la que I es la tasa de infiltración en cm/día y t es el tiempo transcurrido en días. Con este modelo se calculó una tasa de infiltración límite de 0.32 cm/día a los 90 días y una de 0.24 cm/día a los 150 días; el volumen total infiltrado durante 90 días se calculó en 11 050 m³ y el infiltrado durante 150 días en 14 350 m³. La tasa de evaporación osciló alrededor de una media de 0.6 cm/día, valor que equivale a 122.4 m³ eliminados diariamente. Con estos datos y con las dimensiones de las lagunas se estableció que la capacidad de lagunaje es conforme a la producción y al consumo de agua del beneficio, aunque hay un alto riesgo de contaminación para el manto freático. La consistencia de los datos validó el procedimiento experimental utilizado.

Palabras claves: aguas residuales, beneficiado del café, lagunas de estabilización, infiltración, evaporación de agua, lavado del café, El Salvador.

INTRODUCCIÓN

El beneficio de café "El 77" se encuentra situado a 2.5 km al este de la ciudad de Chalchuapa, en un valle in-

terior perteneciente a la cuenca del Río Pampe, a una altitud de 700 m.s.n.m. (7). Los suelos son de origen relativamente reciente, aluviales y grumosos arcillosos (5,6).

¹ Investigador en Desechos Industriales, Programa de Mejoramiento Genético y Calidad Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, Final Primera Avenida Norte, Nueva San Salvador, El Salvador

² Técnico Agrometeorólogo, Unidad de Sistemas de Información, Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café

A 800 m al norte del beneficio se encuentra el manantial Amulunga, importante fuente de agua para los pobladores de la zona, quienes en el pasado han acusado explícitamente a la empresa propietaria del beneficio de contaminar el agua (8,9).

El beneficio produce típicamente por cosecha, 2 765 t de café listo para la exportación o café oro (CO). Tecnológicamente se puede considerar relativamente avanzado en lo que a la maquinaria, el consumo de agua y el manejo de los desechos del café se refiere. Según mediciones realizadas por técnicos de la empresa, en el despulpado se consumen 1.8 l agua/kg CO y en el lavado 5.1 l agua/kg CO, lo que equivale a 19 200 m³ de agua consumida por cosecha para la producción típica ya indicada.

Las aguas residuales se disponen en 17 lagunas interconectadas de una manera más bien compleja y situadas en una extensión de 2 ha; la capacidad disponible apenas excede el consumo total de agua en una temporada típica de beneficiado. En general, se procura que una o más lagunas reciban el flujo del desecho líquido, mientras que en otras procede la infiltración y la evaporación. Las lagunas pueden caracterizarse como facultativas de retención (1).

Para manejar más eficientemente las lagunas y determinar el impacto ambiental de este método de tratamiento, se necesitan conocer las tasas a las cuales se infiltra y evapora el agua residual. Este informe presenta los resultados de un estudio realizado con ese propósito, en diciembre de 1995 y enero de 1996.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó agua residual rica en sólidos totales (20.8 kg/m³), proveniente del lavado de los granos fermentados. La infiltración se midió con un cilindro de 75 cm de altura y 120 cm de diámetro construido con lámina de hierro de 2 mm de espesor. El cilindro se enterró 15 cm con el fin de evitar fugas de agua que pudieran perturbar las mediciones, se niveló y con tierra se hizo un pequeño bordo alrededor de la base para reducir aún más los riesgos de fuga. Se recubrió la pared interna del cilindro y el piso con un plástico grueso que se retiró suavemente después de haber llenado el recipiente. Este procedimiento aseguró que las lecturas comenzaran a partir de un instante inicial claramente definido sin perturbar drásticamente el suelo del fondo.

La evaporación se midió en un recipiente con las mismas dimensiones de un tanque de evaporación "clase A" (30 cm de altura y 120 cm de diámetro), del mismo tipo de lámina ya mencionado. Al cilindro de infiltración se le dió mayor altura para compensar la tasa de infiltración mayor que la de evaporación durante las primeras semanas. El cilindro y el tanque se colocaron en el fondo de una laguna seca, y se llenaron dos veces, al inicio y 11 días después para compensar las pérdidas.

Las tasas de infiltración y evaporación se determinaron mediante la medición del nivel decreciente del agua en los recipientes, con una regla metálica graduada que se colocó en la misma posición en cada lectura. La primera se calculó restando la lectura

del tanque de evaporación del agua residual, de la lectura del cilindro de infiltración.

RESULTADOS

La tasa de infiltración varió de 4.8 cm/día en el primer día a valores no mayores que 0.3 cm/día entre los 30 y 34 días, periodo en el que no se detectó ningún descenso en el nivel del agua en tres días. Hubo fluctuaciones relativamente amplias durante ciertos intervalos, fenómeno que se ha observado con efluentes orgánicos domésticos aplicados intermitentemente (10); no obstante, la tendencia fue una disminución gradual de la tasa de infiltración. Se ajustó a los datos experimentales la siguiente ecuación de Kostiakov (3):

$$\ln I = 1.223 - 0.528 \ln t \\ r = -0.555 \quad [1]$$

I : tasa de infiltración , cm/día
t : tiempo transcurrido , días

Las bondades del modelo de Kostiakov para describir los fenómenos de infiltración permiten extrapolar la ecuación anterior más allá del intervalo experimental, a pesar del valor mediano del coeficiente de correlación atribuible a las fluctuaciones observadas. El modelo proyecta una tasa de infiltración de 0.32 cm/día a los 90 días y de 0.24 cm/día a los 150 días, ambos periodos típicos en que las lagunas se hallan en operación. Las dos tasas límites están en el mismo orden de magnitud que las encontradas después de 74 días en el Bene-

ficio Belén, en el valle de Zapotitán, con un suelo de textura franco arcillosa: 0.35 cm/día para agua del lavado cruda y 0.69 cm/día para agua del lavado después de ser tratada primariamente con cal comercial. Valores límites entre 0.3 cm/día y 0.9 cm/día se han obtenido después de 20 semanas, con suelos de textura franca, franco arcillosa, franco limosa y franco arenosa con estiércol bovino diluido hasta 25 kg DBO/m³, nivel comparable al de las aguas residuales del café (4).

El volumen de agua que se habrá infiltrado después de transcurrido un periodo dado se puede determinar por integración, según lo describe Gavan de (3). Para el sistema completo de lagunas del beneficio "El 77", se calcula mediante la siguiente fórmula derivada de la ecuación [1] con dicho método:

$$V = 1445.4 (t^{0.472} - 0.721) \quad [2]$$

V : volumen de agua residual infiltrado en el periodo t, m³

Así, a V corresponde un valor de 11 050 m³ para 90 días y uno de 14 350 m³ para 150 días, equivalentes a 57% y 75% del consumo de agua por cosecha típica, respectivamente. El riesgo ambiental que pende sobre la fuente de Amulunga es evidente.

Igualmente, la tasa de evaporación mostró amplias variaciones pero claramente alrededor de un valor medio [E = 0.6 cm ± 0.2 cm (25), 0 ± D.E.(n)] que equivale a 122.4 m³ eliminados diariamente. De acuerdo con la ecuación [1], la tasa de infiltración fue menor que la tasa de evaporación media a partir de los 30 días.

CONCLUSIONES

El método utilizado para medir la infiltración y evaporación de aguas residuales es apropiado por su sencillez y por la consistencia de los datos que se obtienen.

El sistema de lagunas en el beneficio El 77 es suficiente para el volumen de aguas residuales producidos en una cosecha típica.

El riesgo de contaminación del manto freático por las aguas residuales del beneficio El 77 es alto.

BIBLIOGRAFIA

CORBITT, R.A. 1990. Wastewater disposal. In Standard Handbook of Environmental Engineering. Ed. by R.A. Corbitt. s.l., McGraw-Hill. p. 110-115.

EL SALVADOR. CENTRO DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. ¿1992? Almanaque Salvadoreño 1993. San Salvador. p. 49, 84-91.

GAVANDE, S.A. 1991. Física de suelos; principios y aplicaciones. México D.F., Limusa. p. 203-206.

HILLS, D.J. 1976. Infiltration characteristics from anaerobic

lagoons. Journal Water Pollution Control Federation (EE.UU.) 48(4) : 695-709.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (SALV.). 1979. Atlas de El Salvador. 3ed. El Salvador. p.17, 23.

1979. El Salvador; clasificación de suelos. Esc. 1:750 000. Color. In: Atlas de El Salvador. 3ed. El Salvador. 1 p (entre p.23 y 25).

1982. Chalchuapa. s.l. Esc. 1:25 000. Color.

PELIGRO DE contaminación denunciada en Santa Ana. 1994. El Mundo, San Salvador (Salv.); Dic. 15 : 14.

SALGUERO, M. 1996. Denuncian a beneficios por contaminar fuente. La Prensa Gráfica, San Salvador (Salv.); Enero 5 : 52-A.

SIEGRIST, R.L. 1987. Soil clogging during subsurface wastewater infiltration as affected by effluent composition and loading rate. Journal of Environmental Quality (EE.UU.) 16 (2) : 181-187.

THE POTENTIAL USE OF COFFEE PULP IN FISH CULTURE

J. B. Ulloa Rojas*

SUMMARY

This study discusses several assays to upgrade coffee pulp (CoP) and the findings on the use of CoP in diets for tilapia (*Oreochromis aureus*). The following treatments were applied to fresh CoP: NaOH (5 and 10% for 1 or 2 days); HCl (1.5 and 3.0M for 1 day) combined with NaOH (5% for 2 day); NaOH (5% for 2 day) combined with Ensilage (5 and 10% molasses for 2 and 3 months); and Ensilage (0, 5 and 10% molasses for 2 and three months). Despite the content of some fibres and ash increased, it was determined that NaOH and Ensilage treatments were the best in improving the nutritional value, specially because of the reduction in phenols, tannins and caffeine. Diets containing 0, 13, 26 and 39% CoP treated with 5% NaOH were formulated to feed tilapia fingerlings cultured in both aquaria and pen systems. In the aquaria trial a progressive reduction on the growth rate (from 0.64 to 0.11 g/fish/d) was found as dietary CoP increased. In pens, the growth rate reduction was smaller (from 1.26 to 0.67 g/fish/d) and tilapias fed diets containing 0 and 13 % CoP grew equally fast. The high dietary fiber levels in CoP-diets were suspected to be responsible for the tilapia growth reduction. Natural food available in the pens could explain the growth differences between both culture systems.

Key word: coffee pulp, fish culture, tilapia (*Oreochromis aureus*),

INTRODUCTION

The use of coffee pulp (CoP) in fish production systems has shown variable results. García and Bayne (1974) and Bayne et al. (1976) found that *Tilapia aurea* grew at the same rate or faster with diets containing 30% CoP than fish raised with a control diet or in ponds treated with chicken manure, respectively.

Further, Fagbenro and Arowosoge (1991) determined an increasing growth reduction in catfish with increasing dietary CoP from 0 to 30%, but they concluded that CoP has potential for fish diets. However, Christensen (1981) concluded that CoP at 30% of the diet significantly depressed the growth response of common carp and catfish. As results are controversial, more research is

* Programa UNA-LUW, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia 86-3000, Costa Rica.

needed to elucidate the feasibility CoP inclusion.

The use of CoP in fish diets may be restricted by its high levels of antinutritional factors (ANF's) and cell wall constituents. These factors could interfere with nutrient availability and digestion by fish but also could induce toxicity (high K level) and low feed acceptability (Jarquin *et al.* 1971 in: García and Bayne 1974). In order to incorporate CoP in high levels in fish feeds, these factors should be reduced or destroyed.

Objectives:

This study discusses the current findings on the use of CoP use in fish feeds, especially tilapia (*Oreochromis aureus*). It also addresses the issue of upgrading CoP.

MATERIAL AND METHODS

The upgrading of CoP was tested by the following treatments: 1) Ensilage (0, 5 and 10% molasses for 2 and 3 months); 2) NaOH (5 and 10% for 24 and 48 h); 3) HCl (1.5 and 3.0 M for 24 h) combined with NaOH (5% for 48 h); 4) NaOH (5% for 48 h) combined with Ensilage (5 and 10% molasses for 2 and 3 months). The proximal composition of CoP, the contents of neutral detergent (NDF) and acid detergent (ADF) fibres, cellulose, hemicellulose, caffeine, polyphenols and tannins were evaluated in the different CoP-treated samples.

The CoP treatment with the best results was used to formulate diets

with 13, 26 and 39% CoP for tilapia fingerlings. Fish growth and feed utilization were evaluated in a closed aquarium system and in pens held in an earthen pond. The pens had a low water exchange, enabling the examination of the effect of the natural productivity on the growth parameters of *O. aureus*. In the aquaria, the culture period was 56 days and feed was given "*ad libitum*" whereas in the pens, the period was 130 days and feed was given as a percentage of body weight per day adjusted every three weeks.

RESULTS

Upgrading of CoP: The addition of NaOH or HCl/NaOH to CoP resulted in higher contents of fat, ash, NDF, ADF and hemicellulose and in lower contents of polyphenols, tannins and caffeine (Table 1). The alkali could produce some phenolic acids release reducing the phenolic content (Klopfenstein 1994). True protein (except for the lower value with HCl/NaOH) and cellulose were unaffected by treatments. The discrepancies in the effect of NaOH on CoP might be explained by variability in the composition of the CoP and in the treatments used.

The NaOH-ensilage and ensilage of CoP also showed variable results but in general, their nutritional quality was found superior to dried fresh CoP. The increment in true protein and fat levels may be a result of bacterial growth on CoP, but the higher ash contents could result from the molasses and residual NaOH. The

effects on the cell wall components and on the polyphenols, tannins and caffeine showed some differences with other studies (Table 1). However, the polyphenols and tannins values in ensiled CoP tended

for lower values which could be also produced by leaching in the draining liquid (Murillo 1979). The variability in CoP composition and in treatments used in the silages studies may explain the differences found.

Table 1. Effect of the different chemical and biological treatments applied to coffee pulp (CoP) on its composition and comparison with published results.

Treatment	TProt	Fat	Ash	NDF	ADF	Cellul	Hemic	Phenols	Tannins	Caffeine	Ref.
Ovendried	8.0	2.9	8.9	38.8	38.6	28.6	0.2	2.0	0.7	1.8	This
NaOH	=	+	+	+	+	=	+	-	-	-	This
NaOH	= ⁽¹⁾			+ ⁽²⁾		=	+	-	=		A
CaOH ₂	- ⁽³⁾	=		- ⁽⁴⁾	+	=	+	- ⁽⁵⁾	-	=	B
HCl/NaOH	-	+	I	+	=	-	+	-	-	-	This
NaOH/Ens.	+	+	I	+	-	-	+	-	-	-	This
Ensilage	+	+	I	=, +	+	+	=	-	-	=	This
Ensilage	+ ⁽¹⁾	=	I	+	-	-	=	-	-	=	C
Ensilage	=, - ⁽³⁾			-		+	+		=, -	-	D
Ensilage	+ ⁽³⁾		-	+ ⁽²⁾					=	-	E
Ensilage	- ⁽³⁾	+	-	- ⁽⁴⁾				- ⁽⁵⁾	-	-	F

⁽¹⁾: total nitrogen, ⁽²⁾: Cell walls, ⁽³⁾: Crude protein, ⁽⁴⁾: Crude fibre, ⁽⁵⁾: Chlorogenic acid.

TProt: True protein, Cellul: cellulose, Hemic: Hemicellulose.

Ref.: A: Egaña et al. (1977) in: Gómez (1979), B: Bendaña (1977) in: Gómez (1979), C: Murillo et al. (1976), D: Murillo (1979), E: Bressani and Braham (1980), F: Gómez et al. (1985).

- : decrease, + : increase and = : similar, as compared to fresh ovendried CoP. Empty space: not measured.

The use of CoP in fish feeding in different culture systems: In the closed recirculating system, fish growth rate (GR) and feed intake decreased at higher CoP dietary levels whereas the feed conversion increased ($P < 0.05$). In pens, the reduction in GR was smaller and fish fed the diet with 13% CoP had a similar GR as those fed the

control diet ($P > 0.05$). This concurs with findings of Bayne et al. (1976). The food conversion was better in the aquaria than in the pens for diets D1 and D4 (Table 2). The fact that fish were fed at satiation in the aquaria could explained these differences in food conversion between culture systems.

Table 2. Average values of body weight, growth rate (GR), feed conversion (FC) and feed intake (FI) of fingerlings *O. aureus* fed diets with different CoP levels under two culture systems.

Parameters	DIETS (%CoP)			
	DI (13)	D2 (26)	D3 (39)	D4 (0)
AQUARIA				
Initial weight (g)	7.05 a	6.99 a	7.23 a	7.23 a
Final weight (g)	31.34 b	15.63 c	7.42 d	44.96 a
GR (g/fish/d)	0.43 b	0.15 c	0.01 c	0.68 a
FC	1.46 c	2.15 c	7.68 a	1.24 c
FI (g/fish/period)	33.0 c	16.6 b	6.4 a	46.3 c
PENS				
Initial weight (g)	9.98 ab	9.32 ab	9.15 a	10.51 b
Final weight (g)	171.5 a	144.8 b	97.8 b	175.1 a
GR (g/fish/d)	1.35 a	0.94 b	0.75 c	1.18 a
FC	1.98 ab	2.03 ab	2.41 b	1.88 a

abc means in the same row with different letter showed significant differences ($P < 0.05$).

CONCLUSIONS

All treatments increased the ash, fat and protein (except HCl/NaOH) contents and also increased the cell wall components (except cellulose) of CoP. However, the silages presented variable effects especially with the NDF and ADF. The NaOH and silage treatments appear the most appropriate for improving the nutritional value of CoP, especially by reducing the ANF's (polyphenols, tannins and caffeine)

Despite the low dietary levels of ANF's in the treated CoP, a depressed fish growth was found at increased CoP levels in both systems (aquaria and pens). This may be caused by the high dietary fiber levels. Contrary to aquaria, CoP up to 13% of diet supported similar growth as with the control diet when tilapia were raised in pens at 1.5 fish/m³. The pond

natural productivity could explain this result and the higher growth rates found in pens. The higher food conversion values found in pens for some diets could result from the overfeeding due to the feeding strategy used. The present results have showed that the potential inclusion of CoP in tilapia diets may be limited up to 13% when fish are raised in earthen ponds.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the Program UNA-LUW/Ciencias Acuáticas, ECB, Universidad Nacional, Costa Rica and by the Wageningen Agricultural University, The Netherlands. Thanks to the coffee research center (CICAFE) for doing the caffeine analysis.

BIBLIOGRAPHY

- BAYNE, D.; DUNSETH, D. AND C. GARCÍA. 1976. Supplemental feeds containing coffee pulp for rearing *Tilapia* in Central America. *Aquaculture*, 7: 133-146.
- BRESSANI, R. AND J. BRAHAM. 1980. Utilization of coffee pulp as animal feed. In: ASIC, 9th Colloquium on Coffee. London, England. 303-323 p.
- CHRISTENSEN, M. 1981. Preliminary tests on the suitability of coffee pulp in the diets of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and catfish (*Clarias mossambicus* Peters). *Aquaculture*, 25: 235-242.
- FAGBENRO, O. AND A. AROWOSOGÉ. 1991. Growth response and nutrient digestibility by *Clarias isheriensis* (Sydenham, 1980) fed varying levels of dietary coffee pulp as replacement for maize in low-cost diets. *Bioresource Technology*, 37: 253-258.
- GARCÍA, C. AND D. BAYNE. 1974. Cultivo de *Tilapia aurea* (Steindachner) en corrales con alimentación suplementaria. FAO, *Carpas 16/74/SE 9*. Report N° 248, Montevideo. 19 p.
- GÓMEZ, R. 1979. Processing of coffee pulp: Chemical treatments. p. 71-81. In: *Coffee Pulp. Composition, technology and utilization*. Braham, J.; Bressani, R. (Eds.). IDRC, Ottawa, Canada. 95 p.
- GÓMEZ, R., BENDAÑA, G., GONZÁLEZ, J., BRAHAM, J. Y R. BRESSANI. 1985. Relación entre los niveles de inclusión de pulpa de café y el contenido proteínico en raciones para animales monogástricos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 35: 423-436.
- KLOPFENSTEIN, T. 1994. Crop residue use in animal feed. In: *Managing agricultural residues*. Vol. 15. Unger, P. (Ed.). Lewis Publishers, USA. 448 p.
- MURILLO, B.; DAQUI, L.; CABEZAS, M. AND R. BRESSANI. 1976. Pulpa y pergamino de café. XI. Características químicas de la pulpa de café ensilada con pasto Napier (*Pennisetum purpureum*) y planta de maíz (*Zea mays*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 26: 33-45.
- MURILLO, B. 1979. Coffee pulp silage. p. 55-61. In: *Coffee Pulp. Composition, technology and utilization*. Braham, J.; Bressani, R. (Eds.). IDRC, Ottawa, Canada. 95 p.

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS LÍQUIDOS DEL CAFÉ EN EL SALVADOR

*Gerardo Lardé¹,
Ernesto Velázquez Zarco,
Noé Rodríguez,
Óscar Hernández,
Saúl Jacinto,
Efraín Ortiz,
Luis Tobar,
Walter Zelaya*

RESUMEN

En 31 beneficios de café se estudió el consumo de agua y se caracterizaron los desechos líquidos. En el agua de despulpado, el pH varió entre 4.1 y 5.3 con una media de 4.5; la demanda química de oxígeno, entre 2.4 y 91.6 kg/m³ con una media de 21.9 kg/m³; los sólidos totales, entre 1.4 y 35.3 kg/m³ con una media de 13.4 kg/m³; los sólidos volátiles, entre 1.0 y 29.0 kg/m³ con una media de 11.5 kg/m³ y la turbiedad entre 172 y 9 925 UNT con una media de 2 181 UNT. En el agua de lavado, el pH varió entre 3.9 y 5.0 con una media de 4.4; la demanda química de oxígeno, entre 3.0 y 59.5 kg/m³ con una media de 17.0 kg/m³; los sólidos totales, entre 1.7 y 29.1 kg/m³ con una media de 10.9 kg/m³; los sólidos volátiles, entre 1.4 y 26.5 kg/m³ con una media de 9.5 kg/m³ y la turbiedad entre 117 y 6 965 UNT con una media de 1 819 UNT. En el jugo de pulpa de café, el pH varió entre 4.5 y 4.85 con una media de 4.7; la demanda química de oxígeno, entre 11.9 y 101.2 kg/m³ con una media de 67.7 kg/m³; los sólidos totales, entre 28.5 y 85.5 kg/m³ con una media de 49.6 kg/m³; los sólidos volátiles, entre 20.1 y 64.1 kg/m³ con una media de 37.5 kg/m³ y la turbiedad entre 350 y 2 500 UNT con una media de 1 264 UNT.

Por producción de café oro (café verde), el consumo de agua en el lavado varió entre 0.6 y 17.8 dm³/kg con una media de 6.1 dm³/kg; en el despulpado, entre 0 y 23.8 dm³/kg con una media de 4.4 dm³/kg; en la limpieza del equipo, entre 0.02 y 1.0 dm³/kg con una media de 0.3 dm³/kg y en el proceso total, entre 3.2 y 41.8 dm³/kg con una media de 10.4 dm³/kg.

El 65% de los beneficios tiene un consumo total de agua entre 3.3 y 9.9 dm³/kg; el 50%, un consumo de agua en el lavado menor que 4.9 dm³/kg, y el 77%, un consumo de agua en el despulpado menor que 4.9 dm³/kg.

Palabras claves : beneficiado del café, consumo de aguadesechos líquidos, agua de proceso, análisis químicos

¹ Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, Programa de Mejoramiento Genético y Calidad, Final Primera Avenida Norte, Nueva San Salvador, El Salvador.

INTRODUCCIÓN

Un rasgo del beneficiado del café, según se practica en El Salvador, es la recirculación del agua que se utiliza en la etapa previa al despulpado y en menor medida del agua con la que se transporta el grano lavado, lo que se combina con un manejo relativamente aceptable de las aguas residuales. Aunque algunos autores presentan datos sobre el consumo de agua y las características fisicoquímicas de los desechos líquidos del café (1,2,3,4) ha faltado una investigación sistemática de estos temas. Con el propósito de llenar este vacío, se realizó un estudio de octubre de 1996 a febrero de 1997.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en 31 beneficios de café que representan la tercera parte del total, situados en las zonas occidental, central y oriental de El Salvador. La muestra fue representativa en la medida que abarcó instalaciones de diferente tamaño, con diversa disponibilidad de agua y situados en diferentes ambientes geográficos. Se tomaron muestras de aguas residuales, se colocaron en contenedores con hielo y de esta forma se traslada-

ron al laboratorio. Las muestras se tomaron en un punto y en un momento específicos, método válido en los casos que se desean obtener propiedades estadísticas básicas de ciertas variables. Se efectuaron tres visitas por beneficio como mínimo.

Los análisis se hicieron según métodos estándar (5): el pH se determinó potenciométricamente; la demanda química de oxígeno (DQO), fotométricamente; los sólidos totales y los sólidos volátiles, gravimétricamente; y la turbiedad, turbidimétricamente. El consumo de agua se midió mediante el aforo de los chorros del agua utilizada en las diferentes etapas del beneficiado. La cantidad de café procesado el día de la medición se registró para referir los cálculos a la unidad de producción.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan en los cuadros 1 y 2. En cuanto a la utilización del agua, el 65% de los beneficios tiene un consumo total de agua por producción de café oro entre 3.3 y 9.9 dm³/kg; el 50%, un consumo de agua en el lavado menor que 4.9 dm³/kg, y el 77%, un consumo de agua en el despulpado menor que 4.9 dm³/kg.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los desechos líquidos del café ¹

Tipo de secado	pH	Demanda Química de oxígeno (Kg/m ³)	Sólidos Totales	Sólidos Volátiles (Kg/m ³)	Turbiedad (UNT) (Kg/m ³)
	4.1-5.3	2.4-91.6	1.4-35.3	1.0-29.0	172-9925
Agua de despulpado	4.5±0.3 (30)	21.9±18.9 (30)	13.4±8.2 (26)	11.5±7.0 (24)	2181±2467 (30)
	3.9-5.0	3.0-59.5	1.7-29.1	1.4-26.5	117-6965
Agua de lavado	4.4±0.3 (30)	17.0±14.2 (30)	10.9±7.3 (29)	9.5±6.5 (29)	1819±1567 (30)
	4.50-4.85	11.9-101.2	28.5-85.5	20.1-64.1	350-2500
Jugo de pulpa de café	4.7±0.1 (8)	67.7±29.1 (8)	49.6±19.1 (8)	37.5±16.5 (8)	1264±832 (8)

¹ Rango , Media ± desviación estándar (Número de observaciones)

Cuadro 2. Consumo de agua en el beneficiado de café en El Salvador

Etapas del proceso	Consumo por producción de café oro ¹ (dm ³ /kg)
Lavado	0.6 - 17.8
	6.1 ± 3.8
	(31)
Despulpado	0 - 23.8
	4.4 ± 4.8
	(31)
Limpieza del equipo	0.02 - 1.0
	0.3 ± 0.3
	(27)
Proceso total	3.2 - 41.8
	10.4 ± 7.7
	(27)

¹Rango. Media ± desviación estándar . (Número de observaciones)

CONCLUSIONES

1. La demanda química de oxígeno, el nivel de sólidos totales y volátiles, y la
2. Turbiedad son más bajos en el agua de lavado que en el agua de despulpado.
3. El jugo de la pulpa de café difiere notoriamente del agua de despulpado y del lavado.
4. Excepto en el pH, hay gran variabilidad en las propiedades de los desechos líquidos del café.
5. Se consume menos agua para llevar los frutos a las despulpadoras que en el lavado del café.
6. El consumo de agua utilizada para la limpieza del equipo es bajo.
7. Hay una gran variabilidad en el consumo de agua en los beneficios de café de El Salvador.

RECONOCIMIENTOS

El ingeniero Luis Tiraboschi asesoró en la realización de las diferentes etapas del estudio.

BIBLIOGRAFIA

ÁGREDA HENRÍQUEZ, M.D.;
SANTILLANA ARGUETA,
W.; MARROQUÍN, L.H.;
AGUILLÓN, F.S.; ORDÓ-

ÑEZ SANDOVAL, A.A.,
AGUILAR PEÑATE, M.E.
1983. Contaminación ambiental provocada por las aguas mieles de la agroindustria del café en la zona occidental. Santa Ana, Salv. ; Centro Universitario de Occidente. 2, 59p.

BLACK, H.H. 1961. Engineering studies of coffee mill wastes in El Salvador, C.A.; october 18 - november 9, 1960. Cincinnati, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center. 3, 55 p.

GÁMEZ, S.; WASSER, R. ¿1993? Mejoramiento en el beneficiado del café; un reto en aspectos energéticos y ambientales. San José, C.R., PEIC-CE. 54 p. Informe final de la Acción Cuenca en el Río Pampe, El Salvador.

