

CONTRIBUCION DEL IICA A LA ENSEÑANZA
PRODUCCION ANIMAL Y PASTOS



PASTOS Y FORRAJES

CURSO REGULAR DE POSTGRADO DICTADO EN
TURRIALBA, COSTA RICA, ABRIL-MAYO, 1971

597p 1971



Dirección Regional para la Zona Norte
Convenio IICA/ZN-ROCAP
1971

IICA

ZN/111-71

Digitized by Google

La presente publicación muestra el contenido y desarrollo de un curso especial de postgrado. El curso, dentro del Programa de Enseñanza del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del IICA en Turrialba, Costa Rica, fue auspiciado en forma conjunta por el Departamento de Ganadería y por el Programa de Producción Animal y Pastos del IICA/ZN y editado y publicado mediante el Convenio con ROCAP (IICA/ZN-ROCAP).

Personal Responsable por el Programa e Instructores:

Joel Maltos Romo	Jefe del Programa de Producción Animal del IICA/ZN
Héctor Muñoz Coronado	Jefe del Departamento de Ganadería Tropical del IICA-CTEI
Rufo Bazán	Especialista en Fertilidad de Suelos, Departamento de Cultivos y Suelos del IICA-CTEI
R. G. Poultney*	Especialista en Nutrición de Plantas
F. J. Southcombe*	Especialista en Desarrollo de Fincas Ganaderas
P. Meddling*	Especialista en Conservación y Utilización de Forrajes
Edith Fernández García	Edición
Maricell Quirós Salazar	Texto en Composer

* Estos tres instructores son miembros del equipo en el Proyecto de Pastos y Forrajes que se lleva a cabo en Chiriquí, Panamá a través del Convenio MAG/UNDP/FAO.

COSTA RICA 633.2
I597P 1971

**CONTRIBUCION DEL IICA A LA ENSEÑANZA
EN PRODUCCION ANIMAL Y PASTOS**

PASTOS Y FORRAJES

**CURSO REGULAR DE POSTGRADO
DICTADO EN TURRIALBA, COSTA RICA
ABRIL-MAYO, 