



Compendio de experiencias en la mitigación de Gas de Efecto Invernadero (GEI) para la agricultura y ganadería





PROYECTO EUROCLIMA - IICA

Compendio de experiencias en la mitigación de Gas de Efecto Invernadero (GEI) para la agricultura y ganadería

*Recopilación de experiencias por
Karla Mena Soto*

La presente publicación fue elaborada con la asistencia de la Unión Europea (UE) a través del Programa EUROCLIMA. El contenido es responsabilidad exclusiva de *Karla Mena Soto* y en ningún caso debe considerarse que refleja necesariamente los puntos de vista de la UE.

2015



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2015



Compendio de Experiencias en la Mitigación de Gas de Efecto Invernadero (GEI) para la Agricultura y Ganadería por IICA se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int.

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>

Coordinación editorial: Ronny Cascante Ocampo
Corrección de estilo: Máximo Araya
Diagramación: Karla Cruz
Diseño de portada: Carlos Umaña
Impresión: Imprenta IICA

San José, Costa Rica
2015

Contenido

Agradecimientos	5
Introducción	7
■ Café - Costa Rica Uso de fertilizante de liberación lenta: un café que vive la protección al ambiente	9
■ Cacao - Nicaragua Sistemas agroforestales: un modelo para la reducción de la huella de carbono en la cadena de valor de cacao para una cooperativa	11
■ Hortalizas - Ecuador Producción agroecológica de hortalizas: un enfoque en sistemas integrales de producción agropecuaria (SIPA)	15
■ Ganadería - Nicaragua Ganadería de doble propósito: sistemas agrosilvopastoriles y su contribución para mitigar el cambio climático	18
■ Caña de azúcar - Guatemala Un cultivo que promueve efectos positivos en la producción: las emisiones evitadas de gases de efecto invernadero (GEI)	21
■ Café - Costa Rica Sustitución de la leña como combustible por broza y cascarilla en una cooperativa integral y comprometida con el ambiente	24
■ Porcinos - Perú Producción integral de cerdos: EM•1® y EM-AGUA® como una herramienta para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	27
■ Arroz - Costa Rica Uso de biomasa para energía renovable: lograr mayor eficiencia para proteger el ambiente	30
■ Naranjilla - Ecuador Gestión de la materia orgánica en el suelo: uso de los principios agroecológicos	33
■ Ganadería - Costa Rica Lechería tropical: un modelo de integración de buenas prácticas de producción climáticamente inteligente	36
Consideraciones finales	39



Agradecimientos

Por su trabajo, su competencia profesional, sus contactos y su disponibilidad, se brinda un agradecimiento muy especial a las personas que se mencionan a continuación. Su aporte ha contribuido a proyectar una sistematización de buenas prácticas de mitigación de GEI, que tanto los sectores agrícolas y ganaderos pueden desarrollar para asumir el reto de fortalecer su producción y buscar el bienestar de nuestra región.

A ustedes, muchas gracias.

Alejandro Molina. Gerente, Finca Comercial CATIE, Costa Rica.

Alex Guerra. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC), Guatemala.

Carlos Medina. Comisión CELAC, Ecuador.

Cristóbal Villanueva. Investigador silvopastoril, CATIE, Costa Rica.

David Williams. Especialista principal en Resiliencia y Gestión Integral de Riesgos en Agricultura, IICA, Sede Central, Costa Rica.

Díddier Moreira. Proyecto EUROCLIMA-IICA, IICA, Sede Central, Costa Rica.

Diego Robelo. Innovation manager, Café Aquiares, Costa Rica.

Eduardo Somarriba. Director de Investigación, CATIE, Costa Rica.

Enrique Murgueitio Restrepo. Director, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia.

Fazzia Lisseth Moreira Izurieta. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Ecuador.

Felicia Granados. Programa de Posgrado, CATIE, Costa Rica.

Francis Reyes. BIOEM SAC, Perú.

Jairo Patricio Burbano Piedra. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Ecuador.

Juan Araya. Director de Producción y Operaciones, Grupo Pelón, Costa Rica.

Kelly Witkowski. IICA, Oficina del IICA en los Estados Unidos.

Maria Grazia Rossi Luna. Jefe de Gestión Ambiental, San Fernando, Perú.

Marieth Medina. Centro Humboldt, Nicaragua.

Muhammad Ibrahim. IICA, Sede Central, Costa Rica.

Paulina Baca Terán. Asesora del Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, Ministerio de Ambiente, Ecuador.

Roberto Mata Naranjo. Gerente General, Coopedota, Costa Rica.

Ronny Cascante. Proyecto EUROCLIMA-IICA, IICA, Sede Central, Costa Rica.



Introducción

Uno de los retos para la agricultura climáticamente inteligente es la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) como medida de mitigación del cambio climático.

La estabilización del clima global es uno de los desafíos más urgentes en las próximas décadas, especialmente para el sector agropecuario, donde el cambio climático es uno de los mayores retos. La agricultura y la ganadería son actividades significativas para el mundo, no solo por su contribución al producto interno bruto (PIB), sino por su valioso aporte a la seguridad alimentaria y por ser el medio de vida de millones de personas.

Según la División de Estadísticas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT), entre 1990 y el 2012, el total de emisiones de GEI para el sector agricultura corresponde a la suma de las emisiones por categoría de fuente y por tipo de gas. Se evidencian como las más significativas: fermentación entérica (40 %), excretas depositadas en pasturas (15 %), fertilizantes sintéticos (12 %), cultivo del arroz (10 %) y manejo de excretas (7 %). Se espera que las emisiones agrícolas puedan aumentar en más de un 50 % en el 2030, si no se lleva a cabo un esfuerzo mayor para reducir las, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (FAO 2015).

El sector agricultura, silvicultura y uso del suelo también es un importante sumidero de carbono, pues remueve más de 2 mil millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) en el 2010, pero a su vez es un sector que emitió 10 mil millones de toneladas de CO₂eq para el mismo año (FAO 2014a).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), las buenas prácticas de mitigación más prominentes en la agricultura con potenciales mostrados en Mt CO₂-eq/año (millones de toneladas de CO₂ equivalente por año), para precios de carbono de hasta 100 USD t/CO₂-eq (dólares estadounidenses

por tonelada de CO₂ equivalente) para el año 2030, son:

1. Renovación de suelos orgánicos cultivados (1260 Mt CO₂-eq/año).
2. Mejora de la gestión de tierras de cultivo: incluida la agronomía, gestión de nutrientes, gestión de cultivos/desechos y gestión hídrica (incluido el drenaje y el regadío) y congelación de tierras de cultivo/agrosilvicultura (1110 Mt CO₂-eq/año).
3. Mejora de la gestión de tierras de pastoreo: incluida la intensidad de pastoreo, aumento de la productividad, gestión de nutrientes, gestión de incendios e introducción de especies (810 Mt CO₂-eq/año).
4. Renovación de tierras degradadas mediante el uso del control de la erosión, enmiendas orgánicas y enmiendas de nutrientes (690 Mt CO₂-eq/año) (IPCC 2015).

Por su parte, América Latina y el Caribe (ALC) es la segunda región que genera más emisiones agrícolas a nivel global. Responde por el 17 % del total, solo superada por Asia en un 44 %. Le sigue África en un 15 %, Europa en un 12 % y América del Norte en un 8 % (FAO 2015c).

En ALC se anticipa que la seguridad, el desarrollo, el bienestar de la población y los ecosistemas serán afectados en su mayoría negativamente. Aunque la adaptación es de suma importancia para el sector, hay muchas medidas de adaptación que a la vez pueden contribuir a la mitigación. Según FAOSTAT, las emisiones de GEI para la región, especialmente procedentes de la producción de cultivos y ganadería, crecieron de 388 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO₂eq) en 1961, a más de 900 millones de toneladas CO₂eq en el 2010.

Dado lo anterior, el objetivo de este documento es evidenciar las contribuciones que diferentes



sistemas productivos sostenibles, tanto agrícolas como pecuarios, pueden aportar a la mitigación de GEI. Simultáneamente, muchas de estas prácticas también ofrecen cobeneficios para la adaptación y la productividad.

En este documento se describen una serie de acciones de mitigación en diferentes sistemas productivos de la región tales como cacao, arroz, lechería integrada, hortalizas, café, caña azúcar y otros, que tienen la capacidad de retribuir al sistema productivo la mitigación de su propia producción.

Este compendio de experiencias busca comprobar que disminuir las emisiones de GEI para la región es posible en diferentes sistemas productivos con diferentes condiciones ecológicas y que a la vez puede aumentar la eficiencia de la producción y fomentar una agricultura más productiva y sostenible. Cada productor, organización o gobierno tendrán que analizar la situación y decidir si es apropiado tomar acciones para mitigar las emisiones de GEI en la finca, la cadena productiva o el sector.

Por eso, productores conscientes y responsables de la situación han realizado acciones en diferentes alcances que merecen ser reconocidas, tanto en prácticas de actividades agrícolas como pecuarias, que se caracterizan por una producción técnica y ambientalmente responsable. Estas acciones promueven directa o indirectamente la mitigación del cambio climático y reducen las emisiones de GEI. Son prácticas que pueden ser ajustadas a otros países o localidades de producción.

Referencias

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014a. Emisiones de gases de efecto invernadero (en línea). Roma, IT. Consultado 11 jun. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-GHG-es.pdf>.

_____. 2014b. Latinoamérica duplicó sus emisiones agrícolas de gases de efecto invernadero en los últimos 50 años (en línea). Roma, IT. Consultado 2 jun. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/240450/>.

_____. 2015. Perspectivas para el medio ambiente (en línea). Roma, IT. Consultado 8 jun. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). 2015. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (en línea). Ginebra, CH. Consultado 11 jun. 2015. Disponible en https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/tssts-8-3.html.



Café - Costa Rica

Uso de fertilizante de liberación lenta: un café que vive la protección al ambiente

Descripción de la zona

Localizada en las laderas fértiles del volcán Turrialba en Costa Rica, se encuentra Aquiares, una comunidad de tradición centenaria en el cultivo de café Arábica de alta calidad. Esta comunidad se caracteriza por la integración de la protección de los recursos naturales, el cultivo de café sostenible y el apoyo a la población local. Aquiares se ubica a 1100 metros sobre el nivel del mar, al norte de la ciudad de Turrialba, donde la temporada de cosecha es de noviembre a enero.

Aquiares tiene 924 ha de extensión, 673 de las cuales se dedican al cultivo del café variedad caturra bajo sombra, mientras que las restantes hectáreas se encuentran en conservación. Produce alrededor de 2 200 000 libras de excelente calidad de café por año (14 667 sacos de 69 kg o 22 000 q).