QUINTANILLA M., R. 1996. Informe final para el proyecto "Investigación de la optimización del recurso agua en los beneficios de café". San Salvador, Salv. p. irr.

WATER ANALYSIS handbook. 1992. Loveland, Colo. ; Hach Company. p. 488-489, 491-492, 511-512, 604, 611.

RECTOR ANAEROBIO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIO, SAN JUANILLO, NARANJO, COSTA RICA

Ing. Rick Wasser¹

RESUMEN

Para la realización de la última etapa del Convenio de Cooperación Interinstitucional, la cual tiene como objetivo la eliminación de materia orgánica disuelta en las aguas residuales, el ICAFE ha promovido una serie de proyectos e investigaciones para contestar preguntas referentes a la factibilidad técnica y economía de las diferentes alternativas de tratamiento que están a la disposición del sector cafetalero.

Un elemento de este programa fue el proyecto "Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales del Café en Costa Rica", financiado por la embajada de Holanda y ejecutado por BTG Biomas Technology Group B.V. de Holanda².

Una de las actividades en este proyecto fue el desarrollo de un proceso de reactores anaerobios de bajo costo, adaptado a las condiciones de los beneficios costarricenses. El proceso desarrollado fue construido y fue puesto en marcha durante la cosecha 1996-97.

Paralelamente se ejecutó un programa de monitoreo técnico, con el fin de establecer el potencial de descontaminación, el desarrollo biológico durante la puesta en marcha, la estabilidad de operación y los costos de inversión y de operación. Objetivo del monitoreo fue de establecer los alcances del proceso de reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales del café, en términos de remoción de materia orgánica, capacidad de tratamiento, estabilidad del proceso y economía.

Palabras claves: Tratamiento de aguas residuales, beneficio, rector anaerobio, Costa Rica.

¹ Instituto del Café de Costa Rica, Servicio Nacional de Electricidad, Ministerio de Salud Pública e Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados: Convenio de Cooperación Interinstitucional. San José de Costa Rica, 1992. ICAFE, circular No. 370, 7 setiembre 1992.

² Los resultados de esta investigación son el producto de la cooperación entre varias personas, instituciones y empresas. Mencionamos aquí la Embajada Real de Holanda y Fundecooperación, ICAFE, Ministerio de Salud, A y A, Beneficio San Juanillo y Beneficio Pilas

INTRODUCCION

Los reactores:

El diseño se basó en el concepto de los Reactores Anaerobios en Flujo Ascendente (RAFA), fue implementado en el beneficio San Juanillo de Naranjo. El Cuadro 1 resume las características del

beneficio, de sus aguas residuales y de los principales parámetros de diseño. Para su construcción se hizo uso de la infraestructura y equipos disponibles en el beneficio, entre otros de tres tanques de aguas, de 200 m³ de volumen cada uno, que se pudieron utilizar para este fin.

Cuadro 1. Características del beneficio, de las aguas residuales y parámetros de diseño del sistema.

CARACTERISTICA	DESCRIPCION
Nombre de beneficio:	San Juanillo de Naranjo
Capacidad de procesado de café:	400 fanegas por día y 35.000 fanegas por año
Producción de materia orgánica:	10 kg DQO por fanega
Producción de agua residual:	1 m ³ de agua por fanega; hasta 400 m ³ por día
Capacidad de tratamiento requerida:	4000 kg DQO por día
Carga orgánica máxima de los reactores:	10 kg DQO/m ³ .d
Eficiencia de tratamiento esperado:	85% DQO
Producción de biogás:	Hasta 1000 m ³ por día

El sistema consiste de un tanque de almacenamiento, con capacidad de almacenar el 50% de la producción diaria de aguas residuales, un tanque de recirculación de aguas, un sistema de dosificación de alcalinizante (soda cáustica), una campana de almacenamiento de biogás y un quemador. Para garantizar la temperatura óptima de operación, el sistema cuenta con un sistema de calefacción que se alimenta con el calor de desperdicio del horno de cascarilla.

El Cuadro 2 muestra las principales dimensiones de la planta de tratamiento y de sus principales componentes.

El Proceso fue puesto en marcha durante la cosecha cafetalera 1996-97, con una inoculación 100 m³ de lodo séptico, proveniente de lagunas de estabilización para aguas domésticas. El proceso de arranque sufrió varios contratiempos, razón por la cual ha entrado en su fase de desarrollo no se

llevó a cabo sino hasta finales de Diciembre de 1996. Los principales problemas fueron:

- Primeramente, durante la inoculación, se sembró los reactores con un material con muy pocos sólidos suspendido, significa que este material se lavó fácilmente del sistema. Como consecuencia, se tuvo que traer más material que lo previsto.
- Inhibición del sistema anaerobio durante la fase crítica de la primera carga, cuando se estaba alimentando con sustrato sustituido en base a melaza, por altas concentraciones de azufre y posiblemente otras sustancias tóxicas al proceso (Junio-Agosto de 1996). Posteriormente el (necesario) lavado de las toxinas del sistema atrasó el buen desarrollo del sistema (Agosto-Septiembre).
- Atraso en el recibo de café e inicio de la cosecha (Agosto-Octubre 1996)
- Fugas en las campanas se-

paradoras trifásicas, en la parte superior de los reactores, por imperfecciones en su producción y/o instalación. Con el refuerzo de las juntas se puede separar este defecto.

- Insuficiente funcionamiento del sistema de transferencia de calor, que inicialmente no entregó la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura del proceso. Este problema fue corregido con el re-diseño del intercambiador de calor ubicado en el horno.

RESULTADOS

A pesar de estos contratiempos, se han logrado buenos resultados de depuración de las aguas. El Cuadro 3 muestra los principales resultados de monitoreo de la cosecha 1996-97 (inicio de Noviembre hasta mediados de Febrero 1997) en términos de descontaminación, capacidad de tratamiento, estabilidad y producción de biogás.

Cuadro 2. Dimensiones de los principales componentes

CARACTERISTICA	DESCRIPCION
Capacidad de tanque de almacenamiento:	200 m ³
Número de reactores anaerobios:	2
Capacidad de reactores:	200 m ³ cada uno, 400 m ³ en total
Area de las instalaciones:	300 m ²
Temperatura de operación (diseño):	30-35°C
Flujo de recirculación:	50-75 m ³ por hora
Flujo de alimentación de agua cruda:	15-20 m ³ por hora
Número de tubos de distribución de afluente:	60
Capacidad del tanque de recirculación:	3 m ³
Capacidad de intercambiadores de calor:	250 kW
Fuente de calor para la calefacción de sistema:	Chimenea de los hornos de café, calor transferido por medio de un intercambiador de calor
Distancia hasta los hornos de café:	200 metros
Campana de almacenamiento de biogás:	Campana de hierro negro, capacidad 35 m ³
Quemador de biogás:	Tipo inyector, diseño propio con ignición y controles automáticos
Capacidad del quemador:	450 kW (80 m ³ de biogás por hora)

Cuadro 3. Principales resultados de monitoreo

PERÍODO DE MONITOREO	NOVIEMBRE 1996 A FEBRERO 1997
Cantidad de agua tratada	9,548 m ³ ; 130-1450 m ³ /semana, 62,465 kg DQO, 518-15,603 kg DQO/semana
Concentración de materia orgánica (Entrada)	Rango: 2.0 a 10.5 kg DQO/m ³ Promedio: 6.54 kg DQO/m ³
(Salida)	Rango: 0.5-1.5 kg DQO/m ³ Promedio: 1.14 kg DQO/m ³
Eficiencia de remoción de materia orgánica	Promedio: 82.6% DQO
Carga cruda diaria (máxima)	2,833 kg DQO/d; 7.0 kg DQO/m ³ .d
Carga removida diaria (máxima)	2,634 kg DQO/d;
Tiempo residencial hidráulico (mínimo)	2 días, Con un menor consumo de agua en el beneficio y el alcance de la carga de diseño se reduce a 1 día
Grado de acidez (pH) del proceso y del afluente	Rango afluente: 5.2-6.5; Promedio 6.14 Rango efluente: 6.5-7.0. Promedio 6.79
Alcalinidad del proceso	Rango: 12-30eq/m ³ ; Promedio: 25eq/m ³
Acidos Grasos Volátiles (AGV)	Rango: 6.5-19.6 eq/m ³ ; Promedio: 10.7 eq/m ³
Producción de biogás	Valor máximo: 544 m ³ /d; 2,800 m ³ por semana
Composición del biogás	80-90% Metano: 0.1 Vol% ácido sulfhídrico Valor calorífico: Aprox. 32 MG/Nm ³

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del monitoreo son:

El efluente del sistema de tratamiento (1140 mg DQO/l) en este momento no cumple con la normativa vigente para verter y rehusar aguas residuales (300 mg DQO/l), pero sí cumple con la propuesta de modificación ya aprobada de esta normativa (1500 mg DQO/l), que se encuentra en trámite en Asesoría Legal del Ministerio de Salud;

Al momento de agotarse el sustrato el proceso todavía se encontraba en su fase de desarrollo. Al momento que se logró la carga máxima de 7 kg DQO/m³.d, se había formado menos del 50% de la cantidad de lodo que pueda contener el reactor, con una muy buena calidad del efluente. Por esta razón se llega a la conclusión que la capacidad de diseño de los reactores es por lo menos de 10 kg DQO/m³.d;

El proceso ha demostrado una muy buena estabilidad de operación, y en ningún momento se ha encontrado fuera de estabilidad o en riesgo de acidificarse.

La ausencia de los contratiempos evidenciados en este proyecto permitirán el arranque de reactores anaerobios en un período de ocho a diez semanas;

El valor de la inversión realizada en el Beneficio San Juanillo de Naranjo suma a US\$63,776. A este momento se tiene que sumar el valor de la infraestructura existente, aprovechada en este proyecto, que fue estimado en US\$50,000.

Los costos operativos para la opción de los reactores anaerobios en San Juanillo de Naranjo sumaron a aproximadamente US\$0.54 por fanega, principalmente en soda cáustica.

Cabe mencionar que estos últimos se bajarían proporcionalmente con la reducción del consumo de agua en el beneficio húmedo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CARACTERIZACIONES DE EFLUENTES PARA EL DIMENSIONAMIENTO ADECUADO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

*Ing. Guido M. Quesada, MSc.**

RESUMEN

El presente estudio utiliza un ejemplo representativo de caracterización de caudales para un sistema de tratamiento de aguas residuales de un beneficio de café, para demostrar la importancia de recolectar y procesar correctamente las mediciones de flujo efectuadas. Aunque no se muestra en este artículo, se discutirán a nivel de charla ejemplos de errores en el manejo de la información que producen gráficos confusos y que no conducen a los parámetros deseados. Como primer punto se destaca la necesidad de tener claro cuales son los parámetros de diseño a los que se desea llegar (caudal máximo diario, caudal promedio diario, volumen total diario, variaciones a lo largo del día y de la cosecha) para que en función de estos se recopile la información y se diseñen las diferentes herramientas estadísticas a utilizar. Posteriormente se definen las diferentes operaciones y gráficos diseñados para este propósito, entre ellos análisis de percentil, agrupamiento de datos, integración de volúmenes y distribución horaria de caudales. Finalmente se llega a la tabla resumen, mediante la cual la gran cantidad de información recibida se reduce a un grupo de parámetros significativos y confiables para el dimensionamiento del sistema, así como para la reconsideración de los procesos involucrados en el beneficiado del café y su programación.

Palabras claves: Tratamiento de aguas; flujo de aguas, medición de caudales, parámetros de contaminación.

INTRODUCCION

Es bien sabido que los datos de caudal y de caracterización físico química de las aguas residuales de beneficios de café muestran grandes variaciones, tanto a lo largo de cada día de trabajo, como a lo largo de la cosecha. Dependiendo de la manera de

operación de un beneficio, es normal encontrar a lo largo del día caudales que varían desde cero hasta más del doble del caudal promedio. Igualmente, la carga de trabajo del beneficio aumenta gradualmente desde el inicio de la cosecha, para llegar a un pico muy pronunciado en su apogeo y luego volver a decaer nuevamente en

* Gerente Técnico TEBAG INTERNACIONAL, S.A. ITAN 100 E, #52-Apdo 2010 San José, Costa Rica

forma gradual. Igualmente, los indicadores de carga contaminante, como DBO₅ y DQO pueden ser muy variables, dependiendo de las diferentes etapas de procesamiento y las estrategias de reducción y reutilización de las aguas que se hayan implementado.

Estas circunstancias hacen que la determinación de los parámetros de diseño de las plantas sea un verdadero reto y en muchos casos se procede en medio de gran incertidumbre. Además, la gran variabilidad de los datos hace necesario tomar una gran cantidad de datos, los cuales, si no se procesan e interpretan correctamente, pueden generar nada más que información inservible o confusa. A fin de evitar este problema es necesario hacer un uso racional y bien dirigido del manejo estadístico, para llegar a gráficos y parámetros simples, mediante los cuales determinar con certeza las dimensiones de la planta.

Objetivos:

A fin de simplificar la exposición, el presente artículo se concentra sobre el manejo de los datos referentes a caudales. Estos se presentan mediante un ejemplo típico, representativo de la situación que se da en la mayoría de los beneficios.

MATERIALES Y METODOS

Los datos requeridos:

Se considera en este caso particular el dimensionamiento de un sistema de lodos activados, que consta de una pila biológica con aireación extendida y un sedimentador tipo Dortmund. En

términos sencillos, se puede decir que el tamaño de la pila biológica depende del volumen diario de aguas, en tanto que el tamaño del sedimentador depende del caudal instantáneo. Esto conduce a la necesidad de establecer tres parámetros principales:

- Volumen diario: el total de metros cúbicos descargados en un día (m^3/d).
- Caudal promedio: el total de metros cúbicos en el día dividido entre las horas de operación diarias del beneficio (m^3/h)
- Caudal máximo: el máximo caudal ocurrido durante un día de trabajo (m^3/h)

Nótese que estos valores están referidos a un día de operación. Debido a que cada día a lo largo de la cosecha las cargas varían, los valores indicados arriba mostrarán a su vez variaciones. Por lo tanto, se puede hablar de Volumen Diario pico, promedio, etc. según se muestra en la tabla No. 1 (resumen de parámetros)

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de entrada:

La figura No. 1 muestra los valores de entrada, producidos por un medidor de caudal de tipo vertedero, durante las semanas más intensas de la cosecha. A fin de lograr un buen monitoreo del caudal a lo largo del día, se recomienda registrar las mediciones de caudal a intervalos de media hora o 1 hora. En el caso presente, hubo caudales diferentes de 0 a todas horas del día, sin embargo en muchos casos el caudal se interrumpe durante varias horas. Es importante registrar eso también, a fin de obtener un cálculo correcto del caudal promedio.

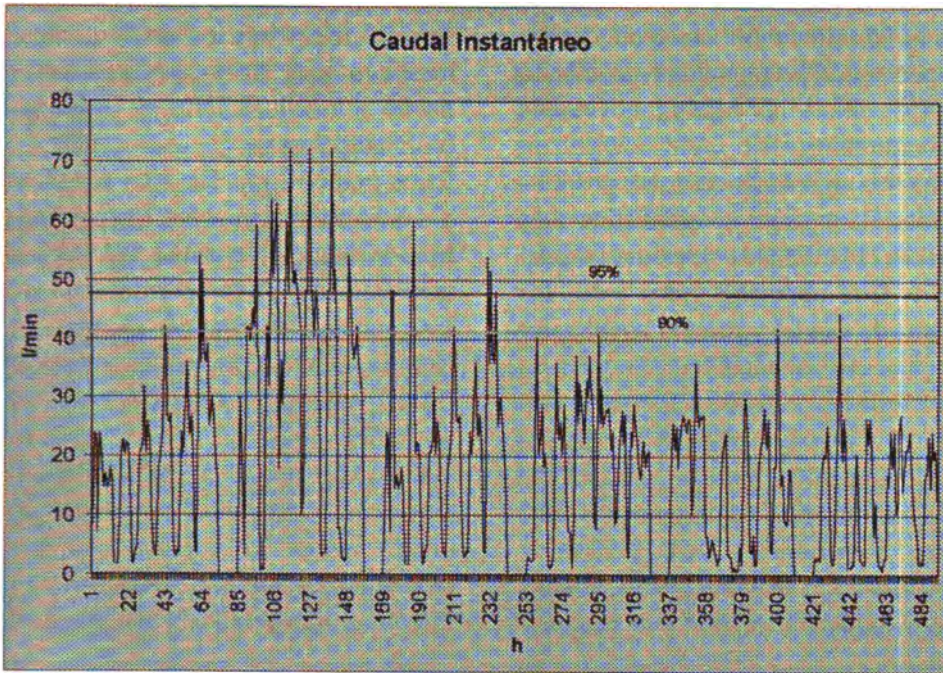


Figura 1. Registro de caudales instantáneos a lo largo de la cosecha.

Como se puede ver en la figura No.1. todos los días muestran picos de caudal así como puntos muy bajos, resultado de la gran variabilidad de los caudales. Igualmente se nota la época de máxima carga, como aquella en que ocurren los máximos picos. Esta figura es de poco valor informativo, sin embargo ilustra perfectamente el problema de manejar correctamente la gran cantidad de información y los errores en que se puede incurrir si no se hace.

Análisis del k-esimo percentil de caudales instantáneos:

Nótese, por ejemplo, que si se diseña para 70m³/h, la capacidad máxima de

la planta se alcanzará muy pocas veces y se puede considerar que para la mayoría del año estará significativamente sobrediseñada. Esto implica costos excesivos en instalaciones, subutilización de recursos y desperdicio de energía por operar bombas y aireadores lejos del punto de máxima eficiencia.

Por otro lado, si se diseña para 30 m³/h, el sistema estará gravemente subdiseñado y en muchas ocasiones será incapaz de brindar el rendimiento apropiado. La pregunta es, entonces, dados estos datos ¿cuál es el caudal instantáneo correcto a tomar en consideración?

En primer lugar, deben agotarse todas las vías posibles para “matar” los picos de caudal, ya sea regulando las descargas, o modificando el proceso, pues estos evidentemente están produciendo un gran desbalance entre la capacidad de diseño del sistema y las condiciones reales de operación.

Una vez agotadas todas las posibilidades, la operación estadística más útil es el la llamada “k-ésimo percentil”. Esta operación toma todos los datos de caudal y calcula aquel valor bajo el cual se encontrará la curva en el k% de las ocasiones. Esto está asociado con el concepto de confiabilidad, tanto de los datos registrados como del sistema de tratamiento mismo. Dependiendo de la calidad de los datos y la criticalidad del sistema, se recomienda trabajar con percentiles del 90% al 95%.

Agrupamiento por días:

El primer paso importante hacia la obtención de gráficos útiles es bastante obvio y consiste en agrupar los valores por días. De esta operación, se pueden obtener los gráficos mostrados en la figura No. 2 (Caudal promedio y máximo diario) y la No. 3. (volumen diario).

Estos gráficos, gracias a su sencillez y a que se enfocan sobre los parámetros de interés, permiten valorar inmediatamente el comportamiento de los caudales. Nótese por ejemplo en la figura No. 1, cómo en este caso el caudal máximo tiende a sobrepasar por mucho al caudal promedio. Esto evidencia la necesidad de implementar sistemas y medidas para evitar picos de caudal, lo cual puede contribuir grandemente a mejorar el rendimiento de los equipos y a reducir su tamaño.

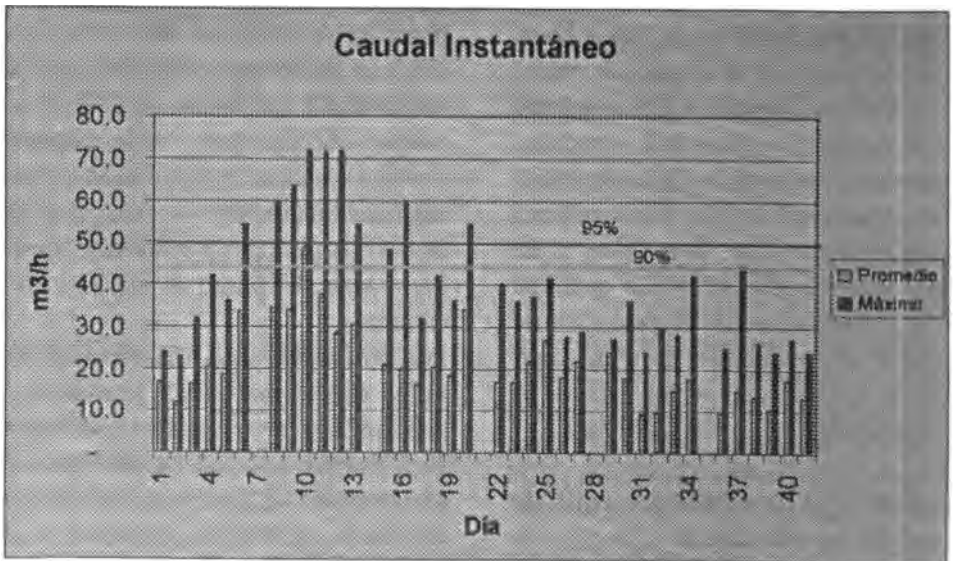


Figura 2. Caudal promedio y caudal máximo diario a lo largo de la cosecha.

La línea de percentil 95 muestra cómo este valor de caudal nunca será excedido por el caudal promedio, aunque sí será excedido a ciertas horas durante ciertos días (solamente el 5% del tiempo). Si se logra un mejor balance de los caudales, esta línea se puede bajar aún más, redundando en sistemas de tratamiento más pequeños.

Integración del volumen diario:
Existen diversas maneras de calcular

el volumen total diario. A partir de los datos del vertedero, esto es posible aplicando la regla de Simpson, esto es haciendo la sumatoria de los datos instantáneos por el intervalo entre mediciones. Esta operación se simplifica grandemente si los intervalos son regulares (i.e. siempre de 1 hora o siempre de media hora). De lo contrario resulta bastante engorroso considerar el intervalo para cada medición de caudal que se tomó a cada hora del día.

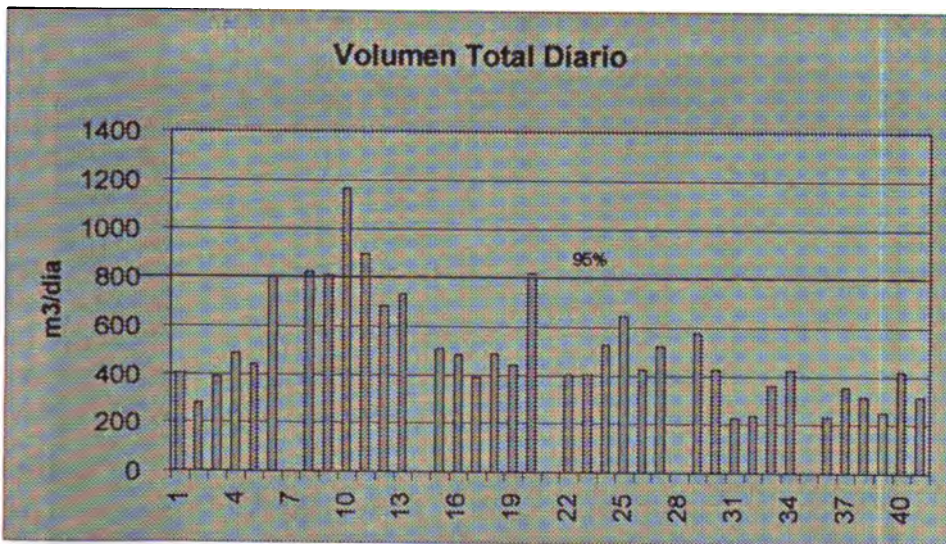


Figura 3. Volumen total diario a lo largo de la cosecha.

La figura No. 3 muestra el resultado del volumen diario. Este dato es fundamental para calcular las dimensiones de la pila biológica. Al igual que para los datos de caudal instantáneo, se aplicó la operación del percentil 90 y 95. En este caso ambos valores resultaron tan cercanos que se indica solamente el percentil 95. Nótese que aún el percentil 95 queda muy por encima del caudal diario para la mayor parte de la cosecha. Esto da pie a la

estudiar todas las maneras posibles de balancear la carga de trabajo, por ejemplo intercambiando cargas con otros beneficios, a fin de reducir el volumen de diseño de la planta. Nótese de todas formas que el caudal de percentil 95% (815 m³/d) es notablemente inferior al pico de la cosecha (1,165 m³/d). Esto permite dimensionar un sistema más reducido conservando una alta confiabilidad.

Distribución horaria de caudales:

Este es un estudio sumamente importante a fin de establecer pautas de programación operativa de la planta de tratamiento, así como del proceso de beneficiado para lograr reducciones, sobre todo en el tamaño del sedimentador. Si se logra establecer con regularidad a qué horas ocurren los caudales máximos en el beneficio, se puede programar el sistema de tratamiento para detener la recirculación

de lodos a esa hora y así poder trabajar con un sedimentador más pequeño. La figura No. 4 muestra el diagrama con base en el cual se puede hacer dicho estudio.

Nótese que de acuerdo con esta figura, a lo largo de toda la cosecha, el pico de caudal tiende a ocurrir entre las 6:00 pm y las 3:00 am. Estas serían las horas apropiadas para considerar la posibilidad de programar la detención de la bomba de recirculación de lodos.

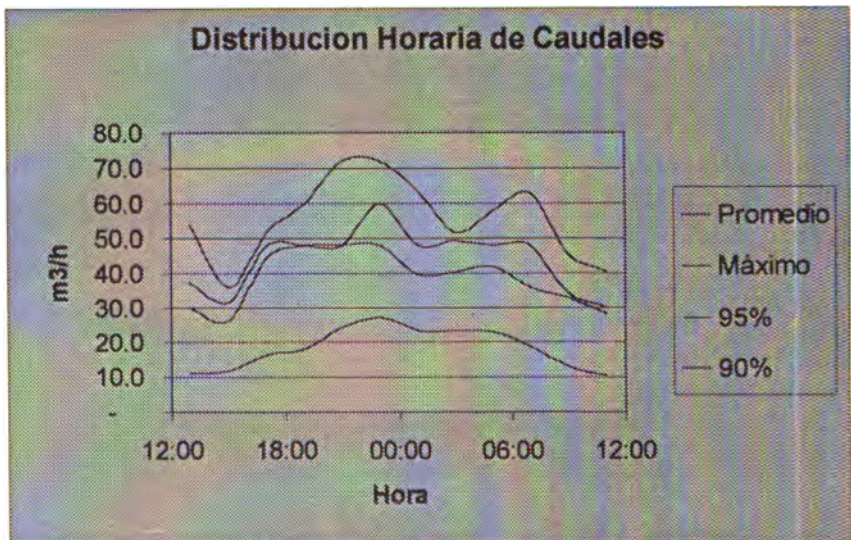


Figura 4. Distribución horaria de caudales.

Además de la curva máxima se muestran las curvas de percentil 95 y 90, así como el promedio. Nótese que estos valores están muy por debajo del máximo. Definitivamente en este caso podría ser muy rentable considerar una modificación del proceso productivo a fin de lograr caudales más uniformes, o diseñar una pila biológica

con capacidad de acumulación, para regular el flujo hacia el tanque sedimentador.

Resumen de datos:

Aunque los gráficos son sumamente ilustrativos y ayudan a tomar una serie de decisiones, a la hora de contratar servicios de diseño y construc-

Tabla 1: Resumen de Análisis de Caudales

	Unidades	Promedio de Cosecha	Pico de Cosecha	Percentil 95	Valor de Diseño
Caudal Promedio Diario	m ³ /h	18	49	34	35
Caudal Máximo Diario	m ³ /h	35	72	48	50
Volumen Diario	m ³ /d	441	1,165	825	850

ción, es fundamental reducir todos los datos a una serie de valores concisos, que no den lugar a inconsistencias entre las diversas ofertas. La tabla No. 1 muestra un buen ejemplo de esto.

De esta manera se logra pasar de una tabla con más 1000 datos de mediciones de caudal, a 3 parámetros básicos de diseño, y nueve valores de referencia (promedio, pico, percentil 95) establecidos con base en los gráficos analizados, operaciones estadísticas y aplicando finalmente la apreciación del personal de ingeniería para asignar valores finales que sirvan de referencia para la especificación del sistema.

CONCLUSIONES

Tal como se ha demostrado en este ejemplo, el procesamiento adecuado de los datos puede resultar sumamente valioso para tener una buena valoración del comportamiento de los efluentes. A fin de lograr un buen procesamiento es fundamental establecer primero cuáles son los parámetros a los que se desea llegar. En el camino hacia eso, es importante seleccionar gráficos sencillos, comprensibles y que conduzcan hacia los parámetros en cuestión. Finalmente, a lo que se debe llegar es a una tabla

concisa que contenga simplemente los valores resultantes que se estaban buscando.

También se ha visto como un buen análisis estadístico puede conducir a definiciones importantes no sólo respecto a la planta de tratamiento, sino también respecto a los procesos del beneficio y la programación de la producción, cuyo impacto sobre los caudales puede repercutir en importantes aumentos en el tamaño y costo de los tanques y equipos.

BIBLIOGRAFÍA

TEBAG INTERNACIONAL, S.A.
Notas de Proyectos.

HERBST UNMWELTECHNIK
GMBH, Notas de Proyectos.

HOGG, ROBERT V., 1978. *Introduction to Mathematical Statistics*, McMillan Publishing Co., Inc., cuarta edición.

FAIR, GORDON M., 1994. *Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales*, Editorial Limusa, Décima reimpresión.

LA NORMA ISO 14000 Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA CAFETALERA

Ing. Guido M. Quesada, MSc.¹

RESUMEN

El presente artículo describe los alcances e implicaciones generales de la norma internacional ISO 14000, la cual se refiere a la implantación de sistemas de administración ambiental en todas las organizaciones (tanto industriales como de cualquier otro tipo) a nivel mundial. Como objetivo principal, se busca establecer cuál es el impacto que puede tener la inminente difusión de esta norma en la industria cafetalera y se analizan las posibilidades de iniciar acciones para su implementación.

El objetivo principal de la norma ISO 14000 es proveer los medios para desarrollar culturas organizacionales y procesos adecuadamente establecidos para alcanzar un estado de compromiso y mejoramiento continuo en todos los aspectos ambientales. Pero además, como base para su exitosa difusión, ISO 14000 se apoya en una estrategia de impacto económico, el cual puede ser muy significativo para la industria del café. Este impacto se analiza en tres aspectos: comercio, imagen y financiamiento. En todos estos aspectos, se concluye que aquellas empresas que logren el registro ISO 14000 estarán en clara ventaja, es decir, gozarán de diversos privilegios comerciales a nivel internacional, de una mejor imagen pública y de mejores posibilidades de acceso a financiamiento.

Palabras claves: ISO 14000, organización ambiental, comercio, imagen, financiamiento.

INTRODUCCIÓN

ISO 14000 provee un nuevo camino hacia la protección ambiental. En contraste con el modelo prevaleciente de comando y control, ISO 14000 reta a cada organización a reconocer sus aspectos ambientales, establecer sus propios objetivos y metas, com-

prometerse con la búsqueda de procesos efectivos y confiables y con el mejoramiento continuo, y conducir a todo su personal hacia un sistema de concienciación colectiva y de responsabilidad individual por el rendimiento ambiental de la organización. Este nuevo paradigma se basa, no en multas o restricciones, sino en una

¹ Gerente Técnico, TEBAG INTERNACIONAL, S.A., ITAN 100 E, #52, 2010 San José, Costa Rica

motivación positiva y en el deseo honesto de hacer lo correcto. En el largo plazo, promete establecer una base sólida para una administración confiable y consistente de las obligaciones ambientales.

A medida que se comprueba que el simple cumplimiento de regulaciones no es una prescripción completa para la protección ambiental, se ha venido comprendiendo la necesidad de un sistema más proactivo. ISO 14001, la norma fundamental de toda la serie ISO 14000, genera esa estrategia ambiental proactiva, en la cual el cumplimiento de regulaciones es tan sólo uno de los elementos de un concepción mucho más amplia.

ISO 14001 especifica el sistema de administración ambiental (EMS por sus siglas en inglés) de la serie ISO 14000, en tanto que las demás partes de la serie proveen las guías para implantarlo, evaluarlo y darle seguimiento. Este sistema provee un marco para enfocar el uso de los recursos organizacionales sobre el rango completo de los impactos ambientales reales y potenciales presentes en una industria dada. Dicho enfoque se logra a través de procesos administrativos confiables y sobre la base de empleados y propietarios debidamente entrenados, concienciados y comprometidos. Así, el cumplimiento de regulaciones es un resultado normal de la estrategia administrativa global. Pero además se logra una mayor conciencia, sensibilidad y preparación, mayor eficacia y consistencia en el alcance de objetivos ambientales, y una mayor confianza en la capacidad de la organización para prevenir accidentes o daños.

El Impacto de ISO 14000 sobre la Industria Cafetalera:

Como meta global, ISO 14000 busca lograr un efecto significativo en la cultura y en el estado ambiental de todo el planeta. Y esto se pretende lograr mediante una norma cuya implementación es totalmente voluntaria, lo cual no deja de llamar la atención o hasta resultar sorprendente.

¿Cómo se pretende establecer a nivel mundial una norma de carácter voluntario? ¿Será posible que ISO 14000 confíe enteramente en la buena fe de todas las organizaciones del mundo, para cumplir metas tan ambiciosas? Ciertamente, la filosofía ISO 14000 propone modestamente basar su éxito en el efecto de "elevar el piso". Este efecto consiste en que, a medida que más y más organizaciones alrededor del mundo empiecen a seguir las guías ISO 14000, particularmente la norma para sistemas de administración ambiental, automáticamente cambiarán los marcos de referencia respecto a políticas ambientales, permitiendo así que todos los países puedan ir alcanzando metas cada vez más elevadas.

Sin embargo, sería iluso pensar que este plan se base tan sólo en la buena voluntad, dentro de un mercado global altamente competitivo, en el cual para poder sobrevivir, cada acción que tome una empresa debe responder con una mejora en su competitividad y rentabilidad. Si el bienestar ambiental no llega a convertirse en una meta lucrativa, difícilmente una parte importante de las organizaciones del mundo llegarán a tomar acciones significativas al respecto.

Es en este sentido que la norma ISO 14000, tanto como la ISO 9000, han sido inteligentemente diseñadas para basar su éxito, no sólo en la buena voluntad, sino en el único factor verdaderamente capaz de mover a todas las empresas del mundo: un firme y contundente impacto económico. La industria del café, como empresa primariamente lucrativa, tarde o temprano se verá involucrada en este esquema.

Para comprender este potencial impacto, basta con observar los resultados de ISO 9000. Siendo de carácter "voluntario" ¿como es posible que más y más exportadores en todo el mundo estén haciendo enormes esfuerzos por alcanzar la ya famosa certificación? Por supuesto, eso no se debe a que súbitamente todos quieran ofrecer a sus clientes productos de mejor calidad. Es porque la certificación ISO 9000 les brinda una clara ventaja competitiva en la arena del mercado mundial y eso significa mayores ingresos. Le garantiza a sus clientes que no sólo se les ofrece un producto de calidad, sino que su fabricante está involucrado de raíz con el mejoramiento continuo de dicho producto, partiendo de los mismos procesos de administrativos.

En cuanto a ISO 14000, su impacto económico sobre la industria cafetalera se extiende sobre tres aspectos fundamentales: comercio, imagen publicitaria y disponibilidad de financiamiento.

Comercio:

En el momento en que una o varias industrias cafetaleras puedan poner en el mercado producto bajo el regis-

tro ISO 14000, indudablemente tendrán una ventaja competitiva. Gozarán de preferencia no sólo entre los consumidores sino también entre aquellos intermediarios que ya hayan acogido dicha norma y estén dispuestos a negociar preferiblemente con proveedores que también la hayan acogido. Esto es especialmente cierto en el caso del café, puesto que su mercado más grande se encuentra en Europa y Norteamérica, precisamente los lugares donde la conciencia ambiental está cobrando más vigor tanto entre industriales como entre consumidores. Además, por supuesto, en dichos lugares existe implícito interés en aprovechar ISO 14000 como un medio de consenso mundial para restringir importaciones y así nivelar la balanza económica.

Esta última observación resulta sumamente interesante: ISO 14000, por ser de consenso mundial y estar al alcance de todos los países, se proyecta como una norma útil para la ruptura de barreras comerciales artificiales. El término "ISO" proviene del griego y significa "igual". En efecto, la filosofía de las normas ISO se fundamenta en gran parte sobre la búsqueda de la igualdad. Sin embargo, aquellas industrias que no la pongan en práctica eventualmente podrían estarse topando con un verdadero muro para el mercadeo internacional de sus productos, incluido por supuesto el café.

Puede ser que en este momento aún no se perciba la presión comercial, pero la carrera por ISO 14000 ya empezó, con países eminentemente cafetaleros, como Brasil y Colombia, totalmente involucrados a través de

comités y subcomités dedicados al desarrollo e implantación de las diversas facetas de ISO 14000.

ISO 14000 no es fácil de alcanzar, y ya muchas industrias tienen claro que cada paso que puedan adelantar en su implantación, significa meses, o quizás años de ventaja competitiva en el mercado mundial.

Imagen Publicitaria:

No es ningún secreto que la industria del beneficiado de café, aún después de los grandes progresos en el desarrollo de tecnologías ambientalmente apropiadas, sigue siendo una fuente enorme de contaminación orgánica. Incluso las metas negociadas con instituciones gubernamentales, tan costosas de conseguir, están todavía muy lejos del estado ideal. Eso proyecta a esta industria como es uno de los principales focos de la atención pública cuando se trata de conciencia ambiental. No es de extrañar que durante los próximos años, cada vez que alguien quiera protestar por el estado ambiental de un país como Costa Rica, la industria cafetalera sea señalada entre los casos más graves. Ante esta situación, el beneficio publicitario de una imagen ambientalista es invaluable para cualquier industria, y así ya lo han comprendido algunas empresas cafetaleras en este país, que explotan publicitariamente -y con toda razón- sus esfuerzos en favor del ambiente.

Sin embargo esto no es suficiente para la opinión pública. Los parámetros requeridos siguen siendo relativamente permisivos e incluso diversos incidentes, precisamente por falta de un verdadero sistema de adminis-

tración ambiental, frecuentemente le restan credibilidad a dichas campañas. ISO 14000, en cambio, es una norma de carácter internacional, altamente reconocida y que además promete, no solamente el cumplimiento de regulaciones, sino un compromiso real de mejoramiento continuo en el rendimiento ambiental.

Las empresas que logren implantar ISO 14000 gozarán de una imagen indudablemente más prestigiosa y confiable. Y esto, todos lo sabemos, vale mucho dinero.

Financiamiento:

Aunque este tema aún no ha sido muy explorado, la pregunta es sencilla: cada vez que instituciones financieras internacionales, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Fondo Monetario Internacional o la Agencia para Desarrollo Internacional, consideren el otorgamiento de préstamos para el desarrollo de industrias agrícolas ¿a cuáles industrias preferirán, a aquellas que se comprometan con ISO 14001, o a aquellas que no lo hagan? La respuesta es evidente.

Dado que ISO 14001 puede ser un indicador muy confiable de los esfuerzos de una organización para cumplir con sus responsabilidades ambientales, resulta muy razonable que este estándar se use para "filtrar" los candidatos a préstamos. Por lo tanto será sólo cuestión de tiempo para que instituciones financieras internacionales, así como bancos privados e inversionistas, eventualmente requieran compromisos ISO 14001 antes de proceder con sus negocios.

ISO 14000 al Alcance de la Industria Cafetalera:

Ante los retos planteados y el impacto económico que se vislumbra, lo natural a continuación es preguntarse, no sin cierta preocupación ¿podrán las industrias cafetaleras alcanzar las metas ISO 14000? Es evidente que sí. Si esta norma no estuviera al alcance, resultaría utópica, y realmente no sería capaz de producir un gran impacto. ISO 14000 es alcanzable. En realidad, la pregunta que merece más atención es: ¿quién lo logrará primero? Todo es cuestión de tiempo. Quien más pronto inicie su carrera hacia ISO 14000 tendrá el tiempo a su favor y podrá sacarle el máximo provecho a su ventaja competitiva.

Indudablemente ISO 14000 en el fondo constituye una forma de reingeniería enfocada hacia la administración ambiental. Por lo tanto implica transformaciones drásticas en la cultura empresarial y en los procesos mediante los cuales opera. Esto por supuesto representa un gran reto para cualquier empresa. Sin embargo, precisamente lo valioso de ISO 14000 es que se pone al alcance de prácticamente toda organización, sin distinción de tamaño, país, solvencia económica o nivel tecnológico.

Lo que ISO 14001 plantea es un sistema de administración ambiental diseñado para afrontar todas las facetas de operaciones, productos y servicios de una organización. Algunos de estos elementos incluyen políticas ambientales, recursos, entrenamiento, operaciones, respuesta a emergencias, auditorías, mediciones, y revisiones de gerencia.

El requisito de ISO 14001 de crear y operar un sistema de administración ambiental, se concentra sobre los esfuerzos de la organización para establecer acciones efectivas, accesibles y consistentes para la protección ambiental, que involucren a todo el personal en la empresa. El sistema de protección ambiental se convierte en parte del sistema administrativo total, recibiendo la misma atención que la calidad, el personal, el control de costos, el mantenimiento y las funciones de producción. La confiabilidad se logra a través de una concienciación continua y preparación de todos los empleados, más que a través de esfuerzos extraordinarios o aislados por parte de especialistas. Por lo tanto, ISO 14001 tiene el potencial de proveer protección ambiental consistente a través de una mejor administración y, sobre todo, a un costo asequible.

La industria cafetalera definitivamente tendrá que atravesar una gran transformación tecnológica para lograr proteger al ambiente de sus propias actividades. Así mismo, el valor de su producto deberá experimentar un aumento, como reflejo del valor agregado que significa producir café sin afectar el medio ambiente. Todo esto se debe lograr de manera gradual pero firme, pasando primero por una transformación radical de la cultura, las metas y los procesos administrativos de cada empresa cafetalera. En ese sentido, ISO 14000 no representa un obstáculo. Todo lo contrario, propone los mecanismos, los medios y las guías para alcanzar dicha meta. El premio es la preservación de nuestra ecología (en el senti-

do pleno de la palabra), la sostenibilidad de la industria y la competitividad en el mercado global.

ANEXO

Generalidades sobre ISO 14000

La meta de ISO 14000:

En primer lugar se debe aclarar que ISO 14000 no pretende prescribir a nivel mundial el rendimiento ambiental de todas las industrias. Tampoco busca establecer metas específicas de prevención de la contaminación, tecnologías apropiadas u otros logros ambientales. En lugar de eso, extiende herramientas y sistemas para la administración de numerosas obligaciones ambientales y para la conducción de evaluaciones de productos, sin prescribir qué metas debe alcanzar una organización. La serie ISO 14000, como un todo, busca proveer orientación para el desarrollo de una aplicación integral de la administración ambiental y para estandarizar algunas herramientas claves de análisis, como el etiquetado y el estudio de ciclo de vida, que se describen más adelante.

El registro ISO 14000:

Aunque la serie ISO 14000 comprende una gran variedad de temas, como administración ambiental, auditorías ambientales, evaluación de ciclo de vida, etiquetado ambiental y rendimiento ambiental, para obtenerse el registro ISO 14000, basta con cumplir con el documento de sistema de administración ambiental (EMS), es-

to es, ISO 14001. Los elementos definidos en ISO 14001 delimitan un EMS integral, y aunque es requerido que se implementen todos, el documento es flexible en cuanto a la manera de hacerlo. Así que puede haber muchas maneras apropiadas de cumplir la norma ISO 14001. Además, dicha norma está concebida para ser aplicable en organizaciones grandes, medianas u pequeñas, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo.

A fin de permitir la integración de empresas independientemente del nivel de sus logros ambientales, ISO 14001 no requiere que el EMS se encuentre a un nivel específico de avance, sino que cada elemento definido en la norma se encuentre debidamente integrado con todas las demás actividades administrativas de la empresa.

El Concepto de Normas de Proceso:

Al igual que la serie ISO 9000, ISO 14000 busca desarrollar normas de proceso, o administrativas. Esto significa que ISO 14000 no establece metas de rendimiento o límites, sino que especifica los elementos de un sistema que desarrolle procesos que conduzcan de manera consistente y confiable hacia el cumplimiento de las obligaciones ambientales.

Los elementos de ISO 14000:

Los temas cubiertos por ISO 14000 se pueden dividir en dos áreas. La primera tiene que ver con los sistemas para evaluación de la administración; la segunda con herramientas para evaluación de productos. A su

vez, estas áreas se componen como se ilustra en las siguiente tablas. La descripción detallada de cada una de las secciones mostradas escapa a los

alcances del presente anexo. Sin embargo, se ofrece a continuación una descripción de la norma fundamental, ISO 14001.

ISO 14000
NORMAS DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

**EVALUACION
DE LA ORGANIZACION**

Sistema de Administración
Ambiental

Auditoría Ambiental

Evaluación de Rendimiento
Ambiental

**EVALUACION
DE LOS PRODUCTOS**

Aspectos Ambientales
de Producto

Etiquetado Ambiental

Evaluación de Ciclo
de Vida

ISO 14000
ESTÁNDARES DE EVALUACION DE LA ORGANIZACIÓN

**SISTEMA DE ADMINIS-
TRACION AMBIENTAL
(EMS)**

ISO 14001
Especificaciones del Sistema
de Administración Ambiental,
con guías para su uso.

ISO 14004
Guías generales sobre prin-
cipios, sistemas y técnicas
de soporte del Sistema de
Administración Ambiental.

**GUÍAS PARA LA
AUDITORÍA AMBIEN-
TAL (EA)**

ISO 14010
Principios Generales de las
Guías para la Auditoría Am-
biental

ISO 14011-1
Procedimiento de Auditoría.
Parte 1: Auditoría del Siste-
ma de Administración Am-
biental.

ISO 14012
Criterios de calificación pa-
ra auditores de Sistemas de
Administración Ambiental.

**EVALUACIÓN DE REN-
DIMIENTO AMBIEN-
TAL**

ISO 14031
Guías para la Evaluación de
Rendimiento Ambiental.

ISO 1400500: Términos y Definiciones (T&D)

ISO 14000
ESTÁNDARES DE EVALUACION DE PRODUCTO

**ASPECTOS
AMBIENTALES
EN ESTÁNDARES DE
PRODUCTOS (EAPS)**

**ETIQUETADO
AMBIENTAL (EL)**

**EVALUACIÓN DE
CICLO DE VIDA (LCA)**

ISO 14060

Guía para aspectos ambientales en estándares de productos.

ISO 14020

Principios Básicos para Todo Etiquetado Ambiental.

ISO 14021

Términos y Definiciones para Autodeclaración de Denuncias Ambientales.

ISO 14022

Simbología de Etiquetado Ambiental.

ISO 14023

Metodologías de pruebas y verificación.

ISO 14024

Programas para Practicante de Etiquetado Ambiental. Principios de Guía, Prácticas y Procedimientos de Certificación de Programas de Criterios Múltiples.

ISO 14040

Principios y Enmarcamiento de la Evaluación de Ciclo de Vida.

ISO 14041

Definición y Alcance de Metas y Análisis de Inventario.

ISO 14042

Evaluación de Impacto.

ISO 14043

Evaluación de Superación.

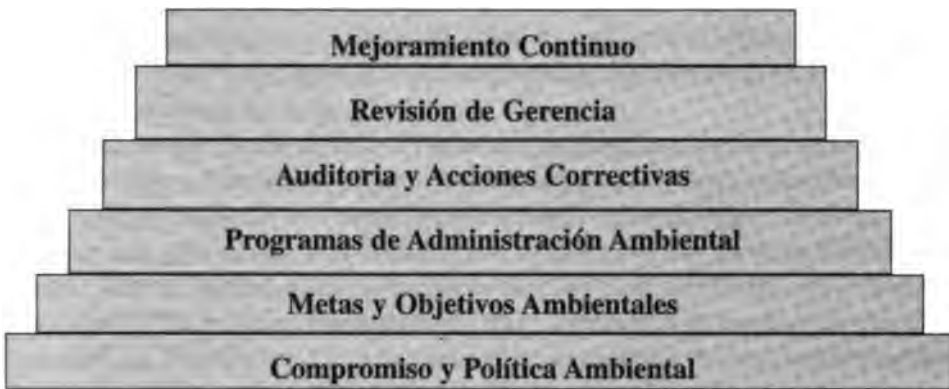
ISO 14050: Términos y Definiciones (T&D)

ISO 14001: ISO 14001 es el documento de especificaciones del sistema de administración ambiental. Contiene todos los elementos que deben ser cumplidos para obtener el registro o certificación. Los términos “especificación” y “requisito” se usan indistintamente en la literatura ISO. El término “registro” es preferido en los Estados Unidos para evitar implicaciones legales de garan-

tía sugeridas por el término “certificación”.

Los elementos detallados en ISO 14001 deben ser implantados, documentados y ejecutados de tal manera que un certificador independiente pueda garantizar y justificar la certificación con base en evidencias de que la organización ha implantado, de buena fe, un sistema de administración ambiental viable.

El sistema de administración ambiental (EMS) se define como aquella parte del sistema administrativo general que incluye estructuras organizacionales, planeamiento, actividades, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, conseguir, revisar y mantener las políticas ambientales. Los elementos mencionados pueden ser visualizados como



La viabilidad y efectividad del EMS se evalúa periódicamente por revisiones de gerencia (quinto nivel) sobre el progreso logrado mediante los programas ambientales. Este progreso se controla mediante un subsistema de evaluación de resultados y además mediante auditorías periódicas del EMS, que comprenden el cuarto nivel de la pirámide. El bloque final refuerza la meta crucial, que es el lograr un mejoramiento continuo del EMS, a fin de asegurar que la organi-

los bloques constitutivos de una pirámide, con los elementos centrales de compromiso administrativo formando la base para todos los demás. La siguiente capa contiene las metas y objetivos, y la tercera capa asume estas metas mediante programas de administración ambiental formado por procesos, prácticas, procedimientos y líneas de responsabilidad.

zación está cumpliendo sus obligaciones ambientales y protegiendo el ambiente de una manera consistente y confiable.

BIBLIOGRAFÍA

CASCIO, JOSEPH Y OTROS. "ISO 14000 Guide: The new international environmental management standards". McGraw-Hill, Primera Edición, 1996.

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BENEFICIO ECOLOGICO EN UNA COOPERATIVA DE PEQUEÑOS CAFICULTORES

*Víctor Eduardo Mencía²
Gilberto Amaya³*

RESUMEN

La Unión de Cooperativas de Cafetaleros de El Salvador, UCAFES de R.L., es concebida como una organización de segundo nivel, sus integrantes son 18 Cooperativas las cuales están constituidas en su totalidad por productores de café quienes se han asociado para integrarse verticalmente en las actividades de transformación (beneficiado) y comercialización de café, con el objetivo principal de pasar a un mayor valor agregado por su producto, manteniendo en tal sentido la tenencia individual de su producto.

Actualmente por medio de UCAFES se esta implementando un programa de Financiamiento y Cooperación Técnica financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo BID el cual está beneficiando a siete pequeñas cooperativas las cuales cuentan con 450 socios, consideradas con un menor grado de desarrollo empresarial. Este programa se inició en enero de 1995 y su ejecución está a cargo de Appropriate Technology International, "ATI", institución de fomento empresarial con sede en Washington, cuya misión radica en ayudar a los productores agrícolas de pequeña escala a crear o fortalecer empresas que sean económicas y ambientalmente sostenibles y por ende convertirlos en EMPRESARIOS AGRICOLAS. Enmarcados en esta filosofía el programa ha obtenido logros muy importantes dentro de los que podemos destacar la reconversión y construcción de BENEFICIOS ECOLOGICOS los cuales han logrado disminuir la contaminación ambiental mediante la aplicación de tecnologías apropiadas para minimizar el consumo de agua en el proceso de beneficiado de café, para el control y aprovechamiento de la pulpa y el tratamiento de las aguas de desecho provenientes del proceso, una de las cooperativas beneficiadas con este tipo de tecnología es la Cooperativa de Caficultores La Unión de R.L., que cuenta actualmente con 84 socios todos ellos pequeños productores de café con un promedio de extensión de sus propiedades de 2.8 hectáreas, de estos pequeños empresarios agrícolas se presentarán sus experiencias así como sus resultados de las últimas dos cosechas.

Palabras claves: Beneficio, diseño, beneficio ecologico, El Salvador.

¹ Trabajo presentado en el Segundo Premio al Medio Ambiente

² Gerente de Proyectos BID/UCAFES/ATI, calle las rosas No. 11 Col. La Sultana, El Salvador Tel. 243-1028 Fax: 435327 E-Mail: atiucafe@gbm.net

³ Director de ATI para Latinoamérica

ANTECEDENTES

La Unión de Cooperativas de Cafetaleros de El Salvador, UCAFES esta concebida como una organización de segundo nivel, sus integrantes son 18 Sociedades Cooperativas, las cuales están constituidas en su totalidad por productores de café, quienes se han asociado para integrarse verticalmente en las actividades de transformación (beneficiado) y comercialización del café, con el objetivo principal de acceder a un mayor valor agregado por su producto, manteniendo en tal sentido la tenencia individual de la propiedad.

UCAFES ha obtenido recursos de organismos internacionales, tales como AID, para implementar programas de fortalecimiento institucional a favor de sus afiliadas; de 1987 a 1991 desarrollo el programa "Transferencia de Tecnología del Café" y de 1991 a 1993 se llevó a cabo el programa "Asistencia Técnica para el Desarrollo Empresarial, ambos financiados por la Agencia Internacional para el Desarrollo.

Actualmente se está implementando el Programa de Financiamiento y Cooperación Técnica con recursos del Banco Interamericano de Desarrollo por un monto global de \$1.3 millones, el cual beneficiará a siete pequeñas Cooperativas, consideradas con un menor grado de desarrollo empresarial. Este programa se inició en enero de 1995, su ejecución esta a cargo de Appropriate Technology Internacional, ATI, institución de fomento empresarial, con sede en Washington, cuya misión radica en ayudar a los productores agropecuarios de pequeña escala a crear o fortalecer

empresas que sean económicas y ambientalmente sostenibles.

En este orden de ideas, El programa UCAFES/ATI/BID tiene como objetivos generales: mejorar el nivel de ingreso de los pequeños caficultores y sus familias, generar y/o consolidar oportunidades de empleo en el área rural y fortalecer financiera y administrativamente a las cooperativas beneficiarias. Los mecanismos para alcanzar estos objetivos consisten en la implementación de un fondo de crédito para los asociados y el financiamiento de infraestructura para el beneficiado de café.

En tal sentido las inversiones de infraestructura industrial han contribuido a aumentar la eficiencia del procesamiento de café, mejorar la calidad del grano y reducir los costos de operación, permitiendo que los productores reciban mejores precios por su café.

Dentro de los logros más importantes del programa podemos destacar la disminución de la contaminación ambiental mediante la aplicación de tecnologías apropiadas para minimizar el consumo de agua en el proceso de beneficiado de café, para el control y aprovechamiento de la pulpa y el tratamiento de las aguas de desecho provenientes del proceso.

En síntesis se han diseñado e implementado BENEFICIOS ECOLOGICOS, que pueden ser operados en armonía con el Medio Ambiente.

SITUACION DE LA COOPERATIVA LA UNION EN 1994

La Sociedad Cooperativa de Caficultores La Unión de R.L. se fundo en 1978 con un capital social de

¢6.500.00 contando inicialmente con 17 socios, para 1994 su capital se había incrementado a ¢193.000.00, contando actualmente con 8.4 socios activos, 11 de ellos mujeres y los 73 restantes hombres, todos ellos son pequeños productores de café con un promedio de extensión en sus propiedades de 2.8 hectáreas.

La Cooperativa esta situada en Santiago Texacuangos, a 30 kilómetros al sur de San Salvador, una zona rural en la que los cafetales conviven con especies de flora nativa, contribuyendo en tal sentido a mantener la biodiversidad del ecosistema el cual a su vez sirve de hábitat de especies animales en peligro de extinción.

Parcela de un Pequeño Caficultor, re-novación de café y sombra:

La Cooperativa posee sus oficinas y un pequeño beneficio pergaminero, el cual fue destruido durante el conflicto armado y posteriormente reconstruido por sus asociados, el beneficio contaba en 1994 con una capacidad instalada de 1.000 quintales oro-uva, con maquinaria antigua la cual era impulsada por un motor diesel de 10 H.P.; los rendimientos de café para la cosecha 94/95 fueron de 585 lbs. de café uva por 100 lbs. oro, con un consumo promedio de agua de 150 galones por quintal oro de café procesado y costos de producción de café de ¢70.00 (US\$8.00) por qq pergamino. Estos parámetros fueron el inicio de un diagnóstico en el cual se detectaron las siguientes observaciones:

Los bajos rendimientos de café se debían al mal estado y mala calibración de la maquinaria. La mala calidad del café era una consecuencia de la forma

en que se realizaba la operación de Lavado y a la falta de capacitación del personal operativo.