La producción de café de Aquiares es conocida por su buena acidez y cuerpo, su aroma definido y su prolongado y agradable gusto al paladar. Con aproximadamente 200 ha de bosque natural a su alrededor, las familias que integran la comunidad han trabajado desde 1890 por cumplir su visión de un modelo moderno de agricultura sostenible y amigable con el ambiente.

Aquiares se reconoce como el primer café de Costa Rica que aprueba el proceso de verificación del módulo Clima de la Red de Agricultura Sostenible (RAS): “Criterios para adaptación y mitigación al cambio climático”, que busca sensibilizar y educar a los productores sobre los impactos generados por el cambio climático y promover la adopción de buenas prácticas agrícolas de mitigación y adaptación en el manejo sostenible de la finca.

Descripción de la buena práctica

Hace aproximadamente 20 años, Aquiares inició su labor para convertirse en un líder del café ambientalmente sostenible, cuando incorporó mayor plantación de árboles de sombra para favorecer una producción baja en emisiones de GEI y a la vez aumentar las remociones en sus plantaciones. Hoy Aquiares cuenta con extensas áreas de bosque en su sistema agroforestal.

Además, su objetivo por certificarse para optar por la C-neutralidad ha sido una prioridad, por lo que se han desarrollado acciones en la estructura, tamaño y procesos relacionados con la producción y el beneficio en busca de demostrar su mitigación al cambio climático.

La primera acción fue promover la disminución de los GEI dentro de los límites organizacionales y operativos establecidos por la empresa. Se comprobó la disminución en nitrógeno por hectárea (N/ha) que se da utilizando fertilizantes de liberación lenta que reducen la volatilización de N₂O (óxido nitroso), GEI con un potencial de calentamiento global de 310 veces más que el CO₂, en un horizonte de 100 años, de acuerdo con el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica.

La nueva fuente nitrogenada de alta concentración y mayor eficiencia, Nitro Xtend®, es un fertilizante que contiene una formulación que permite inhibir la acción de la ureasa, una enzima presente en el suelo que de forma natural convierte la urea en formas de nitrógeno disponible para las plantas, pero también provoca pérdidas de amoníaco gaseoso. El inhibidor del fertilizante de liberación lenta se va descomponiendo poco a poco, lo que permite que la planta absorba lentamente el nitrógeno (N) y que así no se volatilice. Aprovechar mejor ese nitrógeno y evitar las pérdidas por volatilización genera no solo



menores emisiones de N_2O , sino una reducción de kilos de nitrógeno aplicados por hectárea.

La segunda acción fue la cuantificación de las reducciones en emisiones por concepto de volatilización de N_2O . Se tomó la cantidad de fertilizante Nitro Xtend® aplicado por hectárea y este se comparó con el tratamiento con el fertilizante convencional, también en kilogramo por hectárea. Al hacer el cálculo, se cuantificó una disminución de 67,32kg/N/ha, lo que representa un total de 419,01kg/N menos en las 6,22ha que tiene la primera etapa. La diferencia total (419,01kg/N) se multiplica por el factor de emisión de los fertilizantes convencionales según Instituto Meteorológico de Costa Rica (0,01) y luego por el potencial de calentamiento global (310) y se divide entre 1000 para así obtener las 1,29 t CO_2eq que se redujeron en el año.

Principales logros e impactos

La implementación de esta buena práctica inició por etapas. Además de evidenciar buenos resultados en productividad, se destaca la presencia de lotes caracterizados por un 24 % de reducción de N aplicado en comparación con el resto de la finca, por lo que sí disminuyen las emisiones de GEI eficazmente.

Durante este 2015, la prueba de Nitro Xtend® ha permitido disminuir la cantidad de emisiones en un total de 1,29 t de CO_2eq (CO_2eq : equivalente en su efecto invernadero a esta cantidad de CO_2).

Además, se tomaron y analizaron muestras de suelo para justificar nutrición apta para café adulto. Las plantas donde se implementó la buena práctica presentan mayor longitud en crecimiento de los tallos y las bandolas, en comparación con el fertilizante convencional, lo que lleva a una mejor productividad en el cultivo.

Contacto

Robelo, D. 2015. Café AQUIARES. Innovation Manager. Comunicación personal.



Vista panorámica de la Iglesia de AQUIARES, Turrialba, localizada en la finca de café.



Vista panorámica de la Comunidad de AQUIARES, Turrialba, localizada en la finca de café.



Cacao - Nicaragua

Sistemas agroforestales: un modelo para la reducción de la huella de carbono en la cadena de valor de cacao para una cooperativa

Descripción de la zona

Ubicada en el Municipio de Waslala en la región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) de Nicaragua, se encuentra la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao (CACAONICA).

Los sistemas agroforestales (SAF) de cacao en Waslala se ubican a una altitud media de 390 msnm (240 a 622 msnm), temperatura media anual 24 °C con máximas en mayo y las mínimas en diciembre, con una humedad relativa media de 84 %. La precipitación media anual es de 2224 mm y su distribución es bimodal con máximas de mayo a noviembre y las mínimas de diciembre hasta el mes de abril (INETER 2003).

Descripción de la buena práctica

Para valorar los sistemas agroforestales como modelos para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la producción de cacao, se contabilizaron las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso que genera la producción (suelo y compost como abono orgánico), la transformación (transporte, fermentado y secado) y la comercialización de cacao (bolsas y transporte) para determinar la huella de carbono donde tiene control CACAONICA. También se cuantificó la tasa de acumulación anual de carbono en la biomasa encima y debajo del suelo en los diferentes sistemas agroforestales (SAF) en cacao, asociados con frutales, palmas y especies maderables, de los socios de CACAONICA en Waslala.

La estimación de la huella de carbono (HC) permitió la identificación de las etapas críticas de emisión de GEI, rutas de control y posibles medidas actuales y potenciales de reducción a las emisiones generadas, para posibilitar mejoras ambientales y

optimizar su competitividad en el mercado (Iglesias 2002).

El concepto de HC es parte de la metodología de análisis del ciclo de vida de un producto y sirve como un indicador de impacto en la medición del potencial de calentamiento global (Finkbeiner 2009). Según la norma PAS 2050:2008 “Especificación para la evaluación de las emisiones de GEI del ciclo de vida de bienes y servicios”, la HC es un término usado para describir la cantidad de GEI emitidos por una actividad particular o entidad y es una forma como las organizaciones pueden evaluar su contribución al calentamiento global. A partir de la determinación de la HC, se pueden tomar medidas correctivas para reducir los niveles de emisión en procesos productivos o actividades (Carbon Trust *et al.* 2008)

Para la evaluación de las emisiones, se analizaron las tres etapas iniciales del ciclo de vida donde la cooperativa CACAONICA tiene control, las cuales son: medir las emisiones del cultivo, transformación del grano y comercialización del cacao. Durante un año, estas etapas evaluaron con parcelas permanentes de medición, lo siguiente:

- 1) Emisiones de GEI en el suelo de los SAF de cacao.
- 2) Emisiones de N₂O por elaboración y aplicación de compost al cacao.
- 3) Emisiones de CO₂ en la fermentación del cacao.
- 4) Emisiones por la quema de leña en el secado del cacao húmedo.
- 5) Emisiones por fabricación y uso de sacos de “plástico” y “yute” para el empaque del cacao.



- 6) Emisiones por uso de combustible en el transporte de cacao. Todas las emisiones multiplicadas por los factores de emisión respectivos según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), con resultados expresados en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂eq) por kilogramo de cacao seco.

Por su parte, el uso de tierra, cambio de uso de tierra y silvicultura, con fines de mitigación, han constituido un planteamiento popular en el contexto del Protocolo de Kyoto y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), para estabilizar las concentraciones de GEI de la atmósfera. El secuestro de carbono mediante la forestación y la reforestación es una forma de compensar las emisiones generadas por diferentes actividades (Nair *et al.* 2009). En este contexto, la función de los árboles como un medio importante para captar y almacenar el carbono ha sido reconocida ampliamente en la agroforestería y fue aprobada como una estrategia importante de mitigación del cambio climático (Nair *et al.* 2009).

Dado lo anterior, los productores de CACAONICA en Waslala cultivan el cacao bajo diferentes tipos de sombra (frutales, palmas y especies maderables), según variantes en la composición y número de especies de dosel de sombra. La mayoría de estos sistemas están dominados por los frutales (*Inga sp*, *Bourreria huanita*, *Manguijera indica*), las especies maderables (*Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea*) y las palmas (*Bactris gasipaes*), que proveen madera, leña, frutas y otros servicios al agricultor (Poroma 2012). Este grupo de especies remueve importantes cantidades de carbono de la atmósfera y brindan la oportunidad de ofrecer un servicio ambiental (mitigación del cambio climático) a la sociedad (Beer *et al.* 2003).

Como resultado, se cuenta con una red de parcelas permanentes de medición de 1000 m² (20 x 50 m) cada una, ubicadas en diferentes SAF de cacao, en diferentes escenarios de fragmentación del paisaje local, altitud, pendiente, usos colindantes y diferentes diseños agroforestales. Estas parcelas han permitido estudiar los servicios ambientales que brindan los SAF en almacenamiento de carbono, calidad de suelos, entre otros. Se seleccionaron nueve SAF cacao de esta red y se remidió la biomasa acumulada en estos SAF.



Frutos de cacao listos para cosecha.

Principales logros e impactos

Al aplicar normas y metodologías de cuantificación de emisiones oficiales y técnicamente probadas, se determina que la producción y comercialización de un kilo de cacao por la cooperativa CACAONICA a la empresa compradora del 96 % de la producción de cacao genera una emisión de 4,98 kg de CO₂eq a la atmósfera.

Las fuentes de mayor impacto en la huella de carbono (HC) son el suelo y el uso de la leña para el secado del cacao, que constituyen el 91 % de las emisiones totales. El suelo es responsable del 77 % (3,85± 3,74 kg CO₂eq) de la HC, donde el óxido nítrico (en términos de CO₂eq) es, entre sus componentes, el mayor emisor de gas en el suelo (50 %), seguido de dióxido de carbono (48 %) y metano (2 %). Las tres tipologías agroforestales (frutales, palmas y especies maderables) tuvieron alta variabilidad en las emisiones de GEI en el suelo. Los gases en el suelo se comportaron como emisor y



sumidero en la época seca (febrero a mayo) y como emisor durante la época lluviosa (Poroma 2012).

Las emisiones generadas en la HC del cacao pueden clasificarse en dos categorías: a) las producidas por procesos naturales como las emisiones del suelo y la fermentación de cacao que son inevitables; y b) las generadas por actividades antropogénicas como el transporte de cacao, utilización de sacos de empaque y uso de leña en el secado de cacao que pueden ser controlados. Con base en esta clasificación, se pueden calcular dos tipos de huella: por procesos naturales (3,92 kg CO₂eq por kg de cacao) y la HC atribuible a procesos antropogénicos (1,06 kg CO₂eq por cada kilogramo de cacao comercializado) que suman la HC total de 4,98 kg CO₂eq por kilogramo de cacao (Poroma 2012).