- Los costos de producción se debían a: Consumo de diesel, la distribución en planta del beneficio y por la cantidad de personas que ocupaban dentro del proceso, especialmente en las operaciones de Lavado y Secado de Café.
- El excesivo consumo de agua se debía a que: despulpaban el café utilizando agua, transportaban la pulpa y el café pergamino con agua, el café lo lavaban dentro de las pilas de fermento ocupando personal para remover el mucilago con los pies y luego utilizaban considerables cantidades de agua para enjuagarlo.
- La pulpa no era utilizada ni tratada y su transporte con agua, aumentaba los malos olores y la proliferación de insectos perjudiciales para la salud humana.
- Las aguas residuales o aguas mieles, provenientes de las operaciones de despulpe y lavado, aportaban un total de 4 kgs de DQO por quintal oro de café procesado, en forma de sólidos suspendidos y materia disuelta.

IMPLEMENTACION DEL BENE-FICIADO ECOLOGICO EN COOPE-RATIVA DE CAFICULTORES DE LA UNION DE R.L.

Sobre la base del diagnóstico anteriormente descrito, se efectuó en 1995 el

rediseño de las instalaciones de beneficiado de la cooperativa, se reacondicionó la maquinaria utilizable, se adquirió equipo moderno, se introdujo energía eléctrica y mecanismos para el manejo de los desechos provenientes del proceso.

Los cambios más relevantes efectuados en el beneficio para lograr incorporar un potencial ecológico fueron los siguientes:

- Se sustituye el sistema de lavado artesanal por un sistema mecánico, que permite la recirculación del agua en el proceso.
- Se reacondicionaron los despulpadores y ahora esta operación se realiza utilizando una mínima cantidad de agua.
- Se incorporo un sistema mecánico para el transporte del café y la pulpa, evitando el uso de agua en esta etapa.
- Se construyo un área para el almacenamiento de la Pulpa de Café.
- Se fabricó un Quemador de Cascarilla y Pulpa con el objetivo de generar calor para secado del café aprovechando los Desechos Sólidos provenientes del proceso.
- La pulpa que no es utilizada como combustible en el secado, es tratada diariamente con cal para evitar la proliferación de insectos y los malos olores, y posteriormente es convertirla en abono orgánico que es utilizado por los socios de la cooperativa.
- Se ha implementado un proyecto piloto, en el cual la pulpa será sometida a un proceso de descomposición por medio de

lombrices, conocido como vermicomposteo o lombricultura, que la transformara en abono orgánico.

- El abono orgánico proveniente del Vermicomposteo ha sido utilizado para el llenado de conos maceteros (tubetes) a los que se les sembrará semilla certificada y posteriormente se convertirán en Almacigos (Plantas de Café) para siembra.
- La poca cantidad de aguas mieles resultantes, se depositan en una fosa para su evaporación y sedimentación de los sólidos, tratándolas continuamente con cal para evitar los malos olores.

IMPACTO DEL PROGRAMA EN LA COOPERATIVA Y EN EL MEDIO AMBIENTE

La ejecución del proyecto, con la implementación de tecnologías apropiadas en el proceso de beneficiado y en el manejo de sus subproductos, ha causado un impacto positivo a la cooperativa y el medio ambiente de su zona de influencia:

- Sus asociados han recibido €40 adicionales por quintal comercializando a través de su cooperativa, al reducirse los costos de producción.
- La membresía de la cooperativa se ha incrementado en 20 Socios.
- El rendimiento del café procesado ha aumentado de 585 lbs. uva por 100 lbs. oro, a 522 lbs. uva por 100 lbs. de café en oro, mejorando la calidad del café obtenido.

- La introducción de la energía eléctrica ha permitido evitar el uso de diesel y por consiguiente la emisión de gases a la atmósfera.
- El consumo de agua se ha reducido de 150 galones, a 40 galones de agua por quintal oro procesado, lo cual ha facilitado su manejo y control.
- El manejo y tratamiento de las aguas mieles resultantes, evita que estas contaminen los cursos de agua o los mantos subterráneos.
- Eliminando el agua en el transporte de la Pulpa, preservamos los nutrientes orgánicos y se facilita su transporte y a su vez permite que esta sea utilizada como combustible o como abono orgánico, minimizando el uso de diesel y abonos químicos.

CONCLUSION

Es de todos conocidos las ventajas que se obtienen al procesar el café por la Vía Humedad, en cuanto a la

CALIDAD DEL CAFE (apariencia, acidez, aroma), no por ello es menos importante el reducir el consumo de agua en los beneficios de café. El término **ECOLOGICO** se deriva exclusivamente de la tecnología, infraestructura y principalmente del uso y manejo que se les den a los subproductos provenientes del beneficiado del café, es de hacer notar que las inversiones que se hagan para lograr lo anteriormente expuesto irán acordes a la capacidad instalada de cada planta de procesamiento. La ejecución de este programa en las instalaciones de beneficiado de la Cooperativa La Unión, demuestra que la protección del medio ambiente no debe ser considerado como un gasto, sino también como una inversión que permitirá a las empresas obtener una rentabilidad a corto plazo y a largo plazo heredar a las futuras generaciones un país en él que puedan nacer y desarrollarse plenamente.

Es de resaltar, que compartimos la idea de que el **CULTIVO DEL CAFE** es amigable con el medio ambiente por ende su **PROCESAMIENTO** deberá de sustentar esa misma armonía.



SOSTENIBILIDAD

MANEJO INTEGRADO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN COSTA RICA

Gustavo A. Enríquez¹
Armando Lopez-Rubio

RESUMEN

Transformar los desechos agroindustriales para hacerlos utilizables es, no solamente resolver un problema de contaminación ambiental sino contribuir también a mejorar la calidad del medio y favorecer la sostenibilidad de la producción agrícola. A más de reducir los costos de producción por reducir el valor del abono que reemplaza al abono químico usado para obtener altos rendimientos, su producción, puede convertirse en un buen negocio, si la calidad y oportunidad son adecuados. En la empresa todas las debilidades y amenazas deben ser atendidas con oportunidad para ser superadas, tales como una mala disposición de los residuos que puede contaminar el suelo, el agua, el ambiente, erosión (por falta de cobertura adecuada), etc. La mala aplicación de material orgánica a suelos pobres puede ocasionar toxicidad a las plantas, con efectos pocos conocidos. La producción de biocompost en forma técnica es un aspecto de mucha importancia en una finca, pues este debe ser sano en el sentido de no tener patógenos tanto para el hombre como para las plantas y debe ser muy rico en nutrimentos para ser efectivo en el suelo. El biocompost lo podríamos definir como el producto resultante de someter a un proceso de fermentación controlado, una serie de residuos orgánicos sólidos o semi-sólidos y obtener al cabo de un tiempo relativamente corto (6-8 semanas), un material semi-humificado, libre de larvas o huevecillos de insectos plaga así como de gérmenes patógenos, pero rico en microorganismos benéficos al suelo y con una amplia gama de macro y microelementos disponibles para la nutrición de las plantas. En el presente trabajo se manejan unas 10.000 t anuales, de las cuales 6.000 t provienen del ingenio azucarero y las 4.000 t restantes del beneficio de café. Durante cinco años se ha estado trabajando en el mejoramiento del sistema para establecer una industria de compost. Muchos de los abonos orgánicos que se producen en Costa Rica y en otras partes del mundo, presentan un problema que tiene que ver con la presencia de Phyllophaga ("joboto" y otros microorganismos dañinos) en el abono orgánico final. El abono orgánico que se elaboró con este sistema no ha presentado prácticamente problemas en tal sentido, y más bien los resultados del análisis químico efectuados recientemente, indican que no se detectan residuos de plaguicidas, a pesar de que los desechos orgánicos con que se elabora este biocompost, proviene de sistemas de producción convencional. Si la fermentación no es adecuada se produce un material mal manejado y al momento de aplicar puede haber problemas en el suelo, hasta que la descomposición sea completa.

Palabras claves: Manejo integrado, residuos agroindustriales, abono orgánico, biocompost café, Costa Rica.

¹ IICA, San José, C.R.

INTRODUCCIÓN

El deseo de crecer en armonía con el ambiente con miras a preservar nuestras fuentes de riqueza, se traduce al lenguaje productivo en forma de riesgos y oportunidades para responder así al desafío ambiental que impone el crecimiento de la actividad productiva (Quiróz, 1996). Un proyecto industrial, debe procurar su integración vertical. Para lograrlo, busca establecer alianzas estratégicas con otras empresas que cuentan con tradición como productores, transportistas, transformadores e industrializadores, y trata de aprovechar las ventajas que ofrecen los tratados de libre comercio, con el objetivo de incursionar en el mercado internacional, exportando productos elaborados o semielaborados que podrían ingresar con aranceles muy bajos a algunos países.

Una de las principales fortalezas de una empresa está en el hecho de que sus socios creen en las ventajas que ofrece una organización verticalmente integrada, la cual se constituye en una alternativa viable y sostenible.

Uno de los rasgos característicos de toda empresa agroindustrial de éxito, es la que combina la tecnología de punta en materia de producción, transformación y mercadeo con un manejo sensato de los subproductos que genera, para prevenir la contaminación ambiental y asegurar la conservación de su principal recurso productivo, el suelo.

Problemática de los residuos agroindustriales:

Normalmente el proceso agroindustrial del café, banano, palma aceitera,

caña de azúcar, etc, produce o genera varias clases de subproductos o residuos orgánicos que se conocen como broza, raquis, pinzotes, fibra de pulpa, cascarilla, cuescos, nueces, etc. Algunos de estos se aprovechan como fuente de combustible quedando como remanente la ceniza. Por otro lado, en la industria de la palma aceitera y en la caña de azúcar, como ejemplo, la operación de clarificación genera un desecho denominado "lodo" o "cachaza" y que, junto con los otros residuos, reclaman ser tratados adecuadamente para eliminar el impacto ambiental que ocasionan (López, 1996).

En general no existe estadísticas de los residuos que produce la industria costarricense, igual que en la mayoría de los otros países americanos, sin embargo, hemos hecho un primer intento para estimar los residuos de tres cultivos importantes para Costa Rica como el café, la caña de azúcar y el banano, así como de uno que aunque no es tradicional, está adquiriendo mucha importancia, la palma aceitera.

En el Cuadro 1, se detalla la superficie cultivada de los productos seleccionados, la producción total, los residuos parciales y totales, una estimación de los residuos por hectárea, la relación de residuos por hectárea cultivada, y la relación residuos/ producción.

Esta información nos da una idea bastante clara de la cantidad de residuos que se tienen en Costa Rica, de algunos de los cultivos mas importantes, sin considerar que las pérdidas por otros cultivos, que quedan como desechos, especialmente durante la poscosecha es muy grande, especialmen-

te de frutas tropicales. Es interesante entender que uno de los productos que proporcionalmente deja más residuos es el cultivo del banano y que su tonelaje pasa de un millón de t/año. Por lo que hace al análisis sobre el manejo y disposición final de los residuos y desechos, la debilidad interna en algunas industrias (banana, palma aceitera) radica en el hecho de que las plantas agroindustriales en su conjunto se ubican en un área cuya altura está a muy pocos metros sobre el nivel

freático o del mar; esto influye en que el espejo del manto freático también esté a escasa profundidad, y por lo tanto aumentan los riesgos de contaminación de estas aguas con los productos resultantes de la descomposición no controlada, de las masas que en grandes cantidades se acumulan en varios sitios por varios años, especialmente en áreas ubicadas alrededor de las plantas procesadoras, lugares que las administraciones destinan inicialmente para el manejo de los residuos.

Cuadro 1. Cálculo estimado de residuos generados por el procesamiento de café, caña de azúcar, banano y palma aceitera (1996).

CULTIVO	Superficie cultivada ha (000)	Producción total t	Residuos totales t	Residuos parciales t	Total residuos t/ha	Relación residuos/ producción t/t
Café cereza	106,00	865.612	527.158	-	4,97	0,61
Broza				372.214		
Mucflago				102.142		
Cascarilla				52.802		
Caña de azúcar	47,00	3.049.634	869.146	-	18,49	0,29
Bagazo				762.409		
Cachaza				106.737		
Banano (fruta exportada)	49,19	1.933.344	1.404.892	-	28,56	0,73
Pinzote				348.806		
Desperdicio				1.056.091		
Palma aceitera (fruta fresca)	27,03	461.184	292.575	-	10,82	0,63
Raquis				105.796		
Fibra				61.245		
Cascarilla				32.652		
Lodo				92.882		

Fuente: Armando López Rubio, 1997

Lamentablemente también se han utilizado estos sitios para botar los desechos de los químicos usados en la producción y en la extracción convirtiendo tales sitios en vertederos no controlados y haciendo más difícil, y costosa la tarea de manejar y disponer eficazmente los residuos orgánicos vegetales.

Al interior de los sistemas de producción agrícola existen, más que debilidades, una serie de amenazas que lenta pero continuamente están deteriorando el equilibrio físico, químico y biológico del suelo, considerado éste como el principal factor de la producción agrícola. Tales amenazas tienen que ver con los efectos de la erosión del suelo, no bien protegido, ocasionadas por las elevadas precipitaciones pluviales, no solo aquellas normales correspondientes a un régimen de clima tropical húmedo, sino a aquellas situaciones impredecibles como las tormentas y huracanes. La acción de la erosión del suelo está ligada a la importancia de la coberturas de éste. Bajo condiciones normales la elevada precipitación que descarga sobre un suelo que expone un elevado porcentaje de su superficie sin cobertura vegetal, como es común observar en plantaciones mal manejadas, provoca un efecto destructor ciertamente mayor de la capa agrícola del suelo que cuando éste presenta cierto tipo de protección.

Desventajas de los residuos "crudos":

Otra amenaza importante de resaltar tiene que ver con la práctica de depositar en el suelo, los residuos de las cosechas, transformaciones primarias

o secundarias o de cualquier otra fuente en las fincas de producción, sin previo tratamiento, es desde varios puntos de vista, inadecuada y perjudicial, ya que es de sobra conocido el efecto negativo que ejercen las masas orgánicas en descomposición sobre la calidad biológica y la salud de las plantas.

Cuando se trata de residuos ricos en celulosa y pobres en nitrógeno como es el caso de los residuos de la palma aceitera, de la broza del café, del bagazo de caña de azúcar, los tamos de varias especies, etc, la evolución de su descomposición, mediante los procesos naturales, es muy lenta, ya que los microorganismos normales del suelo, han de realizar un esfuerzo mayor para atacar el material lignificado. Para ello han de extraer del suelo una mayor cantidad de nitrógeno, bloqueándolo durante más tiempo, para asegurar su propia multiplicación, dejando posteriormente en el suelo un humus estable y rico en nitrógeno. Entre tanto es posible detectar un efecto depresivo de este elemento sobre la vegetación durante dicho proceso de la humificación que tiene lugar en forma natural.

Investigaciones realizadas en los Estados Unidos de Norte América han demostrado que en ciertos suelos pobres se encuentran ácidos grasos que son tóxicos, principalmente para la vegetación. El origen de estos compuestos podría hallarse en la descomposición de la materia orgánica del suelo, cuya esterilidad zonal, en ciertos casos podría explicarse por la presencia de tales sustancias (Cercós, 1957). La existencia de una vegetación determinada, también puede dar

lugar a la aparición de sustancias tóxicas en el suelo. Así Pieltre, citado por Cercós (1957), comprobó que en el Brasil, en suelos de intenso cultivo del café, aumentó el contenido del ácido lignocérico.

Por lo que hace a los aspectos sanitarios, es sabido que la mayoría de los gérmenes patógenos al hombre mueren a temperaturas que oscilan entre los 55 y los 65° C. Estas temperaturas letales no se alcanzan, ni mucho menos se sostienen, por tiempos prolongados cuando los desechos orgánicos son botados en algún sitio, sin proporcionarles ningún manejo posterior. En tales condiciones se suscita un proceso de descomposición natural caracterizado por dos clases de fermentación: una denominada aeróbica y otra anaeróbica, según que el material en cuestión esté o no expuesto al aire atmosférico. Como consecuencia se presentará un cuadro de temperaturas variadas y en diferentes puntos de la masa que está fermentando.

El resultado de todo esto es que en el curso de dicho proceso de fermentación se observarán zonas deshumificadas, mientras que en otras solo estarán semipodridas. Por otro lado la flora microbiana, constituida por una gran variedad de hongos, bacterias, levaduras, etc, también será muy diferente en cada zona abundando los gérmenes patógenos en cada parte semidescompuesta, debido a no haber alcanzado temperaturas lo suficientemente altas y mantenerse por el tiempo mínimo requerido para lograr la destrucción de tales gérmenes. De aquí surgen pues los focos de infección que posteriormente contamina-

rán tanto al suelo como a las plantas. Las consecuencias agroambientales de estos desaciertos que se cometen por omisión, descuido o ignorancia, tendrán que pagarse en el corto o en el mediano plazo, por no haber tomado las medidas apropiadas, orientadas a preservar la salud del suelo en particular y del ecosistema en general.

Aspectos negativos de la incineración:

Y si por economía de costos de transporte de los residuos a las fincas, se opta por la incineración, la ceniza resultante que finalmente se traslade al campo tendrá efectos negativos también, particularmente al provocar desequilibrios en las relaciones de los nutrimentos minerales y que regulan de algún modo el proceso de absorción y de síntesis en las plantas; efectos que serán perceptibles en el mediano o largo plazo pero quizá de índole irreversible.

Esta práctica de incineración de residuos orgánicos (tanto agroindustriales como agrícolas) está cayendo en desuso no solamente por las razones citadas, sino porque está siendo vista con recelo creciente en muchos países, debido al impacto ambiental negativo que provoca la emisión de gases perjudiciales tales como: el monóxido de carbono, los óxidos del nitrógeno y el dióxido de azufre, entre otros que en forma de humos escapan a la atmósfera, contribuyendo con su cuota respectiva a alterar el clima.

En otras palabras, mediante la incineración de los residuos solamente se está transformando el problema de la contaminación de sólido a gaseoso. Por lo que la mejor alternativa sería

aquella que mejor contribuya a la sostenibilidad del medio, de manera tal que no solo se resuelva eficazmente el problema ambiental que ocasionó los residuos sino que mediante el adecuado recirculamiento de los mismos se favorezca el desarrollo sostenible de la producción agrícola.

Utilización de los residuos como combustible:

Finalmente, debemos considerar una debilidad inherente al uso de los residuos orgánicos como fuente de combustible. Esta alternativa en primer lugar, se ha optado para aquellos sistemas en donde o bien se carece de otras fuentes energéticas más eficientes o bien porque constituye una manera práctica de deshacerse de tales residuos y disminuir el impacto ambiental.

Sin embargo, cuando se dispone de un sistema biotecnológico para aprovechar los residuos y convertirlos en un bioabono de alta calidad, resulta poco aconsejable seguir quemando la valiosa materia orgánica.

Lo sensato sería en este caso, substituir tales fuentes carbonáceas por otras de mayor poder calorífico, como podrían ser, entre otras, el establecimiento de forestales para leña, Tal como sugieren Reiche y Campos (1986), con miras a substituir los combustibles derivados del petróleo, utilizados en los beneficios del café. Es de esperarse que esta substitución tenga un doble efecto: por un lado se incrementaría la eficiencia térmica, al utilizar fuentes calóricas más concentradas en razón de tener una mayor densidad aparente, por lo cual se

reduciría la frecuencia de alimentación a las calderas. El otro efecto se relaciona con la emisión de humos que habría que evaluar en uno y otro caso, como se mencionó anteriormente. Un hecho es cierto: la calidad de la fibra de las fuentes que se utilizan (fibra de pulpas, cascarilla, nueces, etc) para combustible, son de lo mejor para fabricar bioabono, lo cual se traduciría en una mejor calidad del producto final y en consecuencia una mayor eficacia en su utilización en las fincas.

Los bioabonos como la mejor alternativa:

Si el suelo no tiene la capacidad suficiente de resistir el impacto de las altas precipitaciones pluviales, no solo corre el riesgo de perderse, junto con los nutrimentos minerales sino que contribuye además, indirectamente, a la eutroficación de los ríos, lagos y mantos freáticos. Tales efectos nocivos se podrían subsanar mediante la introducción de prácticas de aplicación de abonos de superficie. Dicho cubrimiento orgánico-biológico, tal como un bioabono de calidad, impide eficazmente la acción mecánica destructora de las fuertes precipitaciones sobre la estructura celular en formación y porque así también se amortiguan los choques de las gotas de agua.

No se debe pues, alentar y continuar con la ejecución de prácticas equivocadas como las que se han señalado anteriormente, porque además de ser antiagronómicas, atentan contra los frágiles ecosistemas tropicales al provocar la ruptura de los delicados equi-

librios naturales y cuyas consecuencias las habremos de padecer, si no nosotros, las generaciones venideras. En cambio, baste señalar que la aplicación de la materia orgánica establecida en el suelo, como la que se obtiene de un biocompost o bioabono, de alta calidad sanitaria y agronómica promueve entre otras cosas, lo siguiente: una intensa actividad biológica, la capacidad de intercambio de nutrientes, el equilibrio del agua y la estructura del suelo. Como consecuencia, los campos están menos propensos a la erosión y, por otro lado, una mejor retención de los nutrientes del suelo y un mejor desarrollo radical del cultivo, contribuyen finalmente a mejorar la eficacia de los fertilizantes inorgánicos sobre la cosecha y, por lo tanto, haciendo más económico el uso de éstos últimos (López, 1997).

En cuanto a la eficiencia misma de los bioabonos, aplicados al suelo, debe enfatizarse que aquella es mucho mayor en los bioabonos que en los simples desechos orgánicos, tanto desde el punto de vista cualitativo como del cuantitativo. No disponemos de datos experimentales respecto al bioabono hecho con los residuos del café, sin embargo, trabajos conducidos en Europa permiten concluir que la aplicación de 30 t de estiércol en el suelo agrícola surte el mismo efecto biológico que 1 t de bioabono hecho con este desecho animal; y para obtener una tonelada de bioabono se requiere 2,5 t de estiércol.

Por lo que por analogía se podrían esperar resultados semejantes con el uso de bioabonos a partir de los residuos del café. Al menos, valdría la

pena efectuar ensayos de campo para evaluar los efectos correspondientes, tal como se ha hecho para determinar la eficiencia del estiércol.

En el área de Puriscal los agricultores han realizado pruebas empíricas para probar los beneficios de la aplicación de un bioabono comparado con la aplicación de los residuos del procesamiento del café y han llegado a conclusiones muy satisfactorias desde el punto de vista de ellos, tanto sanitarias, como nutricional y como protector del suelo

Al igual que no hay datos acerca de los residuos, en general, de los productos agropecuarios e industriales, tampoco está claro de qué cantidad de bioabono se puede obtener de esos desechos. El Cuadro 2 presenta un estimado de estas cantidades de los cuatro cultivos que hemos seleccionado como ejemplo.

Sobre un total de un poco más de 3 millones de toneladas de residuos orgánicos generados por las cuatro agroindustrias consideradas, es factible llegar a obtener al rededor de 1,2 millones de toneladas de bioabono anualmente, habiendo tomado en forma conservadora un factor del 40 % como rendimiento final de la materia prima estimada.

Obviando los aspectos de operación y estimando un promedio de aplicación de 5 t/ha, el bioabono así obtenido de los residuos del café, permitiría abonar unas 42.172 ha, siendo insuficientes para las 106.000 ha de este cultivo. En el caso del banano y la caña de azúcar habría un poco de superávit, pero en la palma aceitera habría un déficit, aunque muy pequeño. Es importante tomar en cuenta que el Ar-

título 281 de la Ley General de Salud establece que las empresas agrícolas e industriales deben disponer de sistemas de separación y disposición final de los desechos sólidos procedentes de sus operaciones, cuando por su naturaleza o cantidad no fuere sanitariamente aceptable el uso del sistema público (rellenos sanitarios).

Asimismo, para la recuperación, aprovechamiento o industrialización de desechos se debe contar con la APROBACIÓN del Ministerio de Salud, quien debe comprobar que tales actividades efectivamente cumplen los requerimientos sanitarios y no contaminan el ambiente. Con base en lo arriba expuesto, es indudable que la mejor opción sobre el destino de los residuos que actualmente no se están aprovechando es el de procurar su conversión ambiental y sanitariamente, en un bioabono de alta calidad. El bio-compost (bioabono) lo podríamos definir como el producto resultante de someter a un proceso de fermentación controlado, a una serie de residuos orgánicos sólidos o semi-sólidos y obtener al cabo de un

tiempo relativamente corto (6-8 semanas), un material semi-humificado, libre de larvas o huevecillos de insectos plaga, así como de gérmenes patógenos, pero rico en microorganismos benéficos al suelo y con una amplia gama de macro y microelementos disponibles para la nutrición de las plantas. Podemos llamarlo también abono orgánico de alta calidad o bioabono.

Actualmente, se detecta en el país en general mucha confusión y procedimientos ineficaces acerca de los abonos orgánicos, no solo en su preparación comercial, sino acerca de su aplicación. Para regular estos aspectos, el Programa de Agricultura Orgánica dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería, recién ha concluido un borrador del "Reglamento de Agricultura Ecológica", (Ramírez, 1996) el cual posiblemente se apruebe y salga publicado a principios de 1997. El objetivo único de dicho reglamento es el de establecer directrices que regulen la producción, elaboración y mercadeo de productos ecológicos en Costa Rica, y definir la

Cuadro 2. Cálculo estimado de bioabono por medio de compostaje adecuado de los residuos de la agroindustria de cuatro cultivos. Costa Rica, 1997.

Actividad Agroindustrial	Residuos totales t	Bioabono obtenido t	Área potencial de abonamiento (ha)
Café	527.158	210.863	42.173
Caña de azúcar	869.146	347.658	69.532
Banano	1.404.892	561.957	112.391
Palma aceitera	292.575	117.030	23.406
TOTAL	3.093.770	1.237.508	247.502

Fuente : A. López Rubio, 1997

normativa para las diferentes etapas de los procesos de producción y certificación de los mismos.

De acuerdo con esto, el compost se debe entender como el "abono compuesto", "bioabono" en adelante "compost", al producto natural resultante de transformaciones biológicas y químicas de la mezcla de sustancias de origen vegetal, animal y mineral, utilizado como fuente de nutrimento y mejorador de suelos. Entretanto, no existe oficialmente a la fecha ningún reglamento sobre fabricación de compostes, otro aspecto normativo al cual debe prestarse urgente atención, al igual que las normas de calidad sanitaria y agronómicas del bioabono, para regular su comercialización.

Como es de suponer, el uso de bioabonos de alta calidad, elimina prácticamente el riesgo de infecciones las cuales normalmente sobrevienen como consecuencia de botar residuos "crudos" en la finca o bien de utilizar abonos orgánicos de baja calidad sanitaria.

Características de un bioabono de alta calidad para el trópico:

De acuerdo con los resultados obtenidos durante los diez últimos años de investigaciones y desarrollo de metodologías prácticas, para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales en Costa Rica, se puede concluir que hay suficientes resultados o evidencia para producir bioabono de alta calidad. Falta adaptar ésta tecnología a diferentes materiales orgánicos residuales de la agricultura y de la agroindustria, al igual que hacer adaptaciones apropiadas a diferentes lugares (considerando la temperatura como factor cambiante), y al mismo

tiempo, hacer mas estudios sobre el perfil sanitario de los bioabonos.

Los métodos desarrollados, que contemplan un cuidadoso manejo de la actividad microbiana, sirve para destruir los patógenos y darle estabilidad al producto, así como para reducir los costos de operación durante el proceso. A continuación se detallan algunas de las características mas importantes respecto a la calidad sanitaria, agronómica y nutricional del bioabono.

- Es un material estabilizado biológicamente.
- Contiene materia orgánica pre-humificada en buena proporción.
- Contiene cantidades limitadas de macroelementos pero muy alta en microelementos nutritivos.
- Asegura un pH alrededor de 7, lo que favorece la aplicación en cualquier tipo de suelo.
- Tiene una estructura porosa, un tamaño uniforme de sus agregados y un color marrón oscuro.
- No contiene larvas ni huevos de insectos plagas, al igual que semilla de mala hierba.
- Pueden transporta fácilmente larvas de lombriz de tierra.
- Contiene una carga muy elevada de microorganismos benéficos al suelos y al hombre (bacterias, levaduras y hongos).
- Es muy fácil de aplicar al suelo por sus características físicas.

Por lo arriba expuesto, resulta evidente que la mejor alternativa sobre manejo y disposición final de los residuos orgánicos tales como los que genera la actividad agroindustrial del café, es la de lograr su conversión en un bioabono de alta calidad, tal como se acostumbra en países desarrollados principalmente europeos.

CONCLUSIONES

1. De lo anterior podemos concluir:
2. La problemática sobre la gestión de los residuos que genera la actividad agroindustrial, parece encontrar respuesta en la idea de transformar dichos residuos en un bioabono de alta calidad, habida cuenta de que existe la tecnología disponible como de hecho ya se cuenta con exitosas experiencias en el país.
3. El bioabono resultante ofrece un excelente oportunidad de que, mediante su adecuado uso en las fincas, coadyuve al mejoramiento de los sistemas de producción al incidir en los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo.
4. Es factible que en el futuro mediato se puedan liberar ingentes cantidades de los residuos que actualmente se destinan para combustible de las plantas procesadoras de café, aceite, azúcar, etc, mediante la substitución total o parcial por otras fuentes energéticas y aprovechar los

primeros para su conversión en bioabono.