Al aplicar metodologías de medición de HC como la norma PAS 2050 a la evaluación en Waslala, se reporta una huella inferior a la calculada, debido a que la norma no reconoce las emisiones del suelo en su contabilización (Carbon Trust *et al.* 2008) que disminuye la HC en un 77 %. En cambio, si se aplica la guía del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales y la norma ISO 14067:2013 “Gases de efecto invernadero - La huella de carbono de los productos - Requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación”, la HC sería similar al reportado en Waslala. Por tanto, como no todas las normas consideran las mismas fuentes de emisión, es necesario contar una norma estándar como la ISO 14067 para el cálculo de la HC de los productos (Sevenster y Verhagen 2010).

En relación con la captura de carbono, los cacaotales de Waslala para los SAF cacao de la cooperativa CACAONICA, acumularon una tasa promedio de 3,3±1,6 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (mega gramo promedio de carbono por hectárea por año) de carbono en la biomasa arriba y debajo del suelo. La biomasa aérea del dosel y cacao acumularon la mayor tasa de carbono anual (39 %), seguida de las raíces finas y gruesas (23 %), necromasa fina y gruesa (21 %) y hojarasca (17 %).

Los árboles frutales y maderables son los grupos de mayor aporte a la acumulación y generación de carbono en el dosel. Los agricultores los prefieren en su estado adulto y en la regeneración natural.

Los árboles frutales aportaron el 63 % del carbono aéreo del dosel y representan la población con mayor abundancia de individuos (78 %), seguido de otras especies (9 %), palmas (9 %) y maderables en menor proporción (4 %).

Los árboles frutales y maderables como la *Inga sp*, *Buorreria huanita*, *Cordia alliodora*, *Bactris gasipaes*, *Manguijera indica*, *Erythrina poeppigiana*, *Cedrela odorata* son las especies de mayor predominancia y contribución al carbono total acumulado en el período evaluado en el 2011. La *Inga sp* fue la especie más frecuente en los cacaotales (70 % parcelas) y se encontró a densidades promedio de 50 árboles ha⁻¹ (Poroma 2012).

Los SAF de cacao pueden remover de la atmósfera 39,8±0,03 kg CO₂ por cada kilogramo de cacao seco producido en el año. La producción y comercialización de 1 kg de cacao generaron una HC de 4,98±0,004 kg CO₂eq año⁻¹. Dados estos datos, la diferencia entre las remociones y emisiones en un modelo de simulación al 95 % de confianza genera un balance positivo de carbono en promedio (34,8±33,1 kg CO₂eq), con intervalos que van desde -30,0 hasta 99,6 kg CO₂eq. Esto significa que los SAF pueden remover en promedio 8,0 veces la HC y los límites de confianza pueden tomar valores desde negativos a positivos.

Los árboles de dosel y cacao cumplen un rol importante en la reducción de las emisiones de GEI generados en la producción y comercialización del cacao. Esto confirma la importancia del componente arbóreo en la reducción de la HC y la mitigación al cambio climático.

Referencias

- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):80-87.
- Carbon Trust, UK; DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK); BSI (British Standards, UK). 2008. Guide to PAS 2050: how to assess the carbon footprint of goods and services (en línea). Wakefield,



- UK, The Charlesworth Group. Disponible en http://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050_Guide.pdf.
- Finkbeiner, M. 2009. Carbon footprinting opportunities and threats. *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2009) 14:91–94.
- Iglesias, HD. 2002. Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de producto y su implicancia en el sistema agroalimentario. La Pampa, AR, INTA. 41 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2003. Sistemas de información digital (correo electrónico). Managua, NI.
- Nair, PKR; Nair, VD; Kumar, BM; Haile, SG. 2009. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. *Environmental Science & Policy* 10: 10-16.
- Poroma Colmena, D. 2012. Estrategias de reducción de la huella de carbono en la producción del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la cooperativa CACAONICA en Waslala, Nicaragua. Tesis M. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 79 p.
- Sevenster, M; Verhagen, J. 2010. GHG emissions of green coffee production. Toward a standard methodology for carbon footprinting. Delft, NL, CE Delft. 47 p.



Hortalizas - Ecuador

Producción agroecológica de hortalizas: un enfoque en sistemas integrales de producción agropecuaria (SIPA)

Descripción de la zona

En la provincia de Cotopaxi, Ecuador, se encuentra la parroquia de Cusubamba, ubicada entre los 2850 y 3150 msnm en el cantón de Salcedo. Presenta una temperatura promedio anual entre los 7 °C y 14 °C, precipitaciones que no superan los 750 mm anuales. Posee suelos franco arenosos y arcillosos. Pertenece a la zona alta de la cordillera occidental de los Andes y se caracteriza por la presencia de páramos, lagunas y pendientes pronunciadas.

El cantón de Salcedo ha presentado problemas de contaminación de los ríos y quebradas, así como el deterioro de los páramos, debido al uso inconsciente de agroquímicos y otras malas prácticas en la agricultura (PDOT Salcedo 2011). Específicamente, la Parroquia de Cusubamba está considerada entre las más afectadas por los procesos de erosión de suelos, debido a actividades de cultivo inapropiadas.

Descripción de la buena práctica

Dado lo anterior y con la finalidad de mitigar los procesos erosivos y reducir los impactos de los agroquímicos sobre los recursos hídricos y los suelos, se están implementando sistemas integrales de producción agropecuaria (SIPA). (Soffá *et al.* 2015).

La experiencia nace en el 2005 por iniciativa del Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio (FEPP), en donde se identifica la necesidad de crear alternativas para mujeres campesinas e indígenas de la zona, que apoyen el mejoramiento de fuentes de alimentación e ingresos.

La experiencia se inicia con la socialización y la transmisión de buenas prácticas en el marco de la producción agroecológica de parte de los técnicos del FEPP a un grupo de mujeres que se vinculan con la temática y que han creado una asociación informal para la implementación de



Abono orgánico preparado para su aplicación en campo.



SIPA. La finalidad es producir alimentos sanos para el consumo de la población, establecer la venta de hortalizas y así mejorar la salud y los ingresos económicos en los hogares.

Cada socia/productora destina un área de su terreno para la implementación de parcelas agroecológicas dentro de su producción. Antes de poder iniciar la siembra, se realiza la recuperación del suelo con la incorporación de abono orgánico, dado que los suelos presentaban condiciones de erosión y falta de contenido de materia orgánica en su estructura, debido a la tumba o tala, quema y el uso indiscriminado y continuo de los implementos de preparación de suelos.



Venta de productos agroecológicos en un mercado local.

Luego las mujeres siembran hortalizas tales como: rábano, col, remolacha, zanahoria y diversas variedades de lechuga. Después las cultivan de manera ecológica, sin ningún uso de fertilizantes o pesticidas químicos, sino a través de la integración de biol como fertilizante y abono natural.

El biol es un fertilizante orgánico líquido, fuente de fitorreguladores en pequeñas cantidades, capaces de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas. Favorece la base y sistema radicular, amplía la base foliar, mejora la floración, activa el vigor y el poder germinativo de las semillas.

Los SIPA se implementan en la zona media del cantón dentro de la frontera agrícola regulada por una ordenanza municipal, con la finalidad de recuperar las áreas degradadas, debido a las deforestaciones y malas prácticas agrícolas. La implementación de sistemas productivos agroecológicos puede ser aplicada mayoritariamente en zonas rurales que presentan situaciones socioeconómicas no muy favorables para su población. En este caso, se ha requerido de un alto grado de organización de las mujeres socias para la entrega de los productos y su comercialización en ferias locales.

Los materiales que se utilizan para lograr la implementación de la buena práctica dentro de una hectárea de terreno han sido los siguientes: 10 t de materia orgánica, semillas de abonos verdes (leguminosas u otras especies capaces de brindar fijación natural de nutrientes), para la recuperación del suelo de acuerdo con su grado de afectación (un quintal de avena por 80 g de habas, *Vicia faba*, leguminosa fijadora de nitrógeno atmosférico) y semillas de hortalizas (20 000 plantas/ha). Para la siembra de las semillas se requiere de 8-10 personas por hectárea, trabajo que se realiza a través de labores comunitarias.



Principales logros e impactos

Los resultados de la experiencia SIPA cumplen el objetivo para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), dada la eliminación total de abonos químicos y pesticidas, lo cual reduce la emisión de estos provenientes del N₂O, que es la base para la mayoría estos productos. Igualmente se cumple con el propósito de aumento de la biomasa en los suelos a través de la integración de materia orgánica, lo cual aumenta su capacidad para capturar CO₂ al almacenarlo dentro de la biomasa.

Además, se destacan los beneficios ambientales, como la recuperación de tierras agrícolas en zonas en el límite inferior de la frontera, donde se ha disminuido la presión sobre el ecosistema de páramo en la región y se ha permitido la implementación de medidas de recuperación como la reforestación.

Adicional a los SIPA, las comunidades recibieron apoyo en sistemas de riego y capacitación en temas de abonos orgánicos, nutrición y equidad de género, como parte de un trabajo integral. En este ámbito, la Asociación de Mujeres tuvo sus primeras experiencias de comercialización asociativa en el 2007 a través de casas abiertas en las festividades en las parroquias de Cusubamba y Mulalillo. Las autoridades que participaron como parte del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD)

municipal y provincial valoraron la iniciativa y pidieron a la asociación que comercializara sus productos también en Salcedo y otros cantones de Cotopaxi, a través de ferias en el cantón y en la provincia.

En la actualidad, la venta de los productos se realiza en la feria de productos orgánicos de Salcedo. El alcalde ha promovido tres días de feria a la semana para productos agroecológicos. Gracias a la concientización de los consumidores, ahí se manejan precios mayores para productos agroecológicos en comparación con productos sembrados de manera tradicional. En cada feria se generan ingresos por un valor entre USD 15 a USD 20, para un total comercializado por semana de USD 45 a USD 60.

Referencias

- PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial). 2011. Cantón de Salcedo, EC.
- Sofía, C; Montenegro, F; Carrillo, G; Salazar, A. 2015. 15 experiencias de buenos principios de agricultura, ganadería, manejo de contaminantes y uso sostenible del agua que contribuyen a la adaptación al cambio climático o la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Quito, EC, Ic-AL.



Ganadería - Nicaragua

Ganadería de doble propósito: sistemas agrosilvopastoriles y su contribución para mitigar el cambio climático

Descripción de la zona

En el departamento de Matagalpa en Nicaragua, se encuentran fincas ganaderas con sistemas de producción de doble propósito. Desde el punto de vista de utilización de la tierra, la ganadería presenta el mayor porcentaje, con una carga animal relativamente baja de 0,4 a 0,9 unidades animales (UA)/ha (considerando UA=450 kg). Se caracteriza por la dominancia de cruces entre razas criollas y Brahman y razas lecheras europeas.

La zona es un área del trópico subhúmedo de Nicaragua, con una precipitación media anual de 1549 mm por año y un período de sequía de seis meses. La altura varía de 266 a 314 msnm. Los suelos son vertisoles e inceptisoles con propiedades “vérticas” en su mayoría e inceptisoles que se encuentran en cerros y otras elevaciones.

En el departamento de Matagalpa, la ganadería se alimenta básicamente de pasturas naturalizadas y, en los últimos años, de especies mejoradas introducidas. La especie de pasto dominante es *Panicum máximum*, localizado en terrenos de planicies onduladas y partes bajas.

Descripción de la buena práctica

La acción de mitigación se demuestra en la transformación de los sistemas tradicionales de producción bovina en modelos de producción sostenible (económica, social y ambiental), basados en la implementación de tecnologías silvopastoriles, los cuales tienen potencial para ajustarse a los cambios en los mercados (altos precios de insumos), y a la variabilidad climática. Lo anterior busca mejorar la rentabilidad de las fincas, ofrecer al ganado mayor

cantidad y calidad de forrajes, reducir las emisiones de GEI, adaptarse al cambio climático y generar bienes y servicios ambientales.

Esta acción basada en la transformación de los sistemas tradicionales de producción bovina en modelos de producción sostenible por medio de sistemas silvopastoriles se presenta en un escenario donde cada vez se necesita más atender varios objetivos al mismo tiempo: producir más alimentos y materias primas, minimizar la afectación del ambiente, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y construir resiliencia a la variabilidad y el cambio climático.

Lo anterior se evidencia al evaluar, entre 15 fincas, diferentes indicadores de producción animal (usos de la tierra, estructura del hato, producción de leche y carne, manejo de pasturas, alimentación suplementaria, servicios ambientales), en tres tipologías de fincas:

1. Sistemas con alto uso de insumos externos (SIE): presentan características de mayor área de terreno, alimentación basada en insumos externos a la finca (melaza, concentrados y sal mineralizada) y mayor capital fijo.
2. Sistemas con manejo tradicional (ST): tienen un área intermedia entre las tipologías, alimentación basada en pastoreo extensivo y poco uso de insumos externos.
3. Sistemas silvopastoriles (SSP): utilizan recursos locales para la alimentación del ganado, como pasturas mejoradas con árboles dispersos en potreros y bancos forrajeros de leñosas bajo corte y acarreo (*Cratylia argentea* o *Gliricidia sepium*).



Principales logros e impactos

Al realizar las evaluaciones de los indicadores, se destaca lo siguiente:

- Las fincas SSP, al tener mayor área de oferta forrajera y pasturas mejoradas arboladas, presentaron mayor carga animal en comparación con las fincas tradicionales (1,47 y 0,92 UA/ha, respectivamente). El efecto de las pasturas mejoradas se traduce en una mayor carga animal.
- La finca de tipología SSP con menor tamaño del predio, pero con mayor porcentaje en área sembrada en pasturas mejoradas, concuerda con lo reportado por Argel (2006). Indican una tendencia a la sustitución de pasturas naturales por mejoradas, lo cual permite un incremento en la producción diaria de leche (15 %) y carga animal (20 %), reduce los costos de producción y aumenta la sostenibilidad del sistema.
- La carga animal y producción de leche (por vaca y unidad de área) fue mayor en la tipología SSP, en comparación con las otras tipologías de fincas. Esto se debe a la mayor oferta forrajera durante el año, por medio de las pasturas mejoradas arborizadas y los bancos forrajeros.



Banco forrajero de *Gliricidia sepium*, para la alimentación del ganado en época seca.
Foto: Nelson Pérez.

- Las fincas que cuentan con tecnologías silvopastoriles incrementaron su producción de leche en 15 %, al compararlas con aquellas que basaron su alimentación en pasturas nativas. La tipología SSP que alimentó a sus animales a partir de bancos forrajeros produjo 4,43 kg/ vaca/día en época seca, en comparación con lo encontrado para SIE y ST, con 4,04 y 3,98 kg/vaca/día, respectivamente.
- Los cambios en la producción de leche entre épocas seca y lluviosa se deben a las condiciones extremas imperantes en el período de sequía. En ambas épocas, la tipología SSP presentó la mayor producción de leche en comparación con las otras tipologías de fincas; también tuvo la menor reducción en la época seca. Por el contrario, en las tipologías SIE y ST, que carecen de un plan estratégico de alimentación, la producción de leche se reduce incluso a 25 % en la época seca.

Los resultados de la tipificación de fincas muestran diferentes dinámicas en las prácticas de manejo en la alimentación para obtener mayores beneficios en la producción de leche y carne. Se da una mayor carga animal y producción de leche en fincas con sistemas amigables con el ambiente, ya que producen la mayor parte de los recursos alimenticios con sistemas silvopastoriles.

El incremento en la productividad primaria del agro ecosistema ganadero –al tener más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y pastos vigorosos– contribuye a mitigar el cambio climático, según Suárez *et al* (2011) a través de varios mecanismos tales como:

1. Los SSP constituyen sistemas agrodiversos, por lo que precisamente se logra una mayor sanidad y balance en el ecosistema. Esto permite mayores controles internos como: reduce problemas de plagas y enfermedades, conserva suelos y aguas, evita la erosión y degradación de suelos, mejora la actividad biológica del suelo, aumenta ingresos de fuentes alternas y, en caso de eventos extremos del clima, genera una mayor resiliencia.



2. La captura de carbono en vegetación y suelos aumenta mientras que las emisiones de GEI disminuyen con el pastoreo controlado, el uso de especies de pasturas adecuadas y los SSP, que son la combinación de árboles o arbustos con pasturas. Se manifiesta, una reducción significativa de la intensidad de emisiones de gases no-CO₂ (metano y óxido nitroso), como resultado del aumento de la eficiencia del proceso productivo y de la mejora de la calidad de la dieta.
3. Los insumos o entradas de los SSP proceden principalmente de procesos biológicos y no de combustibles fósiles o compuestos sintéticos. Los SSP constituyen un buen ejemplo de intensificación de la agricultura por la vía natural, que tiene un lugar especial en el mundo contemporáneo por la demanda creciente de carne y leche por parte de la sociedad.
4. Reducción de emisiones de metano por mayor eficiencia en el rumen del ganado. En los SSP, el suministro de especies forrajeras al ganado genera una reducción en las emisiones de metano por kilogramo de materia seca consumida y por kilogramo de materia seca digerida. Esto a su vez genera una reducción en las emisiones de metano por kilo de carne o leche producida en los SSP (Gaviria *et al.* 2012).
5. Menores pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera por rápido y eficiente reciclaje de excretas. El conjunto de emisiones de GEI empieza a ser más importante que la evaluación independiente del dióxido de carbono o las emisiones de metano. Un balance preliminar reciente (Naranjo *et al.* 2012) evidencia efectos positivos de los SSP donde las menores pérdidas de nitrógeno y la mayor captura de carbono compensan las emisiones de metano del ganado.

Referencias

- Argel, PJ. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 14(2):65-72.
- Gaviria, X; Sossa, CP; Montoya, C; Chará, J; Lopera, JJ; Córdoba, CP; Barahona, R. 2012. Producción de carne bovina en sistemas silvopastoriles intensivos en el trópico bajo colombiano. VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para la Producción Animal Sostenible. Belén, BR.
- Naranjo, JF; Cuartas, CA; Murgueitio, ER; Chará, JD; Barahona, R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia (en línea). Livestock Research for Rural Development 24(8). Consultado 22 ago. 2012. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>.
- Suárez Salazar, JC; Ibrahim, M; Villanueva, C; Sepúlveda, C. 2011. Impacto de los ecosistemas silvopastoriles en la producción y rentabilidad de fincas ganaderas de doble propósito en el trópico subhúmedo de Nicaragua. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de las fincas con café y ganadería. Turrialba, CR, CATIE. 243 p.



Caña de azúcar - Guatemala

Un cultivo que promueve efectos positivos en la producción: las emisiones evitadas de gases de efecto invernadero (GEI)

Descripción de la zona

La zona cañera de Guatemala se encuentra ubicada en la costa sur, donde operan actualmente 12 ingenios, que durante la zafra 2008-2009 ocuparon un área de 230 000 ha distribuidas en los departamentos de Escuintla (74,1 %), Suchitepéquez (15 %), Santa Rosa (6,7 %) y Retalhuleu (4,2 %), con altitudes de 0 a 800 msnm.

Esta área cultivada produce 20,8 millones de toneladas de caña molida. Los 12 ingenios generan alrededor de 350 000 empleos directos e indirectos en época de zafra. De esa suma, 35 000 empleos corresponden a cortadores de caña.

Descripción de la buena práctica

Cada día toma más importancia la estimación de las emisiones directas o indirectas de GEI asociadas a la producción e industrialización de caña, lo cual se denomina huella de carbono (HC) y se visualiza como una herramienta para promover la reducción de la emisión de dichos gases.

La HC consiste en un recuento de las emisiones de GEI que son liberadas directa o indirectamente por las actividades de una empresa, un evento o un individuo, con base en procedimientos internacionales aprobados. El concepto es considerado una herramienta útil para el desarrollo de estrategias y políticas para la reducción de emisiones de dichos gases (MARN 2012).

En el caso de Guatemala, se han generado inventarios nacionales como parte de los compromisos adquiridos a través de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). En cuanto al azúcar de Guatemala, se han elaborado varios estudios sobre los GEI asociados

a su producción. Boshell elaboró el primero y se enfocó solamente en el cultivo de la caña (Boshell 2010). Los estudios del Instituto de Cambio Climático (ICC), por otra parte, han estimado el inventario de GEI para todo el ciclo en las zafras 2010-2011, 2012-2013 y 2013-2014, incluida su industrialización.

Cada año se afina más la metodología y se completa la recolección de datos. Dichos estudios han estimado que las emisiones han estado entre las 588 000 y las 894 000 t de CO₂eq (González y Guerra 2015). Si se comparan con las cifras nacionales, estas representan alrededor del 2 % del inventario nacional. Aparte de las emisiones, se han estimado las fijaciones y las emisiones evitadas por la producción del azúcar.

Para realizar el inventario de emisiones de GEI de la producción del azúcar durante la zafra 2013-2014, se utilizaron las "Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI". Se tomaron en consideración las siguientes categorías: quema y requema en campos de caña de azúcar, emisiones directas e indirectas por fertilización nitrogenada (dentro de esta actividad se estimaron las emisiones directas por fertilización e indirectas por volatilización y lixiviación, así como por la utilización de urea), uso de combustibles para las diferentes operaciones relacionadas con el manejo del cultivo y la energía producida a través de todos los combustibles para consumo interno en las fábricas.