BIBLIOGRAFIA

- CERCOS, A. P. 1957. Los antibióticos y sus aplicaciones agropecuarias. Barcelona, Salvat Editores, S.A. 475 p.
- LOPEZ-RUBIO, A. 1996. Manejo integrado de los residuos agroindustriales en la zona sur de Costa Rica. Servitecnia S.A. Costa Rica. (En prensa).
- LOPEZ-RUBIO, A. 1997. El mejoramiento de la agricultura mediante la biodegradación controlada de los residuos agroindustriales. Servitecnia, S.A. Costa Rica. (En prensa.)
- QUIROS, A. 1966. ¿Quién experimentará en cabeza ajena?. Actualidad Económica N°2 Vol. XI.
- REICHE, C.; CAMPOS ARCE, J.J. 1986. El consumo de leña en los beneficios de café en Costa Rica. Problemas y alternativas forestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe técnico No 68. p.72.
- RAMIREZ, G. 1966. Reglamento de Agricultura orgánica. MAG, Costa Rica. (Información personal).

SOMBRA O SOL PARA UN CAFETAL SOSTENIBLE: UN NUEVO ENFOQUE DE UNA VIEJA DISCUSION ¹

Reinhold G. Muschler,²

RESUMEN

En la discusión sobre beneficios de sombra o sol para una producción ecológicamente sostenible de café, los papeles de las condiciones ambientales específicos han sido muchas veces subestimados. Los factores claves para la decisión sombra o sol se pueden dividir en tres grupos: (1) los objetivos de producción, (2) factores ambientales, y (3) el nivel y la calidad de insumos para mejorar las condiciones ambientales para EL café. Después de presentar el papel de cada factor clave, se propone un modelo hipotético que podría permitir reunir información contradictoria sobre efectos de sombra de diferentes zonas cafetaleras del mundo en una teoría unida.

Palabras claves: sombra, sostenibilidad, café, *Coffea arabica*, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

La discusión si cafetos se benefician o no de árboles asociados es tan vieja como la historia de cultivar café. Trabajos pioneros (p.e. Lock 1888; Cook 1901) hasta revisiones recientes (p.e. Fournier 1988; Beer *et al.* 1997; Fernandez y Muschler 1997) presentan evidencia contradictoria sobre el valor de sombra para diferentes zonas cafetaleras. Aunque todas estas obras dan muchas razones en favor o en contra de sombra, hay pocos intentos de proponer un marco conceptual que permita unificar esta información para ambientes diferentes. Este artículo

propone una hipótesis gráfica que podría unir las posiciones contradictorias a través de la evaluación de factores claves para la decisión sombra o sol para café en un sistema ecológicamente sostenible.

Factores claves para la decisión sombra o sol:

Los factores claves se pueden organizar en tres grupos (Fig.1) (Muschler 1997). Si los objetivos de producción y protección incluyen la conservación de los recursos naturales, sobre todo suelos, aguas y biodiversidad, se optaría por el sistema sombreado de mayor diversidad biológica; así, tam-

¹ Presentado en el 18^o Simposio Latinoamericano de Caficultura, San José, Costa Rica. Setiembre 1997

² Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Apdo 126, 7170 CATIE, Costa Rica, FAX (506)-556-1533 E-mail: muschler@catie.ac.cr

bién, si el caficultor se interesa por la producción de café orgánico y/o productos adicionales de los árboles (grupo uno). Aunque el debate académico sigue sobre la relación entre biodiversidad y estabilidad de ecosistemas (p.e. Schulze and Mooney 1994) parece que la mayoría de los trabajos sobre café concuerdan que la producción de cafetales diversificados y sombreados es típicamente más estable. El segundo grupo, los factores ambientales, enfoca en las condiciones ecológicas de una finca y sus limitaciones. Suelos pobres, deficiencia de agua, estrés microclimático a elevaciones menores y vientos fuertes favorecen el uso de sombra, o al menos de árboles para rompevientos. El tercer y último grupo de factores determinantes consiste en insumos que pueden ser utilizados para reducir las limitaciones ambientales. En la mayoría de los casos, el monocultivo sin sombra puede ser sostenido solamente mientras que haya financiamiento y agroquímicos. Este último sistema típicamente incluye variedades modernas de alta productividad, mientras que las variedades tradicionales parecen ser más adaptadas a ambientes con sombra (Wrigley 1988; Fernandez y Muschler 1997).

Producción de café en función de fertilidad de suelo y elevación:

Para la siguiente discusión, la sombra de árboles asociados sea definido como un promedio de 50% de la radiación fotosintéticamente activa (RAFA) al pleno sol. En cualquier suelo, la relación hipotética entre la producción de café y la elevación como de-

terminante principal del microclima, mostrará típicamente un máximo de producción en un rango que representa las elevaciones "ideales" para café. (Fig 2A y B). Para muchos países Centroamericanos este rango ideal se encuentra entre los 900 y 1400 msnm.

En suelos sin limitaciones de nutrientes, humedad y sin barreras para enraizamiento (Fig 2A), el máximo de producción es más pronunciado para café al sol que para café bajo sombra. Fuera de la zona óptima, a elevaciones menores la producción de café al sol baja fuertemente debido al estrés por altas temperaturas. En elevaciones mayores la producción al sol baja debido a temperaturas mínimas y posiblemente daños por viento. En estas condiciones sub-óptimas, la asociación con árboles para proyectar una sombra intermedia y moderar los extremos microclimáticos puede aumentar la producción con respecto al cafetal al sol, siempre y cuando la competencia por nutrientes o agua no sea seria. Este efecto positivo es marcado como "shade contribution" en la Fig 2. En contraste, el sombreado de café en las zonas óptimas, reduciría la producción con respecto al cafetal sin sombra ("excessive shade"). Comparado con estos suelos "buenos", la producción de ambos sistemas es reducida en suelos con limitaciones de fertilidad (Fig 2B). Sin embargo, los beneficios ecológicos de los árboles asociados, sobre todo a través del reciclaje de nutrientes y la adición de materia orgánica, causarían que la reducción en el sistema arbolado sería relativamente menor que en un cafetal al sol. Así, la proporción

1. El objetivo de producción/protección es

<---	no	CONSERV. REC. NAT.	si	--->
<---	no	ESTABILIDAD ?	si	--->
<---	no	BIODIVERSIDAD	si	--->
<---	no	PROD. ORGANICA	si	--->
<---	no	PRODUCTOS ADDIC.	si	--->

2. Los factores ambientales son

<---	bueno	SUELO	malo	--->
<---	alta	HUMEDAD	baja	--->
<---	alta	ELEVACION	baja	--->
<---	no	VIENTO	si	--->

3. Los insumos son

<---	si	FINANCIAMIENTO	no	--->
<---	si	AGROQUIMICOS	no	--->
<---	VAR. DE ALTA PRODUCTIVIDAD			--->
	VARIEDAD TRADICIONAL			--->

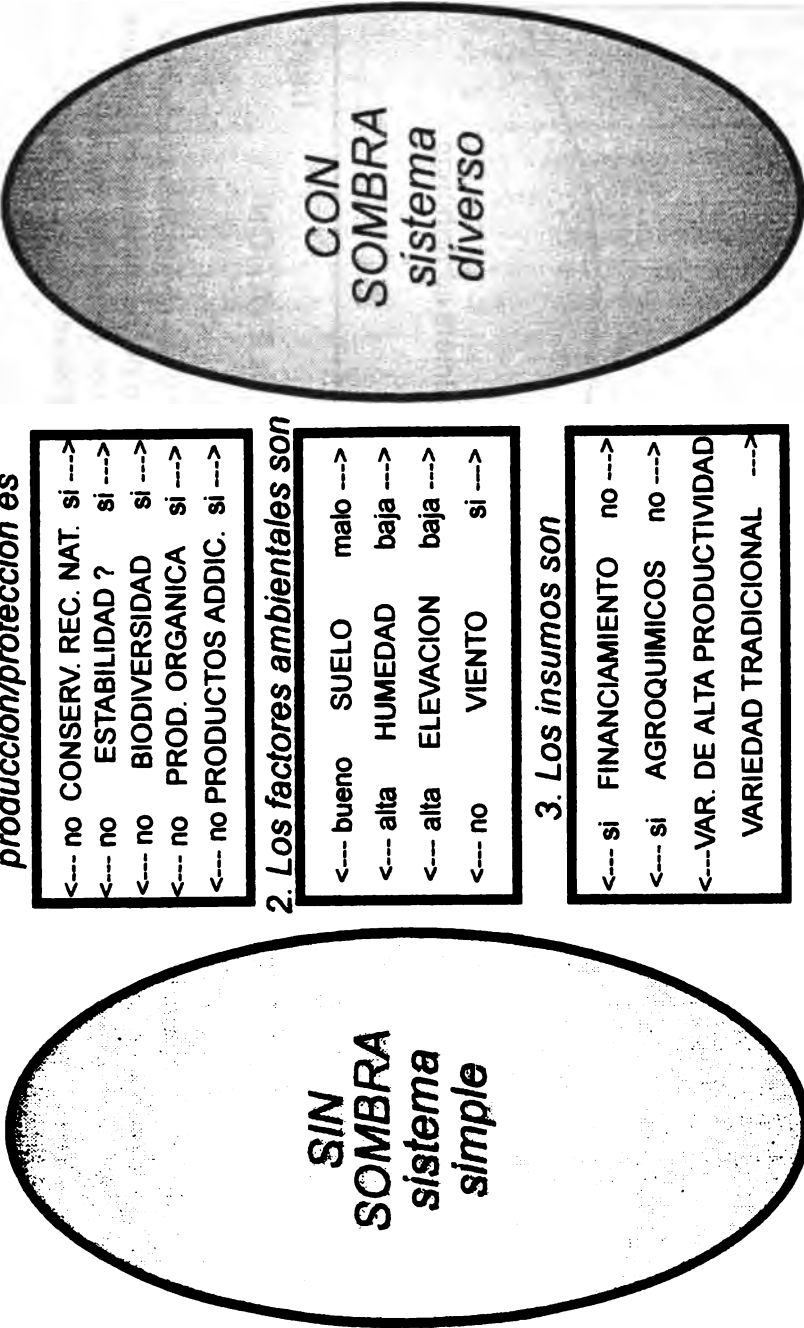


Fig 1. Los tres grupos principales de factores que determinan la decisión si se cultiva café con o sin sombra. La combinación de factores determina la densidad y diversidad de los árboles asociados (Muschler 1997a).

A: "good" soil

B: "bad" soil

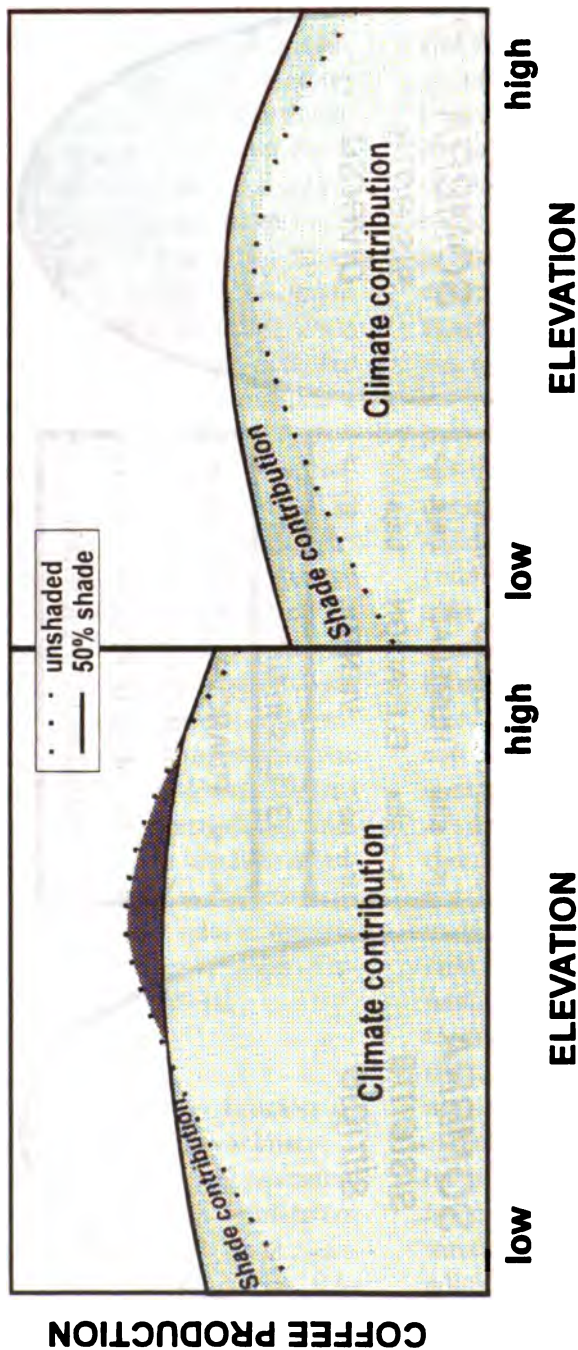


Fig 2 : Idealized hypothetical coffee production without shade and under trees giving 50% shade as a function of elevation for soils without (A) or with (B) limitations of rooting depth, nutrients or moisture. While production of unshaded coffee for given soil conditions and elevation depends primarily on climatic conditions ("Climatic contrib."), shade may improve production ("Shade contribution") in marginal conditions. At ideal coffee elevations and on soils without limitations shading may reduce production (dark area) (modified from Muschler 1997).

relativa del aporte ecológico de los árboles aumentaría en dichos suelos con limitaciones. Por ende, los árboles asumirían un rol más importante en ambientes limitados.

DISCUSIÓN

El modelo de la Fig 2 acomoda bien los efectos de un experimento comparativo de sol y sombra que fue repetido en diferentes elevaciones en Costa Rica. En Turrialba, un zona cafetalera de baja elevación, la producción promedio de 8 años de parcelas que no fueron fertilizadas pero que tenían sombra (estimado a menos de 30%) y biomasa de *Erythrina poeppigiana* superó la producción de parcelas al sol en un 65% (650 msnm; Ramirez 1993). A elevaciones mayores como en Grecia a 950 msnm y en San Isidro a 1350 masl, con temperaturas mas bajas, esta ventaja de las parcelas sombreadas también ha sido marcada, pero reducida a 37% y 17%, respectivamente (ICAFE-MAG 1989; ICAFE 1996). Fertilización de ambos sistemas, con y sin sombra, aparentemente redujó las limitaciones nutricionales y permitió que la producción al sol superó la producción bajo sombra a la elevación "ideal" de 1350 msnm. Sin embargo, en concordancia con Fig 2, este no fue el caso para los dos experimentos a elevaciones menores donde los tratamientos al sol probablemente fueron más limitados por estrés de altas temperaturas que por nutrición. Efectos positivos de sombra de 40 a 60% en elevaciones bajas también han sido reportados por Muschler (1995).

CONCLUSIONES

Utilizando elevación y condición de suelo para separar las respuestas de café a sombreadamiento en ambientes óptimos y subóptimos puede presentar un concepto útil para reunir información contradictoria sobre producción. Sin embargo, la concordancia aparente entre los datos de diferentes elevaciones en Costa Rica con el modelo presentado tiene que ser verificado con información de otras áreas cafetaleras.

BIBLIOGRAFIA

- BEER J W, MUSCHLER R G, SOMARRIBA E, KASS D, 1997. Shade management in coffee and cacao plantations - a review. *Agroforestry Systems* (in print)
- COOK OF 1901. *Shade in Coffee Culture*. Washington: USDA, Division of Botany. Bulletin No.25. 79pp.
- FERNANDEZ C E, MUSCHLER R G, 1997. Los sistemas de cultivo del café frente al desafío del ecodesarrollo. In: Bertrand B, Dufour B, Sallée B (eds). *Desafíos de la Caficultura Centroamericana*. CI-RAD/IICA-/PROMECAFE. 30 pp manuscript (in review)
- FOURNIER LA 1988. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico.

- Agronomía Costarricense
12:131-46
- ICAFFE-MAG 1989. Informe Anual de Labores 1989. San José, Costa Rica: Programa Cooperativo Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) - Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 147 pp.
- ICAFFE 1996. Informe Anual de Labores 1995. Heredia, Costa Rica: Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). 203 pp.
- LOCK CGW 1888. Coffee: its Culture and Commerce in all Countries. London: E & FN Spon. 264 pp.
- MUSCHLER RG 1995. Efectos de diferentes niveles de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. pp 158-160 en: CATIE. II Semana Científica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- MUSCHLER R G 1997. Arboles en Cafetales. Módulo de Enseñanza Agroforestal. CATIE, Costa Rica: Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 150 pp manuscript (in review)
- RAMIREZ L.G 1993. Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. pp 121-24 in: Westley SB and Powell MH (eds.) *Erythrina in the New and Old Worlds*. Paia, Hawaii: Nitrogen Fixing Tree Association.
- SCHULZE E-D, Mooney HA (eds.) 1994. Biodiversity and Ecosystem Function. Berlin: Springer. 525 pp.
- WRIGLEY G 1988. Coffee. New York: Longman. 639 pp.

EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE INTERPOLACIÓN ESPACIAL EN EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

F. Omar Osorio García¹

RESUMEN

En evaluaciones agronómicas a través de localidades así como en el proceso de adaptación de tecnología y estudios de zonificación agroecológica es de mucho interés poder obtener estimaciones acerca del comportamiento de las condiciones ambientales en sitios para los cuales no se dispone de información meteorológica. En tales circunstancias, el investigador se enfrenta ante el problema de cómo efectuar estimaciones válidas basado en información climática disponible de sitios más o menos cercanos a los sitios de interés. Este documento aborda el análisis de la temperatura y la precipitación mediante la aplicación de técnicas de análisis espacial o topológico conocidas como interpolación espacial. Los métodos de interpolación espacial usados fueron el de la distancia inversa ponderada, kriging, cokriging y regresión polinomial, el primero es un método determinístico, mientras que los otros son de naturaleza estocástica. En la estimación de cokriging se utilizó como covariable la altura para estimar la superficie de interpolación de temperatura y precipitación. La evaluación se efectuó utilizando información disponible de 201 estaciones meteorológicas de Honduras, se seleccionaron las variables temperatura media anual en grados centígrados y precipitación anual medida en milímetros, validándose en forma cruzada los modelos estimados para evaluar su calidad. Los resultados de la validación indican que para la variable temperatura, el método de interpolación que produjo las mejores estimaciones fue la regresión polinomial, la cual explicó la temperatura como un modelo ajustado para las variables independientes latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, el modelo ajustado fue el del menor valor del estadístico C_p de Mallows y el mejor valor de R^2 . Los tres métodos utilizados para la interpolación de la variable precipitación produjeron resultados muy semejantes, considerando las reducidas diferencias observadas en los residuales, el método que produjo las estimaciones con las menores desviaciones de los valores observados fue el kriging. Al aplicar sobre un cuadrícula de 3914 valores referenciados geográficamente sobre el departamento de Copán se observó que las mejores superficies de interpolación fueron obtenidas con la regresión polinomial y kriging para las variables temperatura y precipitación respectivamente.

Palabras claves: agrometeorología, GIS, interpolación espacial, geoestadística, kriging, cokriging, distancia inversa, regresión.

1. Asesor Técnico de la Gerencia General, Instituto Hondureño del Café. Tegucigalpa, Apartado 3147. E-mail ihcafe@ns.gbm.hn

INTRODUCCIÓN

Las respuestas de cultivos en la investigación agronómica es el resultado de la suma y/o interacción de factores genéticos y ambientales que están presentes en la investigación. Generalmente la identidad de los genotipos evaluados es conocida y sus componentes pueden ser analizados, cuando ello es un objetivo de la investigación, sin embargo no siempre es posible categorizar y valorar los efectos ambientales presentes o prevaletentes en el sitio experimental ya sea por carencia del instrumental adecuado o porque lo que interesa en una descripción ambiental no limitada al año particular de la experiencia. Así mismo, en el desarrollo de estudios de caracterización o zonificación agrícola y ecológica es requerida una descripción de variables ambientales de sitios en los que generalmente no se ha registrado tal tipo de información.

Es usual contar con información climática proveniente de redes estatales de diversos orígenes, agrícolas, aeronáuticos, de sistemas de acueductos o hidroeléctricos, las que se han instalado de forma tal que responde a necesidades específicas de esas organizaciones, pero generalmente el número de estaciones meteorológicas acerca del cual se dispone información es pequeño y no está distribuido espacialmente de acuerdo al interés de los agrónomos. El problema al cual se enfrenta el investigador agrícola es, entonces, el de cómo teniendo acceso a información climática disponible de estaciones meteorológicas no ubicadas en los sitios de in-

terés puede estimar el valor que toman determinadas variables climáticas en un sitio de interés basado en observaciones tomadas en localidades vecinas. Este documento aborda el análisis de la temperatura y la precipitación mediante la aplicación de técnicas de análisis espacial o topológico conocidas como interpolación espacial.

REVISIÓN DE LITERATURA

Regularmente la agroclimatología y agrometeorología se confrontan con el problema de la estimación de información faltante o no disponible. En el pasado la aplicación de técnicas matemáticas de estimación estaba restringida por la limitación de los recursos de cómputo requeridos para analizar los grandes volúmenes de información necesarios y los complejos cálculos implicados. Recientemente la amplia disponibilidad de microcomputadoras y el desarrollo de software especializado ha venido a aliviar el proceso de cálculo, así mismo, el desarrollo de Sistema de Información Geográfica (SIG) y sus aplicaciones en diversos campos ha permitido el acceso a bases de datos con referencias geográficas como las que se generan en la agrometeorología. En el pasado reciente los investigadores agrícolas debieron satisfacerse con hacer uso de la información climática de estaciones meteorológicas cercanas asumiendo que las condiciones se mantenían en una rango más o menos amplio y aceptable, algunas veces se usó la media de valores conocidos de estaciones meteoro-

lógicas cercanas y en el mejor de los casos la técnica de interpolación gráfica de levantamientos topográficos denominada ploteo de curvas de igual nivel.

El mejoramiento de la capacidad de cómputo ha permitido el desarrollo de técnicas y métodos estadísticos que originalmente fueron aplicados a la minería y a la geología, por lo cual se le aplicó a este conjunto de métodos la denominación de geoestadística, la cual posteriormente ha encontrado amplia aplicación a la evaluación de información climática.

Dado un conjunto de datos meteorológicos disponibles, existe la posibilidad de usar una cierta variedad de métodos de interpolación determinísticos y estocásticos para estimar los valores de variables meteorológicas en sitios no muestreados. La interpolación espacial es frecuentemente el primer paso para poder usar datos distribuidos espacialmente de forma irregular en aplicaciones de SIG, por ejemplo cuando se prepararan datos dispersos irregularmente para construir un mapa de contornos de superficie o para identificar isoclinas de temperatura.

La calidad de las estimaciones dependerá no solo de los atributos de los datos disponibles sino también del método de interpolación empleado, esto es especialmente importante cuando en el sitio de interés el paisaje esté dominado por regiones montañosas, las cuales condicionan el comportamiento de algunas variables climáticas.

Existen diversos métodos de interpolación espacial, uno de los más conocidos es el de la distancia inversa

ponderada, este es un método determinístico en el que valores de puntos no muestreados son determinados como una combinación lineal de valores en puntos muestreados y se basa en la asunción que valores cercanos a las localidades no muestreadas son más representativos del valor a ser estimado que el de puntos muestreados que se encuentran lejanos. Los valores cambian de acuerdo con la distancia lineal de los puntos a estimar y los valores conocidos, y el arreglo espacial de los datos no afecta sus valores. Este método ha sido de amplio uso en la minería, especialmente por la facilidad de su uso, se han desarrollado algunas variantes de este método.

El Kriging es una técnica estocástica con alguna semejanza a la de la distancia inversa ponderada en el sentido de que usa una combinación lineal de valores de sitios conocidos para estimar los valores de un punto desconocido. El kriging usa un semivariograma, una medida de correlación espacial entre dos puntos en el cual los valores cambian de acuerdo al arreglo espacial de las muestras, a diferencia de otros procedimientos de estimación, el kriging proporciona una medición del error o incertidumbre de los valores estimados.

El Cokriging es una técnica similar al kriging, excepto que usa covariables, las cuales son usualmente más intensamente muestreadas para apoyar la estimación. El cokriging es más efectivo cuando las covariables están intensamente correlacionadas. La estimación de polinomios de regresión, también usada como técnica de interpolación es un proceso estocástico y

una técnica que ajusta la variable de interés o dependiente a una combinación lineal de variables regresoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se efectuó utilizando información disponible de 201 estaciones meteorológicas de Honduras, se seleccionaron las variables temperatura media anual en grados centígrados y precipitación anual medida en milímetros.

El primer paso consistió en evaluar la calidad de las estimaciones obtenidas mediante los métodos de estimación distancia inversa ponderada, regresión polinomial, kriging y cokriging, para ello, se procedió a efectuar las estimaciones usando como información base 151 estaciones meteorológicas seleccionadas al azar, para luego estimar los valores para las 50 estaciones eliminadas del proceso de selección de modelos y comparar los valores estimados con los valores conocidos de estas estaciones, este procedimiento de validación permitió la

valoración de la capacidad de estimación de cada una de las técnicas evaluadas. Posteriormente, el proceso de estimación fue aplicado sobre un cuadrícula de valores referenciados geográficamente sobre el departamento de Copán localizado al occidente del país, la cuadrícula estaba constituida por 3914 puntos distribuidos uniformemente sobre el mencionado departamento.

Las estimaciones para distancia inversa ponderada, kriging y cokriging se realizaron utilizando un programa desarrollado por la Unidad de Biometría de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica y el Departamento de Desarrollo Sostenible de la FAO y el ajuste de la regresión polinomial se efectuó mediante el uso del Statistical Analysis System (SAS).

RESULTADOS

Los resultados de la validación de los métodos de estimación se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Medias de residuales de valores estimados y observados para cada uno de los métodos de estimación evaluados.

Método de interpolación	Temperatura		Precipitación	
	Residuales	Residuales absolutos	Residuales	Residuales absolutos
Distancia inversa	-6.35	1.93	-70.03	269.94
Kriging	-14.72	2.50	-55.42	256.84
Cokriging	-1.51	2.00	-68.68	264.43
Regresión polinomial	0.96	0.97		

Temperatura:

Los resultados de la validación indican que para la variable temperatura, el método de interpolación que produjo las mejores estimaciones fue la regresión polinomial, la cual explicó la temperatura como un modelo ajustado para las variables independientes latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, el modelo ajustado fue el del menor valor del estadístico Cp de Mallows y el mejor valor de R^2 .

Como covariable para la estimación de cokriging también se utilizó la variable altura sobre el nivel del mar.

Precipitación:

Los tres métodos utilizados produjeron resultados muy semejantes, considerando las reducidas diferencias observadas en los residuales, el método que produjo las estimaciones con las menores desviaciones de los valores observados fue el kriging.



Figura 1 Temperatura, distancia inversa



Figura 2 Temperatura, kriging



Figura 3 Temperatura, cokriging



Figura 4 Temperatura, regresión polinomial



Figura 5 Precipitación, distancia inversa



Figura 6 Precipitación, kriging



Figura 7 Precipitación, cokriging

Los modelos ajustados con cada método de interpolación fueron usados para efectuar estimaciones sobre una cuadrícula (grid) desarrollada sobre el departamento de Copán y desplegadas mediante el uso del paquete ArcView, los resultados de estas estimaciones para la variable temperatura se observan en las figuras siguientes.

La superficie de interpolación producida por la distancia inversa pondera-

da tiende a producir figuras concéntricas (burbujas) con origen en la posición de puntos observados, produciendo formas que por lo general no describen adecuadamente el comportamiento de la variable en estudio; las interpolaciones obtenidas con el kriging y cokriging fueron bastantes semejantes entre sí, sin embargo las estimaciones de ambos métodos no fueron satisfactorias puesto que valores muy altos en puntos cuya altura sobre el nivel del mar estaba entre las más altas del departamento de Copán. Si se observa la superficie de interpolación producida por la regresión polinomial, es evidente que las estimaciones están muy estrechamente ligadas a las alturas de cada una de las zonas, representando en forma muy aceptable las temperaturas observadas registradas en las estaciones existentes en la zona evaluada. Las temperaturas de interpolación obtenidas para la variable precipitación se observan en las siguientes adjuntas.

CONCLUSIONES

Las estimaciones obtenidas con el método de la distancia inversa continúa produciendo círculos concéntricos originados en las posiciones de las estaciones meteorológicas existentes, este comportamiento es resultado de las características de las asunciones del método que tiene a establecer que los valores alejados de puntos con valores conocidos serán mas diferentes que aquellos cercanos. La superficie obtenida con el cokriging, en la cual se utilizó la variable altura como covariable, es muy semejante a las producidas por el kriging, sin embargo se muestra menos natural y lógica pues al observar con cuidado puede notarse ciertos rompimientos de las isoclinas que limitan cada rango de precipitación, formándose "fallas" en la superficie que no son razonables, estas fallas pueden estar relacionadas con la presencia de zonas montañosas, sin embargo no se ajustan muy bien a las mismas, es posible que al agregar el aspecto de las pendientes y la orientación de las mismas, los resultados puedan mejorar.