Los gases reportados en este inventario incluyen el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso como GEI directos. Tanto las emisiones de metano como las de óxido nitroso se multiplicaron por los valores de potencial de calentamiento global que aparecen en el Quinto Informe del IPCC para manejar una misma unidad (t CO₂eq) (IPCC 2013).



Se valoraron las emisiones evitadas en:

- Uso del bagazo de caña de azúcar como fuente primaria de energía, en lugar de algún combustible fósil (búnker o carbón mineral) para consumo interno de los ingenios azucareros y para la venta al sistema nacional interconectado.
- Emisiones evitadas por realizar la cosecha en verde (manual y mecanizada), es decir, en lugar del sistema convencional que incluye la quema del cultivo (biomasa) previo a la cosecha. Para esta actividad, se estimaron las emisiones generadas por el uso de combustible fósil de la maquinaria que se utiliza para la cosecha, dentro del uso de combustibles para las diferentes operaciones del cultivo y transporte.

Principales logros e impactos

Para el período 2013-2014, las estimaciones totales de la actividad industrial azucarera fueron de 894 094 tCO₂eq. El 49 % corresponde a las emisiones producidas por el uso de combustibles fósiles en las operaciones de manejo del cultivo y transporte, 28 % al uso de fertilizantes nitrogenados, el 10 % por cambio de uso y cobertura de la tierra y 12 % a las quemaduras de biomasa de caña en el campo. Las emisiones correspondientes a los combustibles para la producción de energía para las fábricas fueron del 1 % (González y Guerra 2015).

Las emisiones evitadas se estimaron entre 649 220 y 795 011 tCO₂eq, que resultarían de la combustión de búnker o carbón mineral, respectivamente, para la generación de energía eléctrica utilizada para la producción de azúcar y la que se vende al sistema nacional interconectado, si no se utilizara el bagazo de la caña como fuente de energía. Además, se estimó que al no quemar la caña de azúcar y realizar la cosecha en verde (sin quemaduras), se evita la emisión de 20 550 tCO₂eq (González y Guerra 2015).

Según estos datos y tomando la producción total de azúcar de la zafra (según datos de ASAZGUA), la HC del azúcar de Guatemala para la zafra 2013-2014 se estimó en 0,32 g CO₂eq/ g de azúcar producido (González y Guerra 2015).



Ingenio azucarero en Guatemala.



Plantación de caña de azúcar en Guatemala.

Los resultados aquí mostrados indican que la producción de azúcar en Guatemala es responsable de aproximadamente el 2 % de las emisiones del país. La HC (0,32 g CO₂eq/g de azúcar) es baja comparada con el azúcar de otros países y, en general, mucho más baja que la huella del azúcar elaborada a partir de remolacha. Por ejemplo, el caso del azúcar de remolacha británica, las emisiones en fábrica por uso de combustibles fósiles son responsables del 57 % de la HC (British Sugar Group 2010).



En Guatemala, toda la electricidad utilizada en los ingenios se genera utilizando el bagazo. Además, se produce un excedente que se vende al Sistema Nacional Interconectado. Este excedente conforma alrededor del 70 % de la electricidad generada (González y Guerra 2015). La razón principal de que la huella sea baja es la generación de electricidad a partir del bagazo de la misma caña, que es una fuente renovable. Esto representa también un ejemplo de buenas prácticas ambientales, puesto que se utilizó un desecho que de otra manera sería contaminante.

La caña se cosecha una vez al año en Guatemala, por lo que el promedio de 102,7 t de caña por hectárea (CENGICAÑA 2014) crece y se fija en ese lapso. De esa cantidad, aproximadamente la mitad es agua. Una fracción constituye la biomasa que se quema o que queda en el campo. Otra parte se convierte en los desechos o residuos del proceso industrial (bagazo, cachaza, melaza, vinaza) y otra fracción la componen los productos finales como el etanol y el azúcar. De este último, el promedio para Guatemala es de 10,3 t/ha (CENGICAÑA 2014), que contiene gran parte del carbono fijado por la caña. Aunque prácticamente todos estos materiales contienen carbono que regresa a la atmósfera, el crecimiento de la caña hace que el ciclo sea cerrado y las emisiones netas sean neutras, lo cual es reconocido científicamente (IPCC 2013).

La HC es un dato que cada vez más países, empresas y esquemas de certificación exigen, por lo que estimarla es importante como un elemento de acceso a mercados y competitividad. En el caso del azúcar (y el etanol producido a partir de la caña), la huella es muy pequeña comparada con otros alimentos y combustibles (Rein 2011), lo cual es una ventaja.

Referencias

- Boshell, F. 2010. Inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero del cultivo de la caña de azúcar en Guatemala, zafra 2006-2007. In Simposio XV “Análisis de la zafra 2009-2010, Campo y Transporte”. Santa Lucía Cotzumalguapa, GT, CENGICAÑA.
- British Sugar Group. 2010. Corporate Sustainability Report 2009/2010. UK, IE, British Sugar. 22 p.
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña Azúcar). 2014. XIX Simposio Análisis de la Zafra 2013/2014. Santa Lucía Cotzumalguapa, GT.
- González, O; Guerra, A. 2015. La huella de carbono del azúcar de Guatemala, Zafra 2013-2014. GT, ICC. 9 p.
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, CH). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. TF Stocker, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex, PM Midgley. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 1535 p.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero Año Base: 2005. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. GT, MARN-PNUD-GEF. 35 p.
- Rein, P. 2011. Sustainable Production of Raw and Refined Cane Sugar. Paper presented to SIT Conference, Montreal, CA.



Café - Costa Rica

Sustitución de la leña como combustible por broza y cascarilla en una cooperativa integral y comprometida con el ambiente

Descripción de la zona

En el territorio costarricense, existe una gran cantidad de personas dedicadas a la producción de café de alta calidad, por lo que sin duda constituye uno de los productos que representa a Costa Rica nacional e internacionalmente. Esta es una de las razones por la que productores de café de diferentes zonas del país decidieron unirse y formar cooperativas de productores.

Así nace la cooperativa de caficultores de Dota (CoopeDota R.L.) fundada en 1960 por 96 productores. Asocia a cerca de 850 caficultores que benefician a aproximadamente 5000 familias de la zona de Los Santos y produce uno de los cafés de más alta calidad para la exportación, cuyos principales mercados son Estados Unidos, Alemania y Japón. En promedio, la producción ha superado las 50 000 fanegas por año (una fanega pesa 258 kg y produce un saco de 46 kg de café oro, seco, listo para la exportación).

Dicha cooperativa se encuentra en la cabecera del cantón de Santa María de Dota, ubicada a una altitud de 1548 msnm, a 64 km al sureste de San José, capital de Costa Rica, en un valle entre las montañas de la Cordillera de Talamanca. El clima es templado y cálido. La temperatura media anual en Santa María registra 17,9 °C y la precipitación promedio es de 2647 mm al año. Es un pueblo dedicado principalmente a la agricultura, donde su principal producto es el café.



Mata de café en Dota.

Descripción de la buena práctica

El 80 % del territorio se encuentra dentro de la categoría de reserva forestal, por lo que desde 1998 CoopeDota R.L. decide comprometerse a reducir el impacto de la actividad cafetalera sobre el ambiente, por medio de diferentes acciones:

- Eliminación de vertido de aguas servidas a cuerpos de agua, al usarse todas las aguas del proceso de café como fertilizante foliar en pasturas para ganado de leche.
- Reducción de la huella de agua en más de un 80 %.
- Recolección del 90 % del total de residuos en un programa de reciclaje comunal en convenio con el gobierno local.



- Uso del 100 % de los residuos orgánicos para compost y lombri-compost.
- Uso de biomasa residual como combustible para secar café.
- Aplicación de medidas de eficiencia energética para la reducción del consumo de energía eléctrica.

Entre estos proyectos, se destaca la sustitución de la leña por la cascarilla del café desde 1998. Este proyecto, pionero y de gran impacto, ha seguido avanzando año tras año. En la actualidad, el uso de la cascarilla como combustible en los beneficios de café es común: sin embargo, lo que no es común es que sea el combustible principal para el secado del café, como sucede en la cooperativa, pues tradicionalmente la leña había sido la principal fuente en la mayoría de los beneficios de café.

Debido a diferentes modificaciones en dicha acción, CoopeDota R.L. cuenta con unas 10 000 t de broza / año, de las cuales se utiliza aproximadamente un 10 % para la mezcla de cascarilla y broza que alimenta los secadores verticales y las guardiolas (secadores de túnel a contracorriente); el 90 % restante se usa para producir compost, proceso muy apreciado por los dueños de los cafetales.

Durante el período 2011- 2012, se desarrolló un programa con la comunidad para recolección de cartón, el cual se quema junto con la broza y la cascarilla. Esto hace a CoopeDota R.L. prácticamente independiente del suministro de leña. Este proyecto se financió en un 100 % con fondos propios y para la conversión tecnológica se hizo un convenio con la empresa Bioflame.

Además, el proyecto se ha dirigido a la meta nacional de ser País Carbono Neutro en el 2021. CoopeDota R.L. decidió comprometerse a obtener su certificación con el ente de más alto nivel, Carbon Clear, usando la norma de carbono neutralidad de mayor credibilidad en el mercado, la PAS 2060 del British Standards Institution, único estándar internacional que certifica productos carbono neutro y que se enfoca en compromisos de reducción de emisiones.



Broza fresca para la producción de abono.

Principales logros e impactos

Durante los primeros tres años de establecido el proyecto, CoopeDota R.L. logró disminuir un 75,5 % de emisiones de GEI con acciones como: uso de abonos orgánicos, biomasa (utilización de desechos del café como la cascarilla y la pulpa para el secado), campañas de reciclaje y reducción del consumo energético, tanto en la organización como en la comunidad donde se ubica la cooperativa.

En relación con la eficiencia energética, entre los datos se destaca el uso de 8,5 Kwh para producir un quintal de café oro, cinco puntos menos que el promedio nacional (13,5 Kwh/fanega procesada). Para llegar a estos niveles de eficiencia, se tomaron varias decisiones. Con respecto al consumo de leña para combustible, se sustituyó el 95 % de leña mayoritariamente por cascarilla y broza seca y se automatizó el proceso de secado.

Este proyecto ha impactado positivamente en términos de reducción de: las emisiones atmosféricas, los desechos finales, la cantidad de desechos por tratar, los costos por compra de leña, la factura eléctrica y la necesidad de energía externa al beneficio. En consecuencia, se han generado mejores condiciones de producción. Por ejemplo, en el 2011, la cooperativa redujo el 40 % del consumo



de energía en el beneficio y eliminó las descargas de aguas residuales tratadas al río de la comunidad.