Es evidente que la superficie interpolada por el kriging es el mas satisfactorio de los estimados y es el que produjo las estimaciones más próximas a los valores observados en aquellos puntos con valores conocidos.

El uso de la distancia inversa como técnica de interpolación espacial produce patrones con círculos o burbujas que son poco plausibles y los puntos en las áreas que no poseen muchos valores observados son estimados cercanos con valores sumamente sesgados, restándoles posibilidades de aprovechamiento a esta técnica para el análisis de variable climáticas cuando no se posee una alta densidad y espaciamiento regular de los puntos observados. El Cokriging produjo resultados muy aceptables cuando se aplicó a la variable precipitación aunque se nota la presencia de "fallas" en la superficie interpolada, la semejanza con los resultados obtenidos con el kriging pueden ser el resultado de la ausencia de correlación entre la precipitación y la altura. Los resultados producidos con la estimación de temperaturas produjo resultados muy semejantes entre el Kriging y Cokriging sin que éstos sean muy satisfactorios. El Kriging mostró ser el mejor método para estimar superficies de interpolación para la variable precipitación, mientras que cuando existe información adecuada sobre la altimetría de la zona en estudio, el ajuste de modelos polinomiales produce las mejores estimaciones para interpolar superficies de temperatura.

BIBLIOGRAFIA

BOGAERT, P., P. MAHAU AND F. BECKERS. The spatial interpolation of agro-climatic data; Cokriging software and source code. Unité de Biométrie, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Nueve, Belgium; Sustainable Developmente Department, FAO, Rome, Italy, 1995.

COLLINS, FRED C.A. comparison of spatial interpolation techniques in temperature estimation. <http://ncgia.ucsb.edu>

[/conf/SANTA|_FE_CD-ROM/sf_papers/collins_fred/Collins.html](#)

LYNCH, S.D. AND RE SCHULZE. Techniques for estimating areal daily rainfall. <http://www.ccwt.ac.za/~lynch2/p241.html>.

HU. JUN. METHOS OF GENERATING SURFACES IN ENVIRONMENTAL GIS applications. <http://www.esri.com/base/common/userconf/proc95/to1000/p089.thml>.

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL BENEFICIADO CON FANGOS ACTIVOS

Ing. Storti Silvano¹

RESUMEN

Le Technologie Biologiche S.r.l. ya desde hace dos años ha iniciado un estudio sistemático sobre sistemas actualmente aplicados para el tratamiento de las aguas de descarga provenientes del Beneficio del Café y sobre tecnologías alternativas e innovativas. Han sido evaluados distintos sistemas de tratamiento con el objetivo de verificar tanto el rendimiento total sobre la eliminación de los contaminados como los costes de gestión, la simplicidad y la practicidad del sistema. Efectivamente hay que tener en cuenta que los Beneficios descargan aguas contaminadas solo durante algunos meses del año y la planta de tratamiento debe poseer tiempos de puesta en marcha rápidos y autónomos. Entre los distintos sistemas aplicados, los mejores resultados se han obtenido con la aplicación de un tratamiento biológico a fangos activos de carga baja, con edad alta de los fangos y mineralización de los mismos en el reactor biológico. En la anterior estación de Beneficio ha sido instalada una planta piloto en el Beneficio Montealegre del grupo Unex en San Salvador, en el cual hemos podido verificar la validez del sistema y recoger datos interesantes sobre la calidad del agua, sobre la cantidad y calidad de los fangos producidos y sobre los costes de gestión. Se debe subrayar que todas las operaciones de control y conducción de la instalación piloto han sido gestionadas directamente por el personal del Beneficio. Esto significa que la tecnología propuesta se puede aplicar sin ningún problema.

Palabras claves: Aguas residuales, fangos activados, tratamiento desechos, reactor biológico, El Salvador

INTRODUCCIÓN

Objetivos:

La finalidad de este estudio es aquel de verificar la eficiencia de un tratamiento biológico con fango activo aplicado en un desaguadero de Beneficiado de café. Durante dicha verifi-

ca también se ha puesto mucha atención en la posible reutilización de los residuos sólidos producidos en las distintas fases de la planta, como integradores en la agricultura después de un especial tratamiento de estabilización y transformación. La investigación y la aplicación, además de la ve-

¹ TECNOLOGIE BIOLOGICHE S.R.L., Via Maglio di Sopra, 17, 36073-CORNEDO VICENTINO (Vicenza), ITALIA

rifica sobre la eficiencia del tratamiento biológico en desaguadero del Beneficio tiene el objetivo de controlar si la calidad final del agua que se debe descargar en el cuerpo receptor puede ser tal como para respetar límites legislativos muy restrictivos tipo aquellos aplicados en Europa y si la reutilización del agua tratada en las operaciones de Beneficiado del café (Transporte granos o pilón de fermentación) pueda perjudicar la calidad organoléptica o de seguridad higiénica del mismo café.

Además se quiere verificar si el tratamiento biológico elimina también los olores normalmente formados por el agua del beneficiado.

MATERIALES Y METODOS

I ETAPA:

pretratamiento mecánico:

- 1 Rejilla a tambor gruesa con abertura 0,5 cm.
- 1 Rejilla a tambor fina con abertura de 100 - 200 micrón.

II ETAPA:

pretratamiento neutralización y filtración:

- 1 Phmetro automático.
- 1 Bomba dosadora soda o cal.
- 1 Depósito agitado para el contacto líquido + álcali.
- 1 Filtro a arena multiestratos a presión.

III ETAPA:

acumulación y homogeneización

- 1 Depósito metálico agitado con aire insuflada.

IV ETAPA:

oxidación biológica con selector

- 1 Depósito metálico como selector.
- 1 Depósito metálico como cuenca de oxidación.
- 1 Sistema de insuflación de aire desde el fondo con difusores a microburbujas.
- 1 Sistema de compresión aire con sopladores a baja presión.

V ETAPA:

sedimentación y recirculación fangos activos

- 1 Sedimentador estático circular con desagüe tipo Thompson.
- 2 Bombas recirculación fangos.

VI ETAPA:

espesamiento y alejamiento fango de supero biológico

- 1 Espesador estático a gravedad.
- 1 Era de secado con arena multiestracto.

VII ETAPA:

tratamiento terciario final con filtración sobre arena y carbón:

- 1 Filtro arena multiestracto a presión.
- 1 Filtro a presión con carbón vegetal tipo coco.
- Laboratorio de análisis tanto local (Precafé San Salvador) como italiano (Technologie Biologique).
- Análisis realizadas según Standard Methods y E P A.
- Medidor de oxígeno
- Cono IMHOFF
- Cámara de secado a 110° o 550°
- Turbidímetro
- Microscopio con 400 aumentos

A continuación damos una breve descripción de las distintas fases que

componen el tratamiento describiendo contemporáneamente el sistema de procedimiento.

I ETAPA:

pretratamiento mecánico:

El agua descargada por el beneficio contiene una cantidad de cáscaras del grano del café y una cantidad de sólidos separables bajo forma de suspensiones, de mucílago y pulpa generada en la fase del lavado del grano.

Con una rejilla gruesa se separan las cáscaras del café que se acumulan a parte y reutilizadas como material combustible en la caldera del beneficio.

Sucesivamente se utiliza una rejilla a tejido muy sutil, 100 - 150 micrón, del tipo de autolimpieza para la separación del mucílago y la pulpa.

El mucílago y la pulpa después de haber sido parcialmente secados se destinan a la transformación con lombrices. Al final de la primera etapa el agua presenta un PH de aproximadamente 3,5 - 4 y un contenido en sólidos suspendidos todavía elevado.

II ETAPA:

neutralización y filtración:

Este tratamiento ya es conocido en el mundo del café, en el cual se encuentran distintos tratamientos de neutralización y una sucesiva filtración del líquido con sistemas de filtración con piedra, guijarros, etc.

Con nuestro estudio hemos tentado de rendir dicha fase mucho más eficiente y automática con la finalización de mantener el Ph en valores correctos y adecuables (7 - 7,5) para la sucesiva fase biológica y la eliminación total de los sólidos suspendidos

alejando en este modo una notable cantidad de carga orgánica que no servirá más en la fase biológica.

La neutralización es controlada con un Phmetro y se obtiene con un agregado de cal o hidrato de sodio.

Durante la neutralización se forman copos de material orgánico que son separados en la sucesiva filtración.

La filtración junto a los sólidos suspendidos se realiza en un filtro con arena a presión por lo cual la eficacia de la separación de los sólidos suspendidos también en pequeñas dimensiones es altísima.

El filtro con arena es del tipo de autolimpieza con retrolavado con agua y aire. El material separado es enviado al tratamiento con lombrices.

El agua de salida del filtro de arena presenta por lo tanto una contaminación debida a COD y BOD5 soluble.

III ETAPA:

acumulación y homogeneización.

IV ETAPA:

oxidación biológica con selector.

En la etapa biológica se aprovecha la capacidad metabólica que poseen las bacterias aeróbicas de demoler la sustancia orgánica soluble como fuente de alimentación, transformándola en producto simple como CO₂ y agua, más un residuo de energía que podemos medir en nueva vida bacterica.

Se ha aplicado un sistema a baja carga con reciclaje del fango y estabilización del mismo en la cuenca de oxidación.

Esto implica una edad razonablemente alta del fango con consiguiente baja producción de fango de supero.

El oxígeno necesario se suministra con sopladores a baja presión a través de los difusores a microburbujas adaptos a mantener una eficiencia alta de transferencia de oxígeno (22 -25%).

El sistema de producción de oxígeno necesario puede ser automatizado con el agregado de un oxímetro y de un regulador de frecuencia que varía automáticamente los giros del motor en relación a las necesidades de oxígeno de la carga orgánica.

El sistema de aireación del fondo con microburbujas elimina la posibilidad del efecto aerosol con la consiguiente dispersión en la atmósfera de olores desagradables o micro gotas que contienen bacterias.

Dado el alto contenido en el agua del Beneficio (Agua Miel) de sustancia orgánica soluble de índole azucarada se pueden crear en la biomasa bacterias filamentosas junto a aquellos copos formadores.

La presencia de filamento puede provocar fenómenos de Bulking con el consiguiente empeoramiento de la calidad final del agua.

Generalmente se puede hipotizar que la bacteria filamentosa puede fácilmente desarrollar en nuestro caso tanto el 0 21 luego del 1 L 01 como Sp-hoerofilus notus.

Para contrastar el posible desarrollo de estas bacterias filamentosas hemos aplicado un selector anóxico en el cual se introduce el reciclado de los fangos del decantador y la alimentación del líquido residual que debe ser tratado, creándose en este modo condiciones de alta carga y baja capacidad de permanencia. En estas condiciones las bacterias copos formadoras son capaces de absorber el BOD solu-

ble substrayendo así alimentación a los filamentosos, los cuales sin el sustentamiento alimentar son desaventajados en el crecimiento competitivo y no se desarrollan en cantidades suficientemente capaces de provocar efectos de Bulking.

V ETAPA: sedimentacion y reciclado fangos.

VI ETAPA: espesamiento y alejamiento del fango de supero.

Ya hemos dicho que el ciclo del metabolismo además de transformar la sustancia orgánica en CO₂ y H₂O crea nueva vida bajo forma de un aumento de bacterias presentes en el líquido que se debe tratar.

Cuando dicha cantidad supera los límites que hemos establecido es necesario extraer parte del fango activo alejándolo del sistema. Para hacer esto se desvía una parte del flujo de recirculación del fango del decantador al biológico y se lo acumula en un espesador. Para mejorar el rendimiento de la separación del agua del fango que queremos espesar se puede agregar polielectrólito catiónico que aumenta la concentración del seco y permite un mejor rendimiento del espesador.

Sucesivamente el fango espesado se envía a la era de secado en la cual el agua se separa por gravedad pasando a través del estrato de arena y grava que componen la era y en este modo el fango se seca completamente debido al efecto del calor del sol y del viento.

Luego este residuo también es enviado a la transformación en humus con lombrices.

VII ETAPA:

tratamiento terciario final con filtro con arenas y carbón activo.

El agua que sale del decantador final posee una calidad tal que puede respetar parámetros legislativos muy exigentes sobre descargas en cuerpos receptor superficiales.

Su uso en agricultura será el objetivo de nuestro estudio próximo futuro, teniendo en cuenta que ya hemos demostrado que los peces viven por años en el agua de salida del decantador.

Como podremos observar a continuación, también las características generales del agua son óptimas y totalmente incoloras e inodoras.

También hemos querido verificar hasta que punto fuese posible mejorar dicha calidad con sistemas razonables simples y económicamente aceptables. Hemos evaluado por lo tanto los resultados después del tratamiento final

con filtro con arena el sucesivo pasaje sobre filtro con carbón obteniendo un mejoramiento de las características químico biológicas, las cuales ya se podían retener óptimas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Indicaremos los resultados obtenidos por nuestro estudio tratando de evidenciar cuanto obtenido en cada etapa en particular.

I ETAPA:

pretratamiento mecánico

Eliminación de las cáscaras del café y separación del mucílago y pulpa.

reducción de los sólidos gruesos y reducción de los sólidos de sedimentación (transformación en humus) y reducción del COD y BOD.

	E	U
COD	30000 - 35000	26000 -30000
BOD	18000 - 22000	16000 - 20000
Sólidos gruesos	50 - 200 cc	0
Sólidos sedimentables	1020 cc	1-2cc
Sólidos suspendidos	500 - 1000	500 - 1000
PH	3,5 - 4	3,5 - 4
Color	> 500 PtCo	> 500 PtCo
Olor	fuerte característico	fuerte característico
MBAS	10 - 20	10 -20

II ETAPA:

pretratamiento neutralización y filtración.

Eliminación de los sólidos suspendidos (transformación en humus).

Ajuste del PH.

Reducción del COD y BOD

	E	U
COD	26000 - 30000	16000 - 18000
BOD	16000 - 20000	16000 - 12000
Sólidos suspendidos	500 - 1000 cc	10 - 30
PH	3,5 - 4	7,5
Color	> 500 PtCo	400 - 500 PtCo
Olor	fuerte característico	fuerte característico
MBAS	10 - 20	10 - 20

III ETAPA: acumulación y homogeneización

No se obtiene variaciones de relieve

IV ETAPA: oxidación biológica con selector

Oxidación del carbono

Reducción del Nitrógeno y del fósforo para metabolismo bacterico

Eliminación de eventuales presencias

de pesticidas

Producción de menor vida bacterica

V ETAPA: sedimentación y reciclaje fango activo

Separación del fango activo.

Reciclo del fango en el sistema biológico.

Descarga del agua al cuerpo receptor y al reciclaje.

	E	U
COD	16000 - 18000	160 / 180
BOD	10000 - 12000	20/30
Sólidos suspendidos	10 - 30	30 - 40
Sólidos sedimentables	0	10 ÷ 0,5
PH	7,5	7,5
Color	400 - 500 PtCo	30 - 50 PtCo
Olor	fuerte característico	fuerte característico
MBAS	10 - 20	0,5 - 1

VI ETAPA: espesamiento y alejamiento del fango:

Extracción del fango de supero.

Espesamiento del fango y transformación en humus.

NINGUNA variación sobre los otros datos.

VII ETAPA: tratamiento terciario con filtro con arena y carbón

Eliminación sólidos suspendidos.

Absorción sobre carbón del residuo de COD y BOD soluble.

Eventuales pre - cloraciones para la esterilización del agua.

	E	U
COD	160 / 180	10 - 20
BOD	20 - 30	0,5
Sólidos suspendidos	30 - 40	0 PPM
Color	30 - 50	0,5 PtCo
Olor	ligero poco perceptible	ausente
MBAS	0,5 - 1	0,05 - 0,1

CONCLUSIONES

En base a los estudios realizados y a los resultados analíticos expuestos, se puede retener que el tratamiento biológico con fangos activos a baja carga puede ser largamente aplicado en el tratamiento del agua en los Beneficios del café.

La calidad final del agua de salida del biológico es tal que puede ser descargada en un río sin perjudicar absolutamente la vida acuática. Además el uso para irrigación de la misma se puede retener actuable sin daños para las plantas y los frutos. También le reutilización del agua en el reciclo del beneficio del café es absolutamente posible. Se retiene normal el reciclo de un 50 - 80% del agua descargada que se puede sustraer durante la entera duración del ciclo del Beneficiado.

Siendo el agua recuperada absolutamente priva de olor y color, dicha agua no altera en ningún modo la calidad final del producto.

También los sólidos separados del sistema, cáscaras, mucflagos y pulpas, fangos activos, sólidos suspendidos, etc. son totalmente reciclables tanto como combustible para las calderas (cáscaras) como para Humus después de un período de contacto con lombrices.

También el tenor de emanación de olores desagradables, clásico de los sistemas actualmente usados, son absolutamente eliminados permitiendo la continuación de la actividad inclusive también a aquellos beneficios situados en el interior de los aglomerados urbanos.

Además beneficios situados en zonas pobres de agua no serán más penali-

zados por la falta de dicho elemento, ya que el reciclado del agua al final del tratamiento es una realidad fiable. De todo lo expuesto ahora se puede ver el beneficio del café no como una actividad molesta, mal oliente y productora de graves problemas al medio ambiente, sino más bien como una industria capaz de respetar la naturaleza transformando el 100% del su contenido contaminante en producto reutilizable en distintas formas.

BIBLIOGRAFIA

CHUDOBA J., 1991, "Operational experience with an anoxic selector treating rendering plant wastewaters", *Wat. Sci. Tech.* 24:1 -7

CHUDOVA J., 1985, "Control of activated sludge filamentous bulking - VI. Formulation of basic principles", *Wat. Res.*, 19:1097 - 1022.

EIKELBOOM D.H. y van BUIJSEN H.J.J., 1981, "Microscopic sludge investigation manual", IMG-TNO Report A 94.

EIKELBOOM D.H., 1975, "Filamentous microorganisms observed in activated sludge", *Wat. Res.*, 9:365 - 388.

JENKINS D., RICHARD .M.G. y DAIGGER G.T, 1986, "Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming", W.R.C. Pretoria y U.S.E.P.A Cincinnati.

TECNOLOGIE BIOLOGICHE

Estudios del mismo autor no publicados relativos a: Aplicación del sistema biológico a fangos activos en las descargas de Beneficio del Café.

DESCRIPCIÓN DE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS ENTRE LA TEMPORADA SECA Y LLUVIOSA DE LOS RÍOS ASINO Y NEJAPA Y SU RELACIÓN CON LA AGROINDUSTRIA DEL CAFÉ

*Ing. MSC Ruth Evelyn Cienfuegos¹
Ings. Oscar Hernández y Ernesto Zarco*

RESUMEN

Este estudio dio inicio en noviembre de 1994 y finalizó en febrero de 1996 teniendo como objetivo estudiar el impacto de la agroindustria del café, en los cambios químicos y biológicos que se producen entre la temporada seca y lluviosa en la calidad de las aguas de los ríos Asino y Nejapa. Para la realización de este estudio se seleccionaron 5 puntos de muestreo distribuidos a lo largo de los ríos Asino y Nejapa, que se encuentran ubicados en la Cuenca del río El Molino en el departamento de Ahuachapán. Los muestreos fueron realizados semanalmente en cada estación, los parámetros evaluados fueron: temperatura (°C), pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, amoníaco, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno, olor, color, determinación de microflora y microfauna. Se realizó la comparación entre estaciones de muestreo y entre la temporada seca y lluviosa, mediante un análisis de varianza. La disminución en las concentraciones de amonio, nitratos y fósforo, así como el aumento de la concentración del oxígeno disuelto son parámetros que permiten cuantificar la capacidad de autopurificación del río, al comparar pares contiguos de estaciones de muestreo. Las concentraciones promedio de amonio más elevadas se registran en la estación del Molinito (mayor de 1 mg/L), debido a la descarga de desechos humanos vertidos directamente al río. El efecto contaminante de la descarga de aguas mieles permitió un aumento en la turbidez y conductividad eléctrica especialmente en las estaciones del Regadío y Puente Amel (04-01-95 fecha de descarga). La época lluviosa se caracterizó por un aumento de la turbidez del agua en todas las estaciones debido a la erosión proveniente de las fincas (principalmente de la parte media de la cuenca). Las poblaciones de vorticelas encontradas en El Molinito son indicadores de aguas contaminadas con desechos humanos.

Palabras claves: Agroindustria, impacto ambiental, ecología, calidad de aguas, cambios bioquímicos, El Salvador.

¹ PROCAFE. Final 1a. Av. Nte. Santa Tecla, El Salvador. Fax: 238-0669. e-mail:procafe @ es.com.sv.

INTRODUCCION

Objetivo: Estudiar el impacto de la agroindustria del café, en los cambios químicos y biológicos que se producen entre la temporada seca y lluviosa en la calidad de las aguas de los ríos Asino y Nejapa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ámbito de acción del proyecto fue la Cuenca del Río El Molino, situada en el departamento de Ahuachapán, en el occidente de El Salvador. La cuenca del río comprende una superficie de 176.5 km². En la parte superior de la cuenca se encuentran los poblados de Concepción de Ataco y Apaneca. En la parte alta de la cuenca predomina el cultivo de café, en la parte media se encuentran el poblado de Tacuba y la ciudad de Ahuachapán y predominan los granos básicos en laderas y pastoreo. El 8.6% del río y quebradas en la cuenca está a mil metros o menos de algún beneficio de café. La cuenca fue delimitada en 5 puntos en base a un análisis espacial utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG), se seleccionó una estación de aguas naturales (Atsumpa), una estación con influencia de cultivo de café y poca población (Nejapa), una estación con influencia del cultivo de café y mucha población (Molinito) y dos estaciones con influencia de beneficios de café y población (Regadío y Puente Amel). Fueron realizados muestreos semanales en las cinco estaciones y recopilando los datos con sensores electrónicos especialmente diseñados para

el uso en el campo. Los parámetros evaluados fueron: temperatura (°C), logaritmo negativo de la concentración de hidrógeno (pH), conductividad en ohmios, oxígeno disuelto (OD), turbidez (NTU), amonio y nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), olor, color y determinaciones de micro fauna.

Se realizó análisis de varianza por estación de muestreo para comparar las medias entre la temporada seca y lluviosa. Los parámetros químicos y físicos de dos estaciones de muestreo, una aguas arriba (Molinito) y otra aguas abajo (Regadío) fueron comparadas para determinar la capacidad de autopurificación del río en ese punto. La bioactividad del río fue analizada en base a la frecuencia con que se encontraron los diversos organismos. La fórmula empleada para calcular frecuencia fue:

Presencia de organismos (No. de veces que se presenta x 100)

Número total de muestreos

Además, en cada muestreo se realizaron anotaciones de olor y color en forma cualitativa. Para el olor las categorías utilizadas fueron: inodora, olor a heces, olor a agua miel y olor a jabón; para el color las categorías consideradas fueron: incolora, lechosa y turbia.

RESULTADOS

Comparación de la calidad de las aguas del río entre la temporada seca y lluviosa:

La temperatura y la turbidez del agua fueron los únicos dos parámetros sig-

nificativamente diferentes entre la temporada seca y la temporada de lluvia para todas las estaciones (cuadro 1). En la estación El Regadío (780 msnm) el pH fue menos básico durante la temporada lluviosa que durante la temporada seca (pH 7.9-7.3). Esta estación está bajo la influencia de dos beneficios de café El Molino y Aguas Calientes que ocasionalmente vertían durante el desarrollo de la investigación aguas mieles a quebradas en las cercanías de esta estación. Sólo en las estaciones de muestreo bajo la influencia urbana (Molinito y Amel) se detectaron concentraciones de nitrato sobre 5 mg/L. Las concentraciones promedio de amonio más elevadas se registraron en la estación El Molinito durante la época seca. Esta estación monitorea la calidad del río luego de pasar por la ciudad de Concepción de Ataco donde se vierten aguas "servidas" a quebradas que encausan directamente al río Asino. Durante la época seca la turbidez no sobrepasó las 10 unidades de turbidez (NTU), comparado con la temporada lluviosa donde el valor mínimo fue de 17.2 NTU y el valor máximo de 63.4 NTU. En general, durante la época de lluvias el agua fue entre 4 y 10 veces más turbia que durante la época seca demostrando claramente la importancia del movimiento de los sólidos suspendidos provenientes de materia orgánica por el lavado del suelo durante la temporada de lluvias. Al ocurrir descarga de agua mieles en las quebradas cercanas al Regadío ocurrió un aumento en la turbidez en esta estación con 20.0 NTU; de igual manera ocurrió con los valores de

conductividad de 250 μ s, llegando a valores normales 15 días después de haber efectuado estas descargas. No hubo diferencia significativa en el promedio de oxígeno disuelto (OD) entre estaciones y entre la temporada lluviosa y seca (cuadro 1). La excepción fue el Molinito donde el promedio de oxígeno disuelto durante la temporada seca (8.7 mg/L) fue significativamente menor que el oxígeno disuelto en el mismo punto en la temporada de lluvias (10.7 mg/L). En general, las concentraciones de oxígeno disponibles a la fauna (OD menos DBO) fueron menores durante la temporada lluviosa que durante la temporada seca. Las estaciones "saludables" fueron Atsumpa y Nejapa donde el oxígeno disponible fue siempre mayor de 6 mg/L.

Comparación de parámetros químicos y físicos entre las estaciones de muestreo el Molinito versus el Regadío:

No se encontró diferencia significativa en cuanto al pH entre las dos estaciones, que están separadas entre sí por 4.6 km con una pendiente del trayecto de 7% y a una diferencia de altura de 320 m (cuadro 2). Las concentraciones de amonio disminuyeron significativamente entre los dos puntos de muestreo (1.3 mg/L en el Molinito comparado con 0.8 mg/L en el Regadío). Esto significó una reducción del 80% en la concentración de amonio. Las concentraciones de nitratos y fósforo disminuyeron en un 40 y 30% respectivamente para el mismo trayecto (cuadro 2). La concentración del oxígeno disuelto (OD)

aumentó significativamente entre el Molinito (0.9 mg/L) y Regadío (11.4 mg/L) reflejando la capacidad de aireación natural del río. Por otro lado no hubo diferencia en cuanto al DBO entre las dos estaciones. Finalmente, la conductividad eléctrica fue significativamente mayor en el Regadío (184.4 μ s) comparado con el Molinito (172.3 μ s).

Bioactividad del río:

En Atsumpa los organismos que se encontraron con más frecuencia fueron los paramecios con un 87%, en el Molinito (estación más contaminada) fueron los ciliados rápidos con una frecuencia de 100%, las vorticelas únicamente fueron encontradas en esta estación con una frecuencia del 26%, estas son consideradas microorganismos indicadores de aguas contaminadas con desechos humanos; además, en esta estación se encontró la presencia del nematodo del género *Rhabditis* (fechas de muestreo: 22-03-95 y 21-06-95), que es un nematodo bacteriófago que se alimenta de bacterias presentes en la materia orgánica en descomposición. En las demás estaciones se encontraron con más frecuencia los ciliados (rápidos): Regadío 96%, Puente Ámel 52% y Nejapa 56%. En general la cantidad y actividad de los organismos es diversa en las diferentes estaciones y en alguna medida indican la vida del río.

Resultados de las evaluaciones de olor y color en las estaciones de muestreo:

En las estaciones de Atsumpa, Regadío y Nejapa predominó el agua ino-

dora e incolora con una frecuencia en el olor de 93, 87 y 90% y en el color con 93, 72 y 60%. El olor a heces se presentó en el Molinito con una frecuencia de 31% y en el Puente Ámel con 11% donde se captan las aguas "servidas" de Ataco y Ahuachapán, en las dos temporadas. El olor a jabón predominó en las estaciones del Molinito y Puente Ámel con una frecuencia de 47 y 49% respectivamente; además, en estas estaciones se obtuvieron los valores más altos del color lechoso con 56 y 36%, es en estos puntos donde los habitantes del lugar lavan su ropa en el río. El olor a agua miel se captó únicamente en la época del beneficiado presentándose en el Molinito, Regadío y Puente Ámel, en la semana donde se realizaron las descargas al río.

CONCLUSIONES

- La disminución de las concentraciones de amonio, nitratos, así como el aumento de la concentración del oxígeno disuelto (OD) son parámetros que permitieron cuantificar la capacidad de auto-purificación del río entre pares contiguos de estaciones de muestreo.
- La turbidez y la conductividad eléctrica aumentaron en un 50 y 29% cuando se efectuaron las descargas de aguas mieles en la estación el Regadío; sin embargo 15 días después de haber efectuado estas descargas estos parámetros físicos vuelven a sus valores normales .

Cuadro 1. Comparación de los promedios de parámetros químicos y físicos entre la temporada lluviosa (L) y seca (S) para las cinco estaciones de muestreo.

	Atsumpa		Molinito		Regadío		Puente Ámel		Nejapa	
	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Temp °C	19.1**	0.2 ns	19.0**	20.8	20.8**	22.6	24.9**	25.5	24.8	27.1
pH	7.7 ns	7.6	7.7 ns	7.5	7.9**	7.3	8.0**	7.4	8.2ns	7.9
Nitrato	1.1 ns	1.2	1.2 ns	1.6	0.6**	1.3	1.2ns	1.4	0.9ns	0.6
Conduct.	161.4**	150.8	173.4ns	168.1	186.4ns	177.0	225.2ns	213.1	190.7ns	190.0
OD	10.3 ns	11.3	8.7*	10.7	11.5ns	11.3	11.5ns	11.5	12.7ns	11.3
Turbidez	4.8**	17.2	9.0**	34.10	6.0**	63.4	6.1**	32.0	5.6**	57.9
Fósforo	20.2	0.2	0.5ns	0.4	0.4ns	0.2	0.3ns	0.6	0.2ns	0.2
Amonio	0.03 ns	0.06	0.65ns	0.33	0.10ns	0.15	0.07ns	0.13	0.01**	0.10
DBO	4.0 ns	5.0	6.1*	8.7	6.3**	9.2	5.8ns	7.0	6.0ns	4.7

* Diferencia significativa $p > 0.05$.

** Diferencia significativa > 0.01

Cuadro 2. Resultados de la comparación entre el Molinito (1 100 msnm) y el Regadío (780 msnm)

Parámetros	Molinito	Significancia	Regadío
Temperatura °C	19.4	**	21.2
pH	7.7	ns	7.8
Nitrato	1.3	*	0.8
Conductividad	172.3	**	184.4
OD	9.0	**	11.4
Turbidez	14.5	ns	18.6
Fósforo	0.55	*	0.40
Amonio	0.58	**	0.11
DBO	6.7	ns	6.7

- En la estación del Molinito se registró el promedio de amonio más elevado debido a la descarga de desechos humanos vertidos directamente al río, de igual manera en esta estación se encontraron poblaciones de vorticelas, que son organismos indicadores de aguas contaminadas con desechos humanos.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLO MENDOZA, R. 1993. Diagnóstico de la contaminación en las aguas residuales de los beneficios húmedos de café en El Soconusco, Chiapas, México. *In* Resúmenes XVI Simposio de Caficultura Latinoamericana. Managua, Nicaragua. 26-29 octubre, 1993. p 123-124.
- CORRALES, D. 1977. Human impact on the renewable natural resources of Central America M.E.S. Research paper. Faculty of Environmental Studies. York University Toronto, Ontario, Canada.
- PIECCE, 1993. Acción cuencas del Río Pampe: Diagnóstico del componente contaminación de los residuos del beneficiado del café. Seminario-Taller Mejoramiento en el beneficiado del café un reto en aspecto energéticos y ambientales. San Salvador. Enero-febrero, 1993.
- REQUENA, F.; MYTON, B. 1991. Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en determinadas cuencas de la región sudoccidental de El Salvador. Informe de Campo. "Water and sanitation for health project" (WASH) #354, U.S. AID. Washington, D.C.
- VEGA, A. 1991. Protección del medio ambiente salvadoreño (PROMESA). Special report: Agroecology. USAID. El Salvador.

**TRANSFERENCIA
DE TECNOLOGIA Y
ECONOMIA DEL CULTIVO**

EL CAFE ORGANICO. ¿ES RENTABLE SU PRODUCCION? UN ESTUDIO DE CASO DE NITROGENO

Allan J. Hruska 1
Sarah M. Gladstone 2

RESUMEN

El mercado para café orgánico está bien establecido y creciendo rápidamente. Para algunos productores la experiencia con la producción y venta de café orgánico ha sido positiva. El mercado paga un sobreprecio por el café orgánico. Además hay beneficios indirectos en la producción de café orgánico, más que todo ambientales y para la salud humana. Los productores captan algunos de estos beneficios indirectos. Uno de los retos en un sistema de producción orgánica es el de reemplazar la fuente de nitrógeno. En sistemas no-orgánicos, normalmente la fuente es fertilizantes sintéticos. Muchos productores orgánicos usan gallinaza como fuente de nitrógeno. Para determinar la rentabilidad de usar gallinaza como fuente de nitrógeno se hizo un análisis de presupuesto parcial comparando los costos y retornos entre la producción orgánica y la producción no-orgánica. Los resultados demuestran bajo cuales combinaciones de sobreprecio, respuesta a nitrógeno, y costo de nitrógeno derivado de gallinaza es que el sistema de producción orgánico será más rentable que la producción no-orgánica a un corto plazo.

Palabras claves: Cafe organico, beneficios, rentabilidad, produccion, nitrogeno, Honduras.

INTRODUCCION

La Demanda: Los beneficios de la producción orgánica:

El mercado para café orgánico está incrementando en Norteamérica y Europa. En el mercado el café orgánico certificado recibe un sobreprecio de entre 0-50% comparado con café

de calidad similar sin ser orgánico.

En centroamérica los productores están recibiendo entre 10-50% de sobreprecio por café orgánico, con la mayoría de los sobreprecios entre 20-40%.

Además existen beneficios a largo plazo, beneficios indirectos de la producción orgánica. Estos incluyen:

¹ Departamentos de Protección Vegetal y Recursos Naturales y Conservación Biológica Zamorano Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras

² Departamentos de Protección Vegetal y Recursos Naturales y Conservación Biológica Zamorano Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras

- Menos riesgo de daños a la salud humana
- Menos contaminación del agua
- Conservación de la fauna benéfica

A pesar de los beneficios indirectos y a largo plazo, el incentivo más fuerte para que un productor produzca café orgánico está relacionado con los beneficios directos e inmediatos.

Los costos de producción de la producción orgánica:

La producción orgánica exige actividades distintas a la producción no-orgánica. En el sentido estricto la producción orgánica requiere la producción y beneficiado de café sin usar insumos sintéticos. Normalmente este tiene impacto en:

- El manejo de plagas
- Fertilización

Existen otras prácticas que normalmente forman parte de sistemas de producción de café orgánico, pero no son requisitos de la producción orgánica, ni son únicos en la producción orgánica, entonces no los consideramos aquí. Estas prácticas incluyen:

- Producción bajo sombra
- Conservación de suelo y agua
- Beneficio ecológico del café

Además la certificación de café orgánico requiere una inspección de la finca, el beneficiado en un beneficio ecológico del café, que implican costos adicionales.

Manejo de Plagas:

La mayoría de los productores de café no orgánico usan productos sintéticos, entonces la producción de café

orgánico requiere un manejo diferente de plagas. La mayoría de los caficultores usan productos químicos en el manejo de uno o más de: insectos plagas (especialmente la broca de café), enfermedades, nemátodos y malezas. El reemplazo exitoso de los insumos sintéticos depende sobre las alternativas viables para manejar los problemas.

Fertilización: El caso de nitrógeno:

Entre los nutrientes requeridos por el cultivo de café se destaca el nitrógeno como el más importante. En 15 estudios de café en América Latina y Africa revisados por Carvajal (1984), todos demostraron respuesta positiva a la fertilización con nitrógeno.

La respuesta de la planta a nitrógeno ha sido estudiada en varios países. En Costa Rica se reporta un aumento de 39% de cosecha con aplicación de 300 kg N/ha/año comparado con el testigo (Carvajal 1984).

En Brasil, Malavolta (1981) reporta un aumento de 57% con la aplicación de 100 g N/planta y de 100% con una aplicación de 300 g N/planta.

En Puerto Rico se reporta un aumento en la producción de un 71% con una aplicación de 33.7 g N/planta y un aumento de 100% con aplicación de 67.3 g N/planta.

Debido a la respuesta demostrada del cafeto a nitrógeno, hay interés de parte de los productores de café orgánico en reemplazar el uso de fertilizantes sintéticos con una fuente aceptada por los certificadores. La fuente más común es gallinaza, ya que es la fuente más concentrada de nitrógeno que es relativamente disponible. En el es-

tudio de Boyce et al. (1994), todos los productores costarricenses de café orgánico usan abonos orgánicos, la mayoría de ellos (59%) usan gallinaza. La gallinaza está compuesta de entre 2 y 8% nitrógeno total, según varios estudios. Muñoz et al. (1990) muestrearon gallinaza en Puerto Rico, y sus cuatro muestras incluyeron de gallinaza fresca hasta gallinaza de 24 meses. Los cuatro tienen un promedio de 3.3% con un rango de 2.5 a 3.7% de nitrógeno total, el valor más bajo se obtuvo con la gallinaza de 24 meses. Bitzer y Sims (1988) midieron la cantidad de nitrógeno en 20 muestras de gallinaza. La concentración promedio de nitrógeno de un total de 20 muestras fue 5.3%, con un rango de 1.8% a 8.1% nitrógeno total. La concentración de nitrógeno inorgánico en la gallinaza era 2.1%. Para determinar la concentración de N disponible al café, se aplica la fórmula de Bitzer y Sims (1988).

Nitrógeno Disponible:

80% N inorgánico + 60% N orgánico
donde N inorgánico:

$NH_4-N + NO_3-N$

N orgánico:

N total - N inorgánico.

Usando esta fórmula con las medias de las muestras arriba mencionadas, se estima que la concentración de N disponible al café de gallinaza es entre 2.2 y 3.6%.

Esta concentración de nitrógeno se compara con la urea que es 46% nitrógeno por peso.

Aplicando la fórmula de arriba, el nitrógeno disponible para el café de urea es el 37%. Para predecir bajo cuales condiciones es rentable la producción de café orgánico, se hizo un

análisis de presupuesto parcial comparando los costos y retornos de los dos sistemas. Se usaron los datos arriba citados y datos de productores de Nicaragua y Honduras para elaborar los presupuestos parciales.

RESULTADOS

Para suministrar la misma cantidad de nitrógeno, la gallinaza es más cara que la urea. La diferencia se debe a la baja concentración de nitrógeno de gallinaza comparada con la urea, y los costos adicionales de mover y aplicar las cantidades adicionales de material. La producción orgánica resulta más rentable cuando los costos de la gallinaza y su transporte son bajos, cuando la mano de obra es barata, y la respuesta del café a nitrógeno y el sobreprecio son altos. En el caso contrario la producción no-orgánica resulta más rentable. Para muchos casos se necesita un sobreprecio de por lo menos 30% para compensar los costos adicionales para suministrar el nitrógeno vía gallinaza.

CONCLUSIONES

El uso de gallinaza como fuente de nitrógeno en el café orgánico puede ser rentable solamente donde:

Existe una fuente local y barata de gallinaza

La mano de obra es barata.

Por condiciones de acceso o topografía el transporte no es difícil o caro.

La respuesta de la planta a nitrógeno es baja

Los sobreprecios son altos.

LITERATURA CITADA

- BITZER, C. C. Y J.T. SIMS. 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J. Environ Qual.* 17: 47-54.
- BOYCE, J.K., A. FERNÁNDEZ, E. FURST, O. SEGURA BONILLA. 1994. *Café y Desarrollo Sostenible: del cultivo agroquímico a la producción orgánica en Costa Rica.* Fundación UNA, Costa Rica.
- CARVAJAL, J.F. 1984. *Cafeto: Cultivo y Fertilización. Segunda Edición.* Instituto Internacional de la Potasa, Berne, Suiza.
- MUÑOZ, M.A., O. COBERG Y J.A. DUMAS. 1990. Chicken manure as an organic fertilizer. *J. Agric. Univ. P.R.* 74: 139-144.

NOTAS

- En Brasil, Malavolta (1981)
0 g N/planta: 0.7 t café/ha (= 1.400 lbs/ha=9.7 Q/mz)
- 100 g N/planta (=500 kg N/ha): 1.1 t café/ha (= 2.200 lbs = 1.00 kg/ha) (57% aumento)
- 300 g N/planta (=1.500 kg/ha): 1.4 t café/ha (100% aumento)
- Puerto Rico (Vicente-Chandler, 1968):
0 lbs N/acre/año: 14 cwt/acre café/año (=1.757 kg/ha = 26.7 Q/mz)
- 150 lbs N/acre/año (=68.2 kg/acre = 168.4 kg/ha = 33.7 g N/planta): 24 cwt/acre café/año (71% aumento).
- 300 lbs N/acre/año (136.4 kg/acre = 336.7 kg N/ha = 67.3 g N/planta): 28 cwt/acre café/año (100% aumento).

COMITES DE CAFICULTORES, NUEVA METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN DEL CAFICULTOR AL TRABAJO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, FUNDACIÓN PROCAFE, EL SALVADOR, C.A.

Ing. Agr. Msc. Carlos Ernesto Torres Martínez¹

Ing. Agr. McSc. Carlos E. Torres Martínez²

RESUMEN

Incorporar activamente a los productores de café, organizados en comités de caficultores con el propósito de proponer, revisar y apoyar la planificación, implementación y evaluación de los programas de transferencia de tecnología, se promovió la organización de los caficultores de las diferentes zonas, proyectando el establecimiento de un comité nacional integrado a partir de los departamentales. Se ha logrado integrar cuatro comités en el ámbito nacional, dos en 1995 y dos en 1996, con buenos resultados en el proceso de facilitar la transferencia de tecnología. Esta metodología proyecta buenos resultados, partiendo de que el trabajo de planificación: tanto de generación, como transferencia de tecnología, nace de las necesidades prioritarias manifestadas por los clientes.

Palabras claves: Transferencia de tecnología, Comités de caficultores, El Salvador.

INTRODUCCION

Objetivo General:

Que los caficultores se incorporen al quehacer de PROCAFE, actuando como comités locales que ayuden a proponer, revisar y apoyar la planificación, implementación y evaluación de los programas, ya que estos deben responder a necesidades reales de los productores y que sirven como medio en la promoción de estos servicios a los caficultores de la zona.

Objetivos Específicos:

- Que los caficultores se identifiquen e integren, para que actúen dentro del rol de usuario del servicio de transferencia de tecnología.
- Que los comités evalúen el proceso a utilizar para identificar los problemas más críticos, analizar la información disponible, determinar las actividades a realizar y relevancia, estableciendo las prioridades para el plan de acción.

¹ Coordinador Región 1, Fundación PROCAFE, El Salvador, C.A.

² Coord. Región 1, PROCAFE, El Salvador, San Salvador.

- Incorporar la mayor cantidad de personas y grupos interesados que se encuentren en la zona, identificando las necesidades críticas de los caficultores de la zona.
De acuerdo con la implementación de un programa, revisar y enfocar el trabajo de PROCAFE en el municipio.
Desarrollar planes de corto plazo en las áreas prioritarias, que sean factibles de ser medidos.
Establecer puntos específicos que sirvan para evaluar los progresos alcanzados.
Mantener actualizados a los miembros de los comités sobre los últimos avances tecnológicos en caficultura, mediante el uso de eventos de capacitación.
- Promover el intercambio tecnológico entre los miembros mediante giras de campo.

MATERIALES Y METODOS

Metodología de establecimiento de los Comités:

El proceso de establecimiento de los comités consiste en:

- Realizar la promoción con los caficultores líderes de la zona.
- Entregando la Guía para el establecimiento de los comités municipales de apoyo a PROCAFE.
- Invitar a la primera reunión informativa.
- Iniciar con los caficultores líderes el proceso de conformación del comité.

Metodología de conformación:

La organización de los comités se constituye por:

- Establecimiento de una Junta Directiva
- El transferencista de PROCAFE responsable de la zona.
La Junta Directiva se elige para un período de un año, pudiendo ser reelegidos sus miembros para un nuevo período.
El primer comité de caficultores de apoyo a PROCAFE se formó en el Departamento de Santa Ana en el año 1995, actualmente en el ámbito nacional se tienen 4 comités de apoyo y 2 en la fase de concientización.

Metodología de desarrollo:

- Diagnóstico de la problemática en la zona cafetalera.
- Elaboración de un plan de acción.
- Las reuniones inicialmente se realizan en los locales que en que se encuentran las oficinas de PROCAFE; hasta la fecha se ha mantenido el mismo local para reuniones, aunque es decisión del comité el lugar de reunión.
- La frecuencia de las reuniones es variable, al inicio se realizan cada 15 días; generalmente depende del interés que los miembros tienen por reunirse.
- Parte del desarrollo consiste en conocer con detenimiento como funciona la Fundación PROCAFE, dentro del programa Conozcamos PROCAFE, que consiste en sendas presentaciones por

- cada uno de los Jefes de Departamentos, Programas y Gerentes, finalizando con un recorrido por las instalaciones Físicas de la Fundación.
- A partir del diagnóstico el comité invita a reuniones con las diferentes autoridades que influyen en la zona, para solicitar, coordinar y apoyar las acciones orientadas al tratamiento y solución de los diferentes problemas.
- Se elabora un programa de trabajo para el segundo período.
- En 1996 se organizaron los Comités de Caficultores ubicados en Guadalupe, Departamento de San Vicente; San Pedro Nolasco, Departamento de La Paz; e Izalco, Departamento de Sonsonate
- Generalizar las prácticas de injertación masiva e intensamente.
- Manejo de fertilizantes y enmiendas al suelo.
Manejo de sombra y cafetales.
Plagas y enfermedades.
Variedades de café
Se realizaron contactos con personeros del Ministerio de Educación con el objetivo de integrar la materia de caficultura en escuelas piloto que se encuentre en el área de influencia del comité.
- Se brindó el apoyo a PROCAFE, hecho de manifiesto en Asamblea General de Socios y frente a los diferentes problemas que se han presentado.
- Se promovió y realizó la injertación en café con los miembros de los comités quienes realizaron la siembra de semilla de Robusta como patrón.
- Se realizó giras técnicas por las parcelas de investigación de PROCAFE en las diferentes Regiones, con el objetivo de observar los resultados de la investigación en injertación.
- Se han elaborado planes de trabajo para el segundo período de actividades de los primeros comités formados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados obtenidos:

Los comités reflejan logros dentro de sus actividades:

- Haber funcionado como comités conociendo y compenetrándose con la problemática de la caficultura de su zona de influencia.
- Haber integrado caficultores representativos de su zona de influencia.
- Se identificaron áreas en orden de importancia sobre las cuales debe trabajar la fundación y otras de interés propio de la comunidad:
- Se planifica continuar el proceso de organización de caficultores en comités departamentales. Las proyecciones con este tipo de metodología se orientan a trabajar con un comité consultivo integrado con miembros de

los comités representativos de las diferentes zonas cafetaleras lo cual permitiría a futuro la planificación de las actividades de la fundación en función de las necesidades identificadas en el ámbito regional que demanden los caficultores.

CONCLUSIONES

Las experiencias del trabajo con comités de caficultores muestra ser una metodología muy promisoría para la integración del caficultor al trabajo del transferencista, considerando que el trabajo de planificación tanto de investigación como de transferencia de tecnología nace de las necesidades prioritarias manifiestas por los cafi-

cultores representantes de las diferentes zonas.

BIBLIOGRAFIA

FUNDACION PROCAFE. 1996. MEMORIA DE LABORES 1996. Nueva San Salvador, El Salvador, Impresos. P 62.

FUNDACION PROCAFE. 1997. Plan de acción 1997. Nueva San Salvador, El Salvador. P 30.

FUNDACION PROCAFE. 1996. Informe anual Coordinación de Transferencia de Tecnología. Nueva San Salvador, El Salvador. pp.. 1-60.

EVALUACION DE CINCO FUNGICIDAS PARA EL COMBATE DEL OJO DE GALLO (*Mycena citricolor* Berk & Br.) EN VARIAS REGIONES DE COSTA RICA

Jorge H. Echeverri R *
Luis Zamora Q. **

RESUMEN

En los últimos años, el Ojo de Gallo ha llegado a afectar severamente más del 10 % del área dedicada al café en Costa Rica, con pérdidas estimadas entre el 50 y el 60 % de la cosecha. La eliminación del Arseniato de Plomo en el mercado obligó a las instituciones de café a buscar productos sustitutos de control. Con este objetivo se evaluaron cinco fungicidas, en cuatro regiones de Costa Rica, en un diseño irrestricto al azar; donde cada localidad fue una repetición. Quincenalmente se evaluó la incidencia de la enfermedad, en parcelas tratadas con los siguientes fungicidas: Funglak (Óxido de cobre + mancozeb) complementado con un sistémico de ingrediente activo desconocido; Amistar 80wg (Azoxystrobin); Silvacur (Tebuconazole + Triadimenol); Validacin 5% (extraído de una bacteria); y el Atemi 100SL (Cyproconazole). Los fungicidas se agruparon del más eficiente al menos, de la siguiente forma: Atemi y Silvacur; Validacin y Amistar; Funglak + el sistémico; y finalmente el testigo sin fungicida. No obstante, al analizar la eficiencia de control de los fungicidas, el Atemi sólo tuvo una eficiencia del 37.1 %, el Silvacur 31.2 % y el Validacin 27 %. Los resultados anteriores confirman la alta dependencia que tiene la enfermedad del ambiente y de la cantidad de inóculo presente al inicio de las lluvias y durante la estación lluviosa, lo que condiciona la respuesta del producto a la enfermedad.

Palabras claves: Ojo de gallo, *Mycena citricolor* Berk & Br., control químico, Costa Rica

INTRODUCCION

La salida del arseniato de plomo del mercado ha creado un nuevo problema de manejo de enfermedades en zonas cafetaleras altas y húmedas,

ideales para el desarrollo de hongos como el Ojo de Gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curt. Sacc).

En los dos últimos años se han registrado ataques de la enfermedad que han causado en las plantaciones defo-

* Ing. Agr. asesor Icafé, Apdo. 424-1150, San José, Costa Rica.

** Ing. Agr. Dpto Investigación y Transferencia Tecnología, ICAFE, Apdo 37-1000, San José, Costa Rica.

liaciones severas y pérdidas en las cosechas de más del 50 %. De acuerdo con estudios del Instituto del Café las regiones con estas características podrían estimarse en unas 11.000 hectáreas.(2).

Los agricultores han utilizado para el combate de esta enfermedad fungicidas de acción preventiva y curativa indistintamente, muchas veces sin tener en cuenta su forma de acción, la mejor época de aplicación o sus concentraciones. (5)

Después la prohibición de uso del arseniato de plomo, la investigación ha señalado al cyproconazole, de nombre comercial en Costa Rica: Atemi 100SL como el producto más eficiente. (4, 5) Sin embargo, su elevado valor, así como el desconocimiento del producto y su forma de acción han impedido al agricultor hacer un buen uso del mismo.

En los últimos dos años, el inóculo ha ido aumentando, diseminándose a zonas donde antes no era problema, sin que el agricultor pueda realizar un programa de combate eficiente de la enfermedad.

Con el objetivo de evaluar en cuatro regiones productoras de café de Costa Rica, caracterizadas por estar en zonas altas, húmedas y de gran nubosidad, la efectividad biológica de cinco fungicidas en el combate del Ojo de Gallo del café (*M. citricolor*).

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó de mayo a diciembre de 1996, en cuatro regiones de Costa Rica, a saber: Sabanilla de Alajuela; Berlín de San Ramón;

San Carlos de Tarrazú y Coto Brus, San Antonio de Sabalito.

Las características ecológicas para ese año, se puede ver en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Características de los lugares. Costa Rica.

LUGAR	ELEVACION (msnm)	LLUVIA (mm).
Sabanilla, Alajuela	1.400	3.255
Berlín, San Ramón	1.460	2.350
San Carlos, Tarrazú	1.650	3.411
Sabalito, Coto Brus	1.110	4.515

* Registros de lluvia de enero a noviembre de 1996.

En todas las parcelas seleccionadas la variedad cultivada era el Caturra, con excepción de Sabanilla que tenía Caturai. Se trataba de cultivos de más de siete cosechas, con unas 5.800 plantas por hectárea, conducidas a dos y tres ejes por planta. En todos los casos, las parcelas se mantuvieron sin sombra, durante todo el período del ensayo.

Los porcentajes de hojas con ojo de gallo al inicio del experimento era de: 11.7 % en Berlín, 27.3% en San Carlos de Tarrazú, 13.8 % en Sabanilla y 19.8 % en Sabalito de Coto Brus. El experimento se condujo bajo el diseño "irrestricto al azar", donde las repeticiones eran las localidades y los tratamientos los fungicidas. En cada repetición o localidad se seleccionaron seis parcelas de aproximadamente 300 m², 210 plantas (6 hileras de 35 plantas).

Los tratamientos y las dosis evaluados fueron: FUNGLAK 25 SC + SISTEMICO (6 L/ha): de acción protectora compuesto de oxido cuproso y mancozeb, adicionado de un sistémico bajo el código No. 38/264/6, de ingrediente activo desconocido; el AMISTAR 80 wg (187 g/ha): que es un fungicida sistémico, de acción translaminar, cuyo ingrediente activo es el azoxystrobin; el SILVACUR (0.7 L/ha): que es un fungicida de acción preventiva y curativa, compuesto por la mezcla de dos triazoles: 225 g/l de tebuconazole y 75 g/L de triadimenol; el VALIDACIN 5% (2 L/estación de 200 litros), fungicida de contacto extraído de la bacteria *Streptomyces hygroscopicus* var. *limoneus*; y el ATEMI (0.5 L/ha): que es un fungicida protector y sistémico de ingrediente activo cyproconazole. Los productos fueron comparados con un TESTIGO sin fungicida.

En cada parcela (6 calles por 35 plantas) se marcaron, 100 bandolas al azar, en el tercio medio e inferior de la planta. La evaluación de la incidencia de la enfermedad (número de hojas con Ojo de Gallo) se hizo quincenalmente.

En total se realizaron cinco aspersiones de los fungicidas, en fechas que coincidían con los finales o principios de cada mes, a partir de mayo. La última aplicación se realizó en la primera semana de octubre de 1996, con excepción de la parcela de Coto Brus que se le aplicó a fines de ese mes. Las aspersiones se realizaron con un equipo de palanca marca "Guarany", modelo Plus-16, al cual se le adaptó un regulador de presión y dos boquillas de cono hueco Spray Systems X-

4, reguladas ambas para una descarga de 520 cc por minuto. Las aspersiones se realizaron a una descarga constante de 40 lbs de presión/pulg²., adicionado un adherente en los productos que así lo recomendaban.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza global para todo el experimento: cuatro localidades y seis tratamientos (fungicidas) se encontraron diferencias altamente significativas en el número de hojas con ojo de gallo. De acuerdo a la prueba de Duncan al 0.05%, los tratamientos se separaron según se ilustra en Cuadro 2.

Cuadro 2 Número de hojas con ojo de gallo y su efecto estadístico

Tratamiento	%Hojas Ojo Gallo	Efecto
Atemi	25.11	C*
Silvacur	29.19	C
Validacin	30.89	BC
Amistar	33.14	BC
Funglak+sistémico	37.94	AB
Testigo sin fungicida	41.50	A

* Promedios con letras iguales son estadísticamente semejantes (P0.05)

En el análisis de varianza, por lectura, se puede ver que en las seis primeras evaluaciones (lecturas) no se daban diferencias significativas a nivel del 0.05 %, lo que no ocurría de la séptima lectura hasta llegar a la diez. A partir de allí, de la diez hasta finalizar vuelven otra vez a ser estadísticamente iguales. Los productos ATEMI y SILVACUR, ambos del grupo de los triazoles,

mostraron tener una acción semejante, a pesar de que el primero de ellos pareciera, numéricamente, un poco mejor. Los productos: VALIDACIN Y AMISTAR pudieran ser nuevas alternativas al combate de la enfermedad; no obstante, requieren de mayores estudios para buscar mejores dosis y épocas de aplicación. Finalmente, el FUNGLAK+ SISTEMICO no tuvo el efecto deseado, ya que por su acción preventiva difícilmente iba a actuar contra el hongo, en un ambiente con mucho inóculo y condiciones favorables. El VALIDACIN, es un producto que se debería estudiar con más detalle, porque dada su acción sobre el hongo: al parecer erradicante, podrías

servir para bajar el inóculo en un momento determinado, bien sea al inicio de las lluvias o en los meses de condiciones ambientales muy favorables para el hongo o también para tratar focos de infección importantes en el cultivo.