En 1998, la cooperativa requería de un metro cúbico de agua para procesar una fanega de café, pero en el 2010, esa cifra se redujo en un 80 %, ya que se puede procesar la misma cantidad de café con tan solo 0,2 m³ de agua. Lo anterior se efectuó gracias a la implementación del proceso de recirculación del 100 % del agua que se utiliza en la planta mediante el proceso de biodigestión.

Actualmente, la cooperativa está enfocada en dos diferentes proyectos para la producción de bioetanol y cogeneración de energía. El primero consiste en la fermentación de las aguas residuales del beneficio para lograr producir 2000 litros/día de bioetanol carburante. El segundo trata de la gasificación de la cascarilla y pulpa del café para producir 50 Kw-hora de electricidad. Evidentemente son esfuerzos adicionales implementados por el sector agroalimentario nacional para mitigar el impacto del cambio climático y que están ligados a que Costa Rica alcance su meta de carbono neutral en el 2021.

Contacto

Mata Naranjo, Roberto. 2015. CoopeDota R.L, Gerente General. Comunicación personal.



Porcinos - Perú

Producción integral de cerdos: EM•1® y EM-AGUA® como una herramienta para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI)

Descripción de la zona

El departamento de Lima, cuya capital es Lima, está localizado en la parte central de la zona occidental de Perú. Tiene una superficie de 34 801 kilómetros cuadrados y está dividido en 10 distritos con una población de 8 445 211 habitantes.

El clima del departamento es subtropical, desértico y húmedo. Tiene un microclima con temperaturas que fluctúan entre templadas y cálidas. La garúa o llovizna es la precipitación típica de la región, con un promedio anual de humedad de 80 %. La temperatura promedio anual usual es de 14 °C durante el invierno y de 25,5 °C durante el verano.

En la zona se destacan las siguientes actividades agrícolas: cultivos de algodón tangüis, plantaciones de caña de azúcar y frutales, la crianza de ganado vacuno, ovino y porcino.

Descripción de la buena práctica

La empresa San Fernando tiene una producción porcina a gran escala y sus propiedades más importantes están ubicadas al norte y sur de Lima: una granja porcina se encuentra al norte, en Huaral, donde instalaron dos biodigestores en una finca con un área aproximada de 3,09 ha; otra granja porcina se ubica al sur de Lima, en Chilca, en una finca con un área de 8,72 ha, donde se localizan lagunas de oxidación.

San Fernando se ubica en los distritos de Huaral y Chilca y ha dado un giro a su sistema productivo y manejo de desechos, especialmente en la producción porcina, mediante la utilización de la tecnología de

microorganismos eficientes, según concentraciones específicas en sus correspondientes presentaciones denominadas EM•1® y EM-AGUA®.

La tecnología EM es un producto natural elaborado con microorganismos eficientes que aceleran la descomposición natural de la materia orgánica. Los microorganismos contenidos en el EM son benéficos y altamente eficientes. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos naturales, como las levaduras y las bacterias ácido-lácticas (*Lactobacillus*), que promueven un proceso de fermentación antioxidante benéfico, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana. Estos microorganismos benéficos ayudan para el manejo de sólidos y aguas residuales.

En Huaral, los biodigestores se encuentran en una granja de 250 marranas, donde se descarga 600 m³/mes de desechos, equivalente a 400 t/mes. Anteriormente su manejo y disposición de lodos afectaban al aire, suelos y aguas, además de que incurrían en gastos adicionales para la limpieza, lo cual incumplía la política ambiental establecida y favorecía a las emisiones adicionales de CO₂eq a la atmósfera.

La instalación de los biodigestores los llevó a desarrollar varias acciones que favorecen el control eficiente de las emisiones y manejo adecuado de excretas, ya que su implementación produce tanto biogás como bioles (líquidos o sólidos). Cada biodigestor tiene una capacidad de 640 m³, acompañado de:

- Un sistema de recirculación interna en cada reactor.



- Una laguna de biol de 640 m³ (producto del efluente del biodigestor, biol=biofertilizante), al cual se aplica la tecnología de microorganismos eficientes (inoculación).
- Una red conductora de gas que comprende una válvula de alivio, todo el sistema de conducción y distribución de gas.
- Un filtro de biodigestores.
- Un quemador con ignitor.
- Una bomba de succión de 20 HP para sólidos y recirculación de la materia orgánica dentro de la laguna de bioles.

Los biodigestores o digestores de desechos orgánicos son contenedores herméticos (sin ingreso de oxígeno), donde se degrada la materia orgánica por acción de microorganismos anaeróbicos. Estos contenedores poseen una entrada para el efluente (que proviene de la actividad de la crianza), una salida para el biol (fertilizante líquido) y otra para el biogás.

El biogás es producido dentro del biodigestor por la descomposición de la materia orgánica con la ayuda de los microorganismos presentes y está compuesto por metano principalmente. En la actualidad se usa como combustible para generar electricidad para la granja y el excedente se quema para reducir la

contaminación ambiental. El biol es un fertilizante líquido, cuya calidad es mejorada con un cultivo de microorganismos (bacterias) para posteriormente ser comercializado.

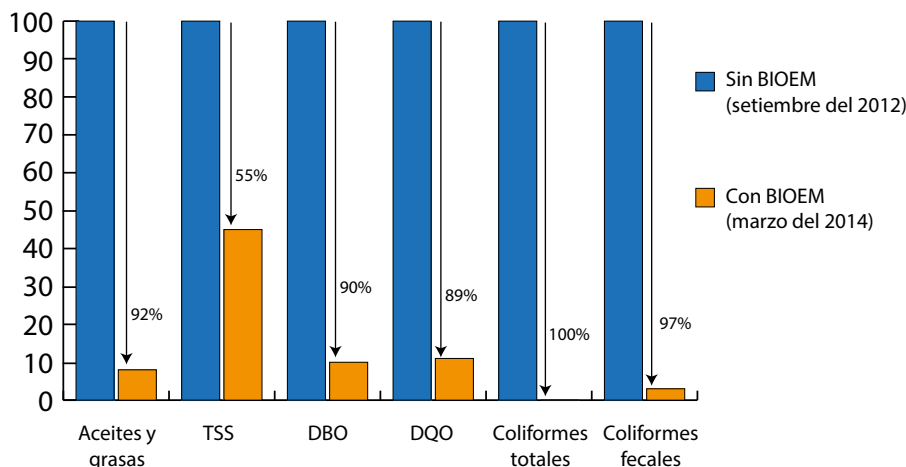
De igual manera, se implementó la aplicación de microorganismos benéficos con el EM-AGUA® en lagunas de oxidación de la otra granja porcina ubicada al sur de Lima, en Chilca. Dicha granja cuenta con una descarga de 3000 m³/mes y anteriormente se incurría en afectación al suelo, aguas y emisiones de GEI, así como quejas de vecinos por malos olores.

En dicha granja, el sistema de tratamiento de aguas residuales está compuesto por un sistema de lagunas y las internas están revestidas con geomembranas. A lo largo de todo el sistema de lagunas, se realiza la aplicación del consorcio de microorganismos benéficos EM-AGUA®, el cual es específico para la degradación de la materia orgánica y está compuesto por un consorcio de bacterias ácido lácticas, bacterias foto tróficas, levaduras, actinomicetes y hongos de fermentación.

Principales logros e impactos

La aplicación del consorcio de microorganismos de EM•1® en la implementación de biodigestores ofrecen grandes ventajas para el tratamiento de los efluentes en granjas porcinas. Dado este proyecto,

Gráfico 1: Reducción de parámetros en lagunas de oxidación.





Biodigestores de 640 m³ de capacidad.



Sistema de lagunas de oxidación.

se producen 640 m³/día de biogas, 26 m³/día de biol y 60m³/día de biosol (fertilizante orgánico sólido en el efluente).

Con la implementación de filtros y generación de electricidad con el biogás, se reducen eficientemente los gases nocivos como amoníaco, hidrógeno sulfuro de hidrógeno y el metil-mercaptano. Una vez implementado el proyecto de biodigestores (con un monto aproximado de USD 170 000) la organización tuvo una recuperación de la inversión en

1,3 años, en la que se pudieron incluir y cuantificar los beneficios de la generación eléctrica, ahorro de combustible y la venta de biol y biosol.

Por su parte, la aplicación del EM-AGUA® en las lagunas de oxidación reduce los costos por la limpieza de pozas al disminuir la generación de lodos sedimentados, lo cual reduce la necesidad de uso de productos químicos y, por ende, se disminuyeron los costos operacionales del sistema. Se solucionó un problema de quejas ambientales y se mejoró la relación con los vecinos al reducir significativamente los malos olores.

El uso de biodigestores y la aplicación del consorcio de microorganismos, tanto EM•1® como EM-AGUA® ofrecen grandes ventajas para el tratamiento de los efluentes en granjas porcinas, ya que digiere rápidamente la materia orgánica y, consecuentemente, mejora la calidad de los efluentes de la granja (DBO, DQO, SST y coliformes).

Otra ventaja que ofrece implementar biodigestores es la utilización del biogás para generar electricidad y con ello se favorece la mitigación del gas metano (CH₄), producto de las excretas animales.

Contacto

Rossi Luna, María Grazia. 2015. San Fernando. Jefa de Gestión Ambiental. Comunicación personal.



Arroz - Costa Rica

Uso de biomasa para energía renovable: lograr mayor eficiencia para proteger el ambiente

Descripción de la zona

Liberia es un cantón de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Este cantón se caracteriza por su clima cálido y especialmente por una estación seca muy marcada entre los meses de noviembre a mayo, aunque en los últimos años estos períodos secos se han extendido a la tradicional época de lluvias entre junio y octubre. Tiene un promedio de temperatura anual de 28 °C y con extremos históricos que van desde 12,8 °C a 40,1 °C. Además, cuenta con una precipitación promedio aproximada a los 1500 mm anuales. El cantón de Liberia se caracteriza por la agricultura y es donde se ubica la empresa Grupo Pelón S.A.

El Grupo Pelón es una empresa familiar, conformada por un grupo de empresas costarricenses integrada por las siguientes compañías: El Pelón de la Bajura S.A, Compañía Industrial Arroceras S.A., Distribuidora y Logística DISAL S.A., Kafur S.A. y Alimentos Kámuk Internacional S.A.

Las actividades de la empresa se desarrollan en diferentes provincias o sitios de operación en Costa Rica. En esta oportunidad se destaca el trabajo de la Compañía Industrial Arroceras S.A. ubicada en Liberia, donde esta empresa realiza la industrialización y empaque de arroz y frijoles.

Descripción de la buena práctica

Como empresa social y ambientalmente responsable, el Grupo Pelón se comprometió a buscar la neutralidad en sus emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y de realizar esfuerzos para la reducción de estas emisiones. Para lograrlo, la alta dirección estableció una estrategia ambiental, donde destaca realizar esfuerzos en la reducción de emisiones de GEI por medio de la generación

eléctrica con energías renovables para utilizarlas en sus propias operaciones.

El Pelón de la Bajura decidió ser autosuficiente en energía producida con cascarilla de arroz. Al convertirla en energía calórica en calderas, produce vapor que sirve para mover turbinas y generar la electricidad que requiere en todos sus procesos industriales, talleres, oficinas y demás operaciones agroindustriales en toda la finca. Este desecho del arroz era un gran problema ambiental, debido a que su disposición era quemar la cascarilla a cielo abierto. Ahora, las montañas de cascarilla de arroz y el problema de cómo disponer de ella quedaron atrás.

Esta cascarilla como subproducto de la industrialización de arroz tiene un poder calorífico de 3281,6 kcal/kg, con bajo contenido de humedad ($\leq 7\%$) con muy baja biodegradabilidad en condiciones de ambiente natural, lo cual lo convierte en un desecho difícil de manejar y de eliminar. Es importante mencionar que el 20 % de todo el arroz procesado en las arroceras se convierte en cascarilla.

Esta cascarilla se utiliza desde el 2008 para que la firma sea autosuficiente en energía eléctrica. Los más de 150 000 q de arroz que son industrializados cada mes constituyen la mejor materia prima para abastecer de energía sus procesos altamente tecnificados, en una planta generadora de energía que trabaja las 24 horas, los siete días de la semana.

La incorporación de la generación eléctrica con base en energías renovables va tomando vital importancia para el Grupo Pelón S.A., para el cumplimiento de su compromiso ambiental. Así inició con una planta generadora de 1500 kW/h de energía eléctrica: proyecto con tecnología de ciclo ranking (caldera de presión media y turbo generador de vapor tipo condensante) para el aprovechamiento de



gases de combustión para secado de arroz de cosechas. Posteriormente aprobó en el 2013 la construcción de una nueva planta de generación eléctrica de 4500 kW/h con base en cultivos energéticos: proyecto con tecnología de ciclo ranking (caldera de alta presión y turbo generador de vapor tipo condensante) para aprovechamiento de mayores áreas dependientes de suministro de energía.

En el Pelón de la Bajura se cultivan anualmente 7000 ha de arroz. Además, la empresa ofrece apoyo técnico y compra el arroz que cosechan pequeños agricultores en otras 2000 ha. La planta industrial procesa todo el grano producido localmente y el importado que trae de Estados Unidos, según la cuota de importación que tiene asignada por ley. El volumen total procesado en las instalaciones industriales es de 90 000 t al año.

Para operar esta planta, se utiliza la cascarilla de arroz y se incorporaron 200 ha de cultivo de la caña energética llamada *King Grass*, que completa las necesidades de biomasa para operar la planta generadora durante todo el año.

Adicionalmente, en el Grupo Pelón se están desarrollando estudios y pruebas muy recientes que han dirigido la empresa a la utilización del rastrojo que queda en las plantaciones, después de realizar la cosecha. Este esfuerzo va encaminado a aprove-

char toda la biomasa residual del proceso de cosecha de arroz, que representa entre 3,5 a 4 t/ha de material biomásico, que puede ser utilizado como un recurso adicional para generar energía. Las primeras pruebas ya están en proceso para obtener conclusiones del gran potencial que podrá generar este material para producir energía eléctrica.

Si este esfuerzo llega a tener el éxito esperado, significará un gran paso a favor del ambiente, debido a que en la actualidad en todos los arrozales de Costa Rica, después de las cosechas, la quema del rastrojo en el suelo es una práctica común que causa un gran impacto por los gases que libera y por la materia sólida generada.

Principales logros e impactos

Al convertirse el cambio climático en uno de los desafíos más importantes para la compañía, se empiezan a realizar esfuerzos en cambios de tecnología, innovación en los procesos, planteamientos ambientales y acciones dirigidas como la ampliación de la capacidad instalada de la planta de biomasa de Guanacaste.

Desde el 2008, se cuenta con una planta de generación de energía eléctrica única en Centroamérica que funciona a base de cascarilla de



Caldera de alta presión de la planta principal de generación de energía con biomasa (4,5 MW).



Turbo generador de vapor tipo condensante de la planta.



arroz y tiene capacidad nominal de generación de energía de 1500 kW/h (1,5 megavatios). Luego, a finales del 2014, con la entrada en operación de la nueva planta de 4500 kW/h a base de biomasa combinada, el Grupo Pelón abastece todas las necesidades energéticas de los procesos industriales de arroz y frijoles, riego de fincas, requerimientos eléctricos de sus estanques de tilapias, energía para talleres, comunidad interna y para sus operaciones en Liberia.

Cuando el Grupo Pelón decidió realizar el inventario de las emisiones de GEI de sus procesos y realizar acciones dirigidas en procura de la neutralidad de sus emisiones, como último dato verificado para el 2013, se logró una generación de energía a partir de biomasa que evitó la emisión de 793 t CO₂.

Con este proceso productivo que utiliza energía renovable, se logra mayor eficiencia y se protege

el ambiente, pues se evita el uso de combustibles fósiles con la consecuente disminución de emisiones de CO₂. Esto permitió también dejar de comprar energía a la red y ser totalmente autosuficiente. Este proyecto ha generado 12 empleos verdes directos y 15 empleos temporales en forma de contratistas.

Sus acciones le permitieron al Grupo Pelón obtener la certificación de todos sus procesos (agrícola, industrial y comercial) con la Norma Internacional INTE-ISO 14064, así como el reconocimiento del Ministerio de Ambiente de Costa Rica, quienes le otorgaron la marca Carbono Neutro del país en el 2014.

Contacto

Araya, Juan. 2015. Grupo Pelón. Director de Producción y Operaciones. Comunicación personal.



Naranjilla - Ecuador

Gestión de la materia orgánica en el suelo: uso de los principios agroecológicos

Descripción de la zona

En la Amazonía ecuatoriana, el cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense*) constituye un rubro económicamente atractivo para los agricultores y sus familias. La superficie cultivada en el país sobrepasa las 10 000 ha con rendimientos aproximados a 2,9 t/ha. Involucra más de 7000 unidades de producción agrícola (UPA). El cultivo se encuentra presente en las provincias de Morona Santiago, Pastaza, Tungurahua, Napo, Orellana, Zamora Chinchipe, Sucumbios, Pichincha e Imbabura.

De acuerdo con Sofía *et al.* (2015), la problemática de la producción de naranjilla en esta zona de la Amazonía se concentra en el desgaste progresivo del suelo, por la insuficiencia de nutrientes y el uso de agroquímicos. Este desgaste, que produce baja productividad del cultivo, motiva a los agricultores a trasladarse a zonas cada vez más alejadas en busca de mejores condiciones, lo que repercute en el cambio de uso de suelo de toda la zona, pero también en la dinámica social local.

Esta realidad no es lejana para la comunidad Wamaní y, por ello, familias productoras que viven allí aplican las técnicas de producción basadas en la reducción en la aplicación de agroquímicos, lo que ha mejorado sustancialmente su producción y ha generado el bienestar a muchas personas en un área de producción de más de ocho hectáreas que aplican esta medida.

En la comunidad de Wamaní, se cuenta con tierras aptas para la actividad agropecuaria con 0 a 15° de inclinación. Se localiza a 600 msnm. Posee un clima cálido-húmedo, una temperatura promedio anual de 22 °C, 88 % de humedad relativa, con una precipitación anual de 4222 mm.

Los principales productos agrícolas en la zona son la naranjilla, cacao, café, yuca, maní, frijol, maíz y papa china. La naranjilla es el rubro más atractivo para las familias de la zona, donde cultivan las variedades: agria, baeza dulce, espinosa, jugo mejorada, híbrido puyo, híbrido INIAP Palora e híbrido Mera.

Descripción de la buena práctica

De todas las actividades realizadas, la construcción de la planta de abonos que abastece al cultivo de naranjilla es el principal enfoque de mitigación que se desea demostrar, ya que se han logrado disminuir las aplicaciones de agroquímicos en su cultivo.

En Wamaní el verdadero impacto se siente en el suelo, porque después de cada aguacero, seguido de un día de sol intenso, el suelo se agrieta en las zonas inclinadas y en las partes planas se compacta, lo que incrementa cada día la erosión y su desgaste. Por ello, el verdadero reto de la comunidad es asegurar la gestión de materia orgánica en su territorio y su potencial para prevenir la degradación de suelos, que apunta a disminuir el uso de agroquímicos en sus cultivos.

Hace varios años, los agricultores de esta comunidad junto con sus familias diseñaron, planificaron, ejecutaron y transfirieron varias opciones de manejo de un agroecosistema sostenible, con la finalidad de apuntar al mejoramiento de la fertilidad de los suelos, la nutrición de las plantas y el mantenimiento del equilibrio natural. De esta manera aprovecharon el principio de la *trofobiosis*, que quiere decir que todo y cualquier ser vivo solo sobrevive si existe alimento adecuado y disponible para él. Para ello construyeron la planta de insumos orgánicos. Antes de la aplicación de la medida en las fincas, se daba poca importancia a la producción de





Compostera en una finca de la comuna Wamaní, en Napo.

aves en corral y no se conocía que dentro de las relaciones planta-animal existe un aporte importante de materia orgánica, que es el principal insumo para la elaboración de abonos, pero también para la captura y multiplicación de microorganismos y para el control biológico.

Después de entender esta importante relación, cada agricultor ha establecido un corral para aves, entre gallinas y gallos criollos. Del corral se obtiene estiércol, que junto con el aserrín que se coloca en las camas del galpón, se produce la materia prima para la elaboración del compost y con este material se abastece la planta de insumos orgánicos.

En este galpón se procesa la materia orgánica proveniente de las aves, los desechos orgánicos de la cocina y desechos de las cosechas de los productores de naranjilla. A través de estos procesos de descomposición, se elaboran abonos sólidos y líquidos, como por ejemplo el compost y el biol, que son aplicados para la nutrición y protección de las plantas.

El diseño de la planta de abonos permite la recolección de aproximadamente 100 kg de compost y dada la implementación de lombricultura que genera humus, se producen cinco litros de purín de lombriz mensualmente, de donde se obtienen 600 litros de biol cada cuatro meses.

Principales logros e impactos

La aplicación valorada anual de agroquímicos derivados de las fincas que aplican la buena práctica actualmente fue de 943,8 ml de mezcla de productos plaguicidas por cada hectárea de cultivo, pero hoy en día la utilización de fertilizantes químicos y sus aplicaciones se reducen a cero, debido a la sustitución por insumos producidos internamente (Sofía *et al.* 2015).