El estudio del "Porcentaje de Eficiencia" de los tratamientos, calculados mediante la fórmula de Abbott: $(1 - \% \text{ de infección del tratamiento dividido por el } \% \text{ de infección del testigo}) \times 100$, dieron los resultados que se detallan en Cuadro 3, mostraron diferencias estadísticas y para las lecturas once y doce que dan una idea de como terminaron los tratamientos

Cuadro 3. Porcentaje de Eficiencia de los tratamientos, calculados mediante la fórmula de Abbott: $(1 - \% \text{ de infección del tratamiento dividido por el } \% \text{ de infección del testigo}) \times 100$,

Tratamiento	% de Eficiencia/ Lectura				
	8a	9a	10a	11a	12a
Atemi	47.1	50.7	46.1	40.4	37.13
Silvacur	35.7	35.6	34.5	34.5	31.22
Validacin	42.4	37.7	35.1	30.0	27.00
Amistar	32.1	17.8	19.4	20.1	11.81
Funglak+sist	13.8	12.6	19.4	11.7	10.97

Los resultados permiten ver claramente que el ATEMI mantiene los valores de eficiencia más altos durante estas lecturas; mientras que el SILVACUR y el VALIDACIN comparten la segunda y tercera posición.

La no significancia de las primeras siete lecturas indica que hasta mediados de setiembre la enfermedad no tuvo las mejores condiciones climáticas para su desarrollo, puesto que el testigo sin fungicida tuvo un comporta-

miento semejante con el de los tratamientos. El efecto en las dos últimas lecturas fue diferente, ya que el ataque de la enfermedad fue tan fuerte que defolió severamente casi toda la plantación. Las lluvias fuertes y continuas de octubre a la primera quincena de diciembre pudo incidir en disminuir la acción residual de los productos. Se debe tener en cuenta que la última aplicación se hizo en los primeros días de octubre, con excepción de Sabalito que se realizó el 25 de ese mismo mes. Observaciones parecidas fueron hechas por Bonilla en El Salvador. (1)

La estimación del Porcentaje de Eficiencia mostró una tendencia semejante a la encontrada en el análisis de hojas con ojo de gallo. Los porcentajes de control de los productos al final del período de lluvias no fueron lo suficientemente buenos, lo que podría indicar que faltó una aplicación más para terminar de proteger las hojas o que los productos no tuvieron la suficiente residualidad para terminar de proteger las hojas hasta el final del período de lluvias.

CONCLUSIONES

1. El combate del ojo de gallo debe ser el producto de un manejo integrado, donde se deben considerar las prácticas agronómicas en primer lugar y el control químico como un complemento.
2. Debido a que las condiciones climáticas de los primeros meses, no fueron favorables para el desarrollo del hongo, no se ob-

servaron diferencias significativas entre los tratamientos, para las primeras siete lecturas. Esto confirma la dependencia que tiene la enfermedad del clima e indica que las aspersiones de fungicidas se deben programar en base al mismo, para evitar costos innecesarios en el control de esta enfermedad.

3. La prueba de Duncan para la séptima, octava, novena y décima lectura, así como el análisis del Porcentaje de Eficiencia de los tratamientos confirmó al ATEMI, al SILVACUR y al VALIDACIN como los mejores fungicidas para combatir la enfermedad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que a pesar de estos resultados, los niveles de ojo de gallo alcanzados, al final del trabajo (5/12/96) fueron bastante altos: 37.25 %, 40.75 % y 43.25 % respectivamente, lo cual incide especialmente en la eficiencia de los productos.
4. El VALIDACIN es un producto novedoso que debe ser estudiado con más detalle, con el fin de evaluar su efecto erradicante del hongo; si así fuera podría ser aprovechado en un programa de manejo integrado de la enfermedad, con la finalidad de bajar el inóculo en un momento determinado: al principio de las lluvias, durante la época de lluvias intensas o mediante el tratamiento de focos a través de todo el año.

BIBLIOGRAFIA

- BONILLA G., JULIO. 1980. Estudio del ojo de gallo causado por el hongo *Mycena citricolor*. III Simposio Latinoamericano sobre caficultura. Tegucigalpa, Honduras 9 y 10 de diciembre de 1980, IICA/ Promecafe, 177-188.
- BORBON M., OLGIER. 1996. Informe de las parcelas de validación del control de ojo de gallo (*Mycena citricolor*). Memoria de Seminario: Atemi 100SL .Hotel Herradura, 22 marzo de 1996. 7-23.
- CARVAJAL, J.F. 1939. Ojo de gallo (*Omphalia flavida*) Rev. Inst. Defensa Café (Costa Rica) 7: 535-576.
- CHAVES, O. 1990 Evaluación de ATEMI 100 SL en el combate del ojo de gallo *Mycena citricolor*. In: Taller Regional sobre Roya, Ojo de Gallo y otras enfermedades. IICA-/PROMECAFE UCR, San José, Costa Rica.

EVALUACION DE LINEAS DE CATIMOR DE LA SERIE T-8600; EN EL CANTON DE SAN CARLOS, COSTA RICA

Ing. Víctor Chaves Arias'

RESUMEN

En el distrito de Aguas Zarcas de San Carlos, en la Provincia de Alajuela, a una altura de 550 msnm, se evaluó durante un período de 4 cosechas, la producción de 9 catimores (T-8657 (2-4), T8660 (3-4), T8662, T8663 (2-1), T8664 (2-2), T8664 (2-4), T8666 (4-3), T8667 (2-3) y T5175), utilizándose como testigo el cultivar Catuaí. El catimor T8667 (2-3) destacó como el tratamiento de mayor producción en 3 de las 4 cosechas evaluadas, así como en el promedio total, en donde con 27565 kg. café cereza/ha/año (107 fa/ha) superó la producción del testigo en un 72%, diferenciándose de él estadísticamente, al igual que de los restantes tratamientos. Otros 6 catimores superaron significativamente la producción promedio del testigo, siendo la excepción los tratamientos T8662 y T8663 (2-1). Los principales problemas agronómicos los presentó el catimor T5175 al evidenciar una fuerte susceptibilidad al ataque de "ojo de gallo" (*Mycena citricolor*) y una elevada tendencia al volcamiento (acame) de plantas.

Palabras claves: Mejoramiento genético, 'Catimor', Costa Rica.

INTRODUCCION

La búsqueda de resistencia genética a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) ha sido una prioridad de los programas de mejoramiento genético conducidos en América Latina (Betten-court, 1984); adquiriendo especial relevancia con la aparición de esta enfermedad en el continente americano en 1970. En Costa Rica, numerosas introducciones de cafetos portadores de genes de resistencia al hongo, fueron evaluados en el período comprendido entre finales de la década de los

50 y finales de la de los 70. No obstante aún los materiales más promisorios (Geisha T2722 y KP423) debieron descartarse al presentar una resistencia incompleta y una productividad inferior a la de las variedades comerciales Caturra y Catuaí (Programa Cooperativo Oficina del Café Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1979; Aguilar, 1990). Una nueva etapa en la búsqueda de resistencia a la enfermedad se inicia con la introducción de los catimores en los programas de investigación; estos materiales originados del cruce de Híbridos

¹ Ing. Agr. ICAFE, Apartado 37-1000 Costa Rica

de Timor con el cultivar comercial Caturra, conservan en gran medida la resistencia de la roya del primero y la elevada productividad del segundo. (Hidalgo, G y Benavides, J, 1984). Un primer grupo de catimores es introducido a Costa Rica en 1977, ingresando a los programas de investigación en generación F3. De estos materiales genéticos sobresalió el T5175, por su productividad y homogeneidad en el porte. (Programa Cooperativo ICAFE-MAG, 1985; Bettencourt, 1984). Desde entonces nuevas introducciones de catimores, se han realizado en nuestro país, destacando entre ellas por su riguroso proceso de selección (F5 y F6) la denominada serie T8600, de la cual se cuenta con diversas líneas (Bettencourt, 1984). El presente estudio es parte de un grupo de experimentos cuyo objetivo es evaluar el comportamiento agronómico del catimor T5175 así como de diferentes líneas de la serie T8600, en las principales zonas cafetaleras de Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación

El ensayo se estableció en la Finca La Isla, ubicada en el distrito de Aguas Zarcas de San Carlos de la Provincia de Alajuela, a una altura de 550 msnm. La precipitación media anual de la región es de 3500 mm y presenta una corta y poco definida estación seca, que normalmente se extiende entre los meses de febrero y abril. Los suelos de la región se clasifican como Inceptisoles, habiéndose desarrollado a partir de materiales aluviales de origen volcánico. Específica-

mente el terreno donde se ubicó el ensayo presenta escasa pendiente y un suelo profundo que en los primeros 20 cm es de textura franco limosa y baja fertilidad.

Material genético (Tratamientos)

Además del cultivar Catuaí que se utilizó como testigo, se evaluaron el catimor T5175 y 8 catimores de la serie T8600: T8657 (2-4), T8660 (3-4), T8662, T8663 (2-1), T8664 (2-2), T8664 (2-4), T8666 (4-3) y T8667 (2-3).

Diseño y unidad experimental

Se empleó un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos y 6 repeticiones. Cada repetición constó de una hilera de 10 plantas, considerándose como parcela útil la totalidad de ellas.

Período experimental

El ensayo se inició con la siembra de los materiales genéticos en el mes de julio de 1986 y finalizó en 1991 tras evaluarse 4 períodos de cosecha (1988, 1989, 1990 y 1991).

Variables evaluadas

Además de las cosechas que se registraron en kg de café cereza/ha/año, se realizaron conteos de plantas acamadas (Abril, 1990) e incidencia de ojo de gallo (setiembre, 1991). La evaluación de la incidencia de ojo de gallo se llevó a cabo sobre plantas de los catimores T5175, T8662 y T8667 (2-3), así como sobre el testigo Catuaí y en plantas de Caturra y Catuaí de lotes aledaños al ensayo. Finalmente para la determinación de las características físicas de grano, en oc-

tubre de 1988 se recolectó de cada tratamiento una cajuela de café cereza la que fue enviada a CICAPE para su respectivo análisis.

Manejo agronómico

El ensayo se estableció a plena exposición solar y a una densidad de siembra de 2m x 1m, utilizándose una planta por punto de siembra, a la cual se le eliminó el ápice (descope) para darle una formación de 2 ejes por planta. Una vez en producción, el ensayo se manejó con una fertilización de 1000 kg/ha de la fórmula 18-5-15-6-2, dividida en 2 épocas (mayo-agosto) y una extra de 250 kg de nitrato de amonio (enero). A partir de la segunda cosecha, cada tratamiento se sometió a una poda selec-

tiva por planta de acuerdo a su grado de agotamiento.

DISCUSION Y RESULTADOS

Los promedios de 4 cosechas, incluidos en el Cuadro 1, reflejan la alta productividad de la mayoría de los catimores evaluados, ya que de ellos tan solo 2 (T8662 y T8663 (2-1)) presentaron promedios de producción inferiores al testigo Catuaí mientras que los restantes 7 lo superaron significativamente. De estos últimos sobresale el T8667 (2-3) que con un promedio de 27565 kg de café cereza/ha/año (107 fan/ha), supera la cosecha del testigo en una 72% y se ubi-

Cuadro 1. Producción anual y promedio de cuatro cosechas de los materiales genéticos evaluados. San Carlos, Costa Rica. 1988-1991

Tratamiento	kg café cereza/ha				Promedio años 1988-1991
	1988	1989	Año 1990	1991	
T8667 (2-3)	22487 b	46175 a	22917 a	18675 a	27564 a
T8664 (2-2)	22812 b	43141 ab	15267 bc	15700 bc	24230 b
T8657 (2-4)	22912 b	40133 bc	11187 c	18537 c	23192 bc
T5175	28271 a	39546 bc	13683 bc	10333 bc	22958 bc
T8666 (4-3)	25071 ab	32720 d	17446 b	15200 b	22609 bc
T8664 (2-4)	17575 c	39836 bc	16662 bc	13579 bc	21913 bc
T8660 (3-4)	21692 b	34947 cd	16587 cd	12687 bc	21478 c
Catuaí	10200 d	30613 d	11657 d	11487 c	15994 d
T8662	9637 d	22702 e	12967 e	14533 bc	14960 de
T8663 (2-1)	11271 d	19594 e	11900 e	11229 bc	13499 e
cv =	15.7%	12.1%	28.5%	34.2%	19.9%

*Significancia (letras) de acuerdo a prueba de Duncan al 5%.

ca estadísticamente como el tratamiento de mayor producción. En el mismo cuadro, al analizar la cosecha de cada año se puede observar que el catimor T8667 (2-3) mostró una gran consistencia al ser el de mayor producción en 3 de las 4 cosechas registradas, siendo la excepción la primera de ellas en la que el T5175 se comportó como el material genético de mayor precocidad.

En la Figura 1 se muestra el flujo mensual de cosecha para los catimores T5175 y T8667 (2-3) así como para el testigo Catuaí, en ella se aprecia que ambos catimores presentaron curvas de recolección muy similares, difiriendo con la del Catuaí, al tener este un pico de recolección más concentrado y un menor porcentaje de su producción hacia inicios de cosecha. Debe indicarse que el período de re-

colección de 6 meses, es consecuencia de las condiciones meteorológicas de la región, en donde la elevada precipitación y la corta y poco definida época seca estimula numerosas floraciones en los cafetos.

Por otra parte, si bien todos los catimores presentaron resistencia a la roya, algunos de ellos evidenciaron una elevada susceptibilidad al ataque del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) así como una fuerte tendencia al volcamiento de plantas (acame). En ambos casos el catimor T5175 fue el más afectado, pudiéndose constatar esto por medio de evaluaciones, en los que este catimor superó significativamente los índices de volcamiento (Figura 2) e incidencia de ojo de gallo (Figura 3) registrados por los otros tratamientos incluidos en las evaluaciones.

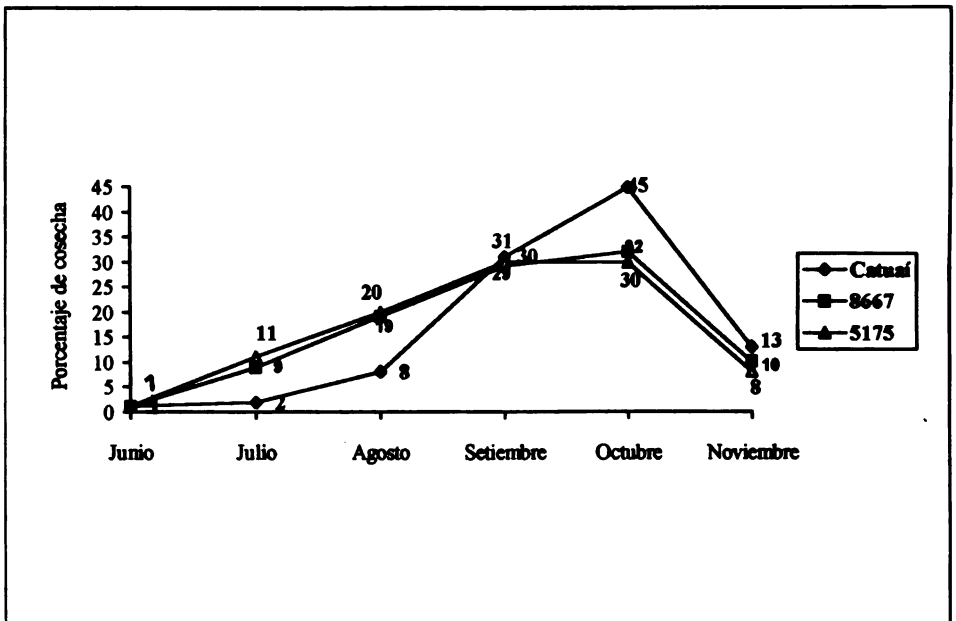


Figura 1 Flujo de cosecha mensual, para el promedio de 2 períodos en el cultivar Catuaí y los catimores T5175 y T8667 (2-3). San Carlos, Costa Rica 1989-1990.

El volcamiento pudo verse favorecido por el crecimiento exuberante de los cafetos, propio de las condiciones ambientales de la zona y se manifestó con mayor severidad en algunos de los materiales genéticos de mayor porte como el T5175 y el T 8664 (2-2), en contraposición con aquellos de menor tamaño como los catimores T8667 (2-3) y

T8657 (2-4). Con respecto al ojo de gallo, es conveniente advertir, que si bien en la región de San Carlos es una enfermedad que tan solo en áreas muy localizada tiene importancia económica; podría adquirir niveles preocupantes de introducirse materiales de alta susceptibilidad como parece ser el catimor T5175.

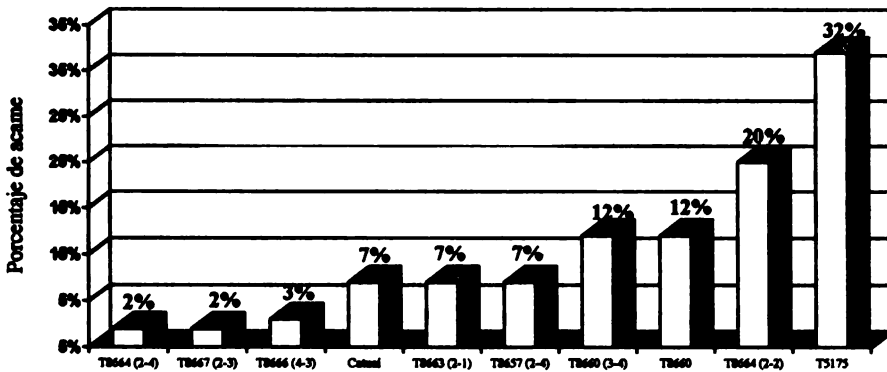


Figura 2. Evaluación de plantas acamadas de los materiales genéticos en estudio. San Carlos, Costa Rica. Abril, 1990. (*Significancia (letras) de acuerdo a prueba de Duncan al 5%, previa transformación de datos a $X + 1$)

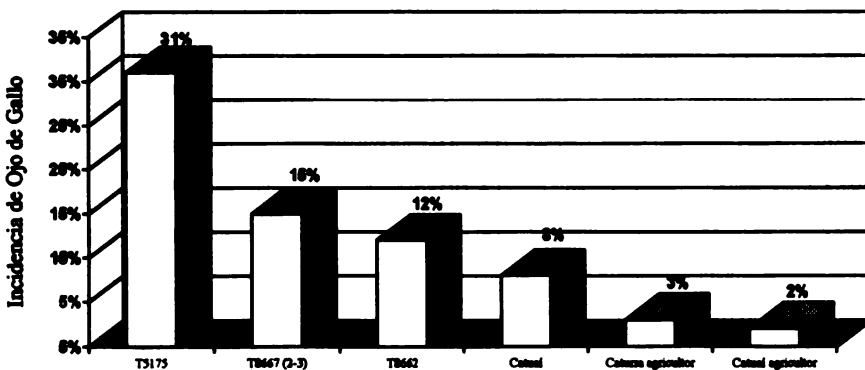


Figura 3. Incidencia (% de hojas afectadas) de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en los catimores T5175, T8667 (2-3) y T8662, así como en el Catuaf del ensayo y en parcelas alea-dañas de caturra y catuaf. Setiembre, 1991. (*Significancia, letras, de acuerdo con prueba de Duncan al 5%).

En relación al desarrollo vegetativo de los distintos materiales genéticos; debe señalarse que luego de la elevada cosecha del año 1989, se procedió a podar por primera vez los cafetos, debiendo utilizarse esta práctica sobre un alto porcentaje de plantas pertenecientes a los catimores T8657 (2-4) (55%), T5175 (45%), T8664 (2-2) (45%) y T8664 (2-4) (45%), así como sobre el testigo Catuaí (45%), siendo en todos los casos una consecuencia del alto grado de agotamiento que presentaban.

Por el contrario al encontrarse en mejores condiciones vegetativas, los tratamientos con un menor porcentaje de plantas podadas fueron los catimores T8663 (2-1) (7%) y T8667 (2-3) (25%). El bajo grado de agotamiento del catimor T8663 (2-1) debe asociarse a su baja cosecha en rela-

ción al resto de los tratamientos. Finalmente en el cuadro 2, se presentan para cada tratamiento las características físicas de grano, en las que se aprecia que de los catimores de mayor producción, el T5175 y el T8667 (2-3) presentaron rendimientos de beneficiado inferiores en un 6% al obtenido por el testigo Catuaí; mientras que por el contrario lo superan el T-8657 (2-4) y el T-8664 (2-2). En el mismo cuadro se aprecia que con la excepción de los materiales T8662 y T8663 (2-1), el resto de los catimores superaron al Catuaí, en el porcentaje de granos de primeros tamaños.

Como conclusión puede señalarse, que por su alta productividad el catimor T8667 (2-3), destaca como el material genético más promisorio de los evaluados en el presente estudio.

Cuadro 2. Características físicas de grano, provenientes de 1 cajuela de café cereza por tratamiento. San Carlos, Costa Rica. Octubre, 1988.

Tratamientos	Rendimientos kg/DHI	% de primeros tamaños (> 17/64")
T8657 (2-4)	19,00	71,8
T8664 (2-2)	17,00	76,6
T8660 (3-4)	16,00	69,5
T8664 (2-4)	16,00	74,0
T8666	16,00	75,0
Catuaí	16,00	63,6
T8662	15,00	52,3
T8667 (2-3)	15,00	73,0
T5175	15,00	74,6
T8663 (2-1)	12,00	56,6

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, V. 1990. Mejoramiento genético del cafeto. In 40 años de investigación y transferencia de tecnología en café. Programa Cooperativo ICAFE-MAG, San José, Costa Rica. p. 7-23.

BETTENCOURT, A.J. 1984. Características agronómicas de selecciones derivadas de cruza-mientos entre híbridos de timor y las variedades Caturra, Villa Sarchí y Catuaí. In IV Reunión regional de mejoramiento genético de café, Antigua, Guatemala. PROMECAFE. 20 p.

PROGRAMA COOPERATIVO ICAFE-MAG. 1985. Sec-

ción de Mejoramiento Genético. In Informe Anual de Labores 1985. San José, Costa Rica. p. 35-36.

PROGRAMA COOPERATIVO OFICINA DEL CAFE-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1980. Mejoramiento genético, resultados In Informe anual de labores, 1979. San José, Costa Rica. p. 39-42.

HIDALGO, G y BENAVIDES, J.A. 1984. Variedades e híbridos portadores de resistencia al ataque de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). In IV Reunión regional de mejoramiento de café, Antigua Guatemala.

INDICE: PAISES-AUTORES

PAIS	PAGINA	PAIS	PAGINA
Costa Rica:	93-99-105-141-151-171- 183-192-215-219-223- 245-393-409-429-471- 509-515	Honduras:	109-239-297-379-501
Colombia:	317	Jamaica:	403
El Salvador:	211-415-453-461-485- 493-505	Mexico:	271-349
Guatemala:	165-287-339-345-411	Nicaragua:	85-205-231-291-327-333- 353-369
		República Dominicana:	303

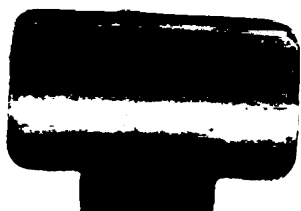
AUTOR	PAGINA	AUTOR	PAGINA
Aguilar G . . . . .	.245	Carlos Roberto Pineda . . . . .	.109
Allan J. Hruska . . . . .	.501	Carmen Rivera . . . . .	.409
Alexis Pereira . . . . .	.253	Cecilia Villalobos S. . . . .	.177
Alfonso Merlo . . . . .	.379	César Orlando González García . . . . .	.297
Alfredo Agustín Rivera Menjívar . . . . .	.339	Charles Staver . . . . .	.115
Alvaro Jiménez Castro . . . . .	.3	Denis O. Seudieu . . . . .	.13
Alberto Murillo L. . . . .	.317	Dr. Armando García G. . . . .	.254
Amador Villacorta . . . . .	.287	Dr. Mark Berthonly . . . . .	.25
Amauri Molina . . . . .	.165	Dominique Barry-Etienne . . . . .	.253
Amilcar Aguilar, Charles Staver . . . . .	.85	Edgar Vargas . . . . .	.191
Amir Fanuel Velázquez Velázquez . . . . .	.349	Eduardo Somarriba . . . . .	.99
Ana Lorena Vargas . . . . .	.219	Efraín Ortiz . . . . .	.425
Angel Rafael Trejo Sosa . . . . .	.297	Esteban Escamilla Prado . . . . .	.135
Angel Ramón Rodríguez . . . . .	.109	Etienne H. . . . .	.245
Anthony F. . . . .	.245	Elisco García Pérez . . . . .	.135
Armando García . . . . .	.165	Emilio Mariscal D. . . . .	.165
Armando Lopez-Rubio . . . . .	.461	Eduardo Carrillo . . . . .	.287
Barrios, M. . . . .	.353	Ernesto Velázquez Zarco . . . . .	.425
Benoît Bertrand . . . . .	.253	Ernesto Zarco . . . . .	.493
Br. Carlos E. Funes. . . . .	.239	Fabio Bautista Pérez . . . . .	.339
Bernal Cisneros Durán . . . . .	.93-147	Floria Bertsch . . . . .	.191
Br. Ind. Manuel Estuardo Solis . . . . .	.411	Floria Ramírez . . . . .	.191
Br. René Ramírez Amador . . . . .	.281	F. Omar Osorio García . . . . .	.477-231
Bertrand B . . . . .	.245	Francisco Anzueto . . . . .	.165
Calderón, M. . . . .	.369	François Anthony . . . . .	.253
Cajina D. . . . .	.333	François Côte . . . . .	.253
Campos Campos . . . . .	.93	Gerardo Lardé . . . . .	.415-425
Carlos Henríquez . . . . .	.191	Gilberto Amaya . . . . .	.453

AUTOR	PAGINA	AUTOR	PAGINA
Gilberto Torres Arias	.211	Luis Tobar	.425
Goméz, D.	.369	Luis Zamora Q.	.509
Gonzales M.	.33	Maira Castillo	.303
Guharay, F.	.353-369	Marc Berthouly	.253
Guillermo Ramírez	.151	Mario Ordoñez	.379
Gustavo A. Enríquez	.461	Melanie Hord	.409
Hector Ochoa	.287	Mendoza, R.	.333-369
Hector Zelaya	.379	Monterroso, D.	.333
Hermenegildo Velasco Pascual	.349	Monterrey, J.	.353-369
Hervé Etienne	.253	Monterroso, D.	.369
Ing. Agr. Msc. Carlos E. Torres M.	.505	Moises Blanco Navarro	.125
Ing. Ana Lucía Urefía Bogantes	.223	Mora, M.L.	.369
Ing. Arnulfo Monzón C.	.327	Morales, R.	.353
Ing. Bernal Cisneros Durán	.105	Morales, S.	.353
Ing. German José Aguilar Vega	.263	Noé Rodríguez	.425
Ing. Guido M. Quesada, MSc.	493-435-393	Odilio Rivera	.191
Ing. José María Alpízar Saborío	.223	Orlando Cisneros Sequeira	.125
Ing. M.Sc. Ruth Evelyn Cienfuegos	281-493	Oscar Hernández	.493-425
Ing. M. Sc. Xenia Peña de Morán	.239	Oscar M. Rodríguez A.	.141
Ing. Orlando Mora Alfaro	.105	Oscar Ortiz	.191
Ing. Oscar Campos	.345	Pablo García Pérez	.271
Ing. Oscar Ramírez Bogantes	.223	Quintero, N.	.353
Ing. Rick Wasser	.429	Ramón Guzmán	.303
Ing. Storti Silvano	.485	Raúl Mosqueda Vázquez	.135
Ing. Víctor Chaves Arias	.515	Raúl Muñoz	.297
Isabel Cristina Herrera S.	.387	Reinhold G. Muschler,	.157-471
Jacques Avelino	.379	Rodney Santacreo	.231
J. B. Ulloa Rojas	.419	Rodolphe Seibt	.379
J. Danilo Hernández G.	.177	Rolando Vázquez Morera	.51
J. E. Ramírez	.183	Rolando Picado	.191
J. Evaristo Pacheco Velasco	.135	Ronny Alfaro Araya	.215-171
Jiménez, C.M.	.353	Rubén Darío Landínez C.	.317
Johnny Montenegro	.219-151	Santacreo R.	.245
Jorge Edo. Ramírez Rojas	.93	Santiago Somarriba	.85
Jorge H. Echeverri R.	.509	Sarah M. Gladstone	.501
Juan José Obando J.141		Sr. Gerardo Astúa Román.	.263
Juan Miguel Llaven Gómez	.349	Saúl Jacinto	.425
Juan Orestes Villatoro	.231	Timon Waugh	.403
Laura Lopez	.303	Victor Aguilar	.85-115
L. Guillermo Ramírez M.	.219	Víctor Eduardo Mencía	.453
Lic. Martha Lidia Reyes de Amaya	.239	Víctor H. Cáceres D.	.202
Lisela Moreira	.409	V. Horacio Santoyo Cortés	.135
Lloyd T. Wilson	.287	Viviana Vásquez	.409
L.O. Brun and D.M. Suckling	.65	Walter Zelaya	.425
López C.	.291	William. Solano	.253
Luis Alonso Saravia	.415	William Villalobos	.409

Agradecimiento a las

**Empresas colaboradoras
en el financiamiento
de esta memoria**

- FERTICA**
- PROYECTO IICA/GTZ**
- IICA/ACT-CR**
- MONSANTO**



●●Icafe INSTITUTO
DEL CAFE
DE COSTA RICA