Por su parte, según Sofía *et al.* (2015), al valorar los parámetros para la cantidad de contaminación del suelo por plaguicidas y las emisiones de N_2O por aplicación de fertilizantes, se aprecia que a través de la buena práctica descrita, la cantidad anual de plaguicidas que queda en el suelo a modo de contaminación es de 377,52 ml/ha y la cantidad anual de emisiones de N_2O es de 24 kg/ha. Sin embargo, en aproximadamente las ocho hectáreas de cultivo de naranjilla intervenidas a través de estos buenos principios de producción, hay una disminución de la aplicación de agroquímicos equivalente a 6791,04 ml y de 9,84 kg de N_2O generados por la fertilización química.

La medida implementada por algunos productores de Wamaní para gestionar y mejorar la materia orgánica del suelo promueve la reducción de las aplicaciones de agroquímicos y fungicidas en sus fincas, lo cual reduce las emisiones de GEI y al mismo tiempo aumenta la productividad del suelo, ya que una fertilización adecuada promueve la producción de biomasa y aumenta el retorno de carbono al suelo.

En Wamaní también se realiza una práctica de injertos en un patrón de naranjilla silvestre llamado apumpo, que fortalece la resistencia de las plantas a plagas del suelo y así se disminuye la necesidad de desinfecciones con agroquímicos.

La utilización de herbicidas también se modificó: pasó de 12 l/ha/año a cero litros, debido a que actualmente la labor de deshierba se realiza manualmente.

Con esta práctica, los costos de mantenimiento y producción de la naranjilla disminuyeron, pues el cultivo en la zona no demanda el uso de químicos,



Plantación de naranjilla en Napo.

ya que la utilización de herbicidas se ha reducido a cero. Esto repercute positivamente en la economía familiar de los agricultores.

Finalmente, al mejorar el manejo integral de sus fincas, los productores están trabajando directamente en la conservación del suelo y del agua de toda la región. Generalmente los agroquímicos afectan el suelo, pero también ríos y quebradas cuando ahí se desechan y terminan depositándose en las reservas subterráneas de agua. Esto contribuye a que el círculo vicioso de contaminación de los recursos naturales persista durante el tiempo. En cambio, el uso de abonos orgánicos corta este ciclo y permite la conservación del agua y del suelo más allá de los límites de las propiedades que aplican la medida.

Referencia

Sofía, C; Montenegro, F; Carrillo, G; Salazar, A. 2015. 15 experiencias de buenos principios de agricultura, ganadería, manejo de contaminantes y uso sostenible del agua que contribuyen a la adaptación al cambio climático o la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Quito, EC, Ic-AL.



Ganadería - Costa Rica

Lechería tropical: un modelo de integración de buenas prácticas de producción climáticamente inteligente

Descripción de la zona

Turrialba se encuentra ubicado en el valle que conforma el río Turrialba, uno de los mayores afluentes del río Reventazón, a una altitud de 646 msnm y a unos 67 km de San José, capital de Costa Rica. Este cantón tiene un clima tropical con precipitaciones durante todo el año, con una temperatura media anual de 22,9 °C y una precipitación de 2854 mm al año.

En dicho cantón, se estableció hace 42 años el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

Para fortalecer su misión, en el CATIE se ubica una finca comercial, que cuenta con 497 ha cultivadas, de las cuales 35 ha se dedican a la producción de leche mediante un sistema de producción sostenible, certificada con la norma de ganadería sostenible de la Red de Agricultura Sostenible, con el sello de *Rainforest Alliance*.

Descripción de la buena práctica

La Lechería Comercial del CATIE inició un proyecto de reconversión productiva desde el 2010, que le permitió pasar de un sistema de ganadería convencional (sistema de producción intensiva), a un sistema de ganadería sostenible, con base en una metodología de producción mucho más amigable con el ambiente.

Las buenas prácticas han convertido su lechería en un modelo para los productores, ya que se han enfocado en sistemas silvopastoriles, el uso correcto de los insumos y el manejo adecuado de los resi-

duos que se generan en dicha actividad, que al final son destinados para el mismo proceso. Esto ha reducido la contaminación y ha mejorado la condición de los suelos que vienen a proveer el alimento para los animales con los que trabajan.

El sistema tiene como objetivo demostrar que la actividad lechera puede ser rentable y a la vez sostenible. Para esto se han venido ejecutando una serie de buenas prácticas, tales como: manejo de pasturas, fertilización de precisión, arborización de potreros, mejoramiento genético del ganado, manejo del estiércol, uso de energía renovable y captación de agua de lluvia.

- **Manejo de pasturas:** se uniforma el tamaño de los potreros en 5000 m² y desarrolla un sistema de pastoreo rotacional con un día de período de ocupación y 26 días de descanso, lo cual permite mantener una producción estable a lo largo del año.
- **Fertilización con adecuado manejo del estiércol:** la finca recoge en el establo alrededor de 1200 kg de estiércol fresco, el cual es separado en su parte líquida y sólida. La parte líquida tiene dos destinos: uno es para el biodigestor en la producción de biogás que se transforma en energía, lo que permite realizar el proceso de ordeño, así como el enfriamiento de la leche; el otro es el efluente del biodigestor, que se utiliza como fertilizante orgánico en las pasturas por medio del fertirriego, lo que reduce el uso de fertilizantes químicos. La parte sólida se procesa para la producción de abono orgánico (compost), que también se incorpora a las pasturas. Al reducir al mínimo el uso de los fertilizantes químicos, disminuyen los costos de producción y emisiones de óxido nitroso-N₂O (GEI).



- **Arborización de potreros:** incremento de la cobertura arbórea, principalmente por medio de cercas vivas. Como es conocido, los árboles ofrecen una serie de ventajas: ayudan a remover carbono de la atmósfera (sumidero de carbono), capturan las raíces de los pastos y brindan sombra que ayuda a controlar el efecto de estrés calórico del ganado, a la vez que mejoran las condiciones de suelo.
- **Mejoramiento genético del ganado:** Desde el 2007 se inició un proceso de cruzamiento genético con razas adaptadas a las condiciones del trópico. Así se producen animales más consumidores de forraje y menos dependientes del grano. Se han realizado una serie de cruces en los que se ha tomado como base la raza Jersey, la cual se ha cruzado con otras razas como Gyr, Sahiwal y Senepol.
- **Uso de energía renovable:** la finca ha implementado calentadores solares para el agua que se utiliza en los procesos de lavado y desinfección de los equipos.
- **Captación de agua de lluvia:** en la finca la fuente principal de agua es un pozo, que requiere de energía eléctrica para la conducción de agua a los tanques de almacenamiento. Se diseñó un esquema para cosechar el agua de lluvia de los techos de la infraestructura y así reducir el uso del agua del pozo. La captación de agua llovida busca reducir el consumo de energía eléctrica y se aprovecha para el consumo del ganado y lavado de la lechería.
- **Certificación RAS y Bandera Azul Ecológica:** Desde el 2013 la finca fue certificada por la Red de Agricultura Sostenible (RAS). También participa en el Programa de Bandera Azul Ecológica (PBAE), liderado por empresas públicas y privadas de Costa Rica desde el 2010. Con dicha certificación y programa, se promueven todas las prácticas de bienestar animal, se elimina o reduce la utilización de plaguicidas, se manejan estrictos protocolos de uso y aplicación de fármacos, se protegen las fuentes de agua, se promueve la biodiversidad, se establecen áreas de conservación y se mantiene al personal en un proceso de constante capacitación y sensibilización.



Abono orgánico producido con el estiércol recolectado en la lechería.



Aplicación de biol (efluente del biodigestor) como fertilizante.

Principales logros e impactos

El cruzamiento genético que mejores resultados ha presentado es el de Jersey con T40. Esta es una raza que incluye 5/8 de Holstein negro y 3/8 de Sahiwal. El incremento de este cruce ha presentado producciones de leche superiores al 15 % en comparación a la raza Jersey. Es importante mencionar que, al aumentar la producción por lactancia por vaca arriba de los 4500 litros de leche, se reduce la intensidad de emisiones por kilogramo de leche obtenida, según los reportes



de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La selección del genotipo de ganado es una medida de adaptación ante el cambio climático que contribuye con la mitigación de GEI.

Con el manejo de estiércol, mensualmente se producen seis toneladas de abono sólido que se incorporan a los pastos de piso y pasto de corte. El efluente líquido se vierte sobre un área de 10 ha de pasto de piso donde se ha reducido el uso de fertilizante químico en un 75 %. Semanalmente se vierten 20 metros cúbicos de efluente. La parte sólida ha alcanzado una producción anual de 90 t, utilizada en el pasto de corte, el cultivo de caña de azúcar y en plantaciones de café de la finca. Al utilizar abonos orgánicos y no sintéticos, se reducen las emisiones de N_2O en el sistema, lo que favorece la mitigación de GEI.

Un buen manejo de pasturas contribuye con una mayor disponibilidad y calidad del pasto, lo cual se traduce en reducción de emisiones de metano entérico y costos de producción de leche, además de mejorar la materia orgánica del suelo.

La electricidad a partir del biogás representa un ahorro de la tercera parte del consumo de la energía eléctrica que se utiliza en el proceso de ordeño. Con el biogás se genera una producción de energía equivalente a 2000 kWh mensuales. Igualmente, los calentadores solares han permitido un ahorro aproximado del 50 % de la factura energética, así como la cosecha de agua, que obtuvo una reducción en la factura del pozo del 50 % de energía eléctrica.

Contactos

Villanueva, C. 2015. CATIE, Investigador silvopastoril. Comunicación personal.

Molina, A. 2015. CATIE, Finca Comercial, Gerente. Comunicación personal.

Granados, F. 2015. CATIE, Programa de Posgrado. Comunicación personal.



Consideraciones finales

Dadas las anteriores experiencias sobre buenas prácticas de mitigación de GEI para la agricultura y la ganadería, se puede demostrar que los impactos son variables, según necesidades y prácticas de producción de cultivos, regiones, tipos de tierra y aspectos socioeconómicos.

La producción y el consumo de productos agrícolas tienen una diversa distribución geográfica. Entre los factores más importantes que influyen en la producción agrícola de los distintos países se encuentran el tamaño de la población, el clima, el tipo de vegetación y el grado de desarrollo económico de la localidad o del país.

Las experiencias mostradas son acciones que pequeños, medianos y grandes productores pueden implementar según lo requieran. Estas experiencias ofrecen alternativas de mitigación de emisiones de GEI que contribuyen a reducir la huella de carbono.





UNIÓN EUROPEA



Contáctenos

Proyecto EUROCLIMA-IICA

Por una agricultura sostenible con mayor capacidad para adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)

Sede Central. San José, Vázquez de Coronado,

San Isidro 11101-Costa Rica, América Central

Apartado 55-2200

Teléfonos: (+506) 2216-0188 / 2216-0194

Fax: (+506) 2216-0233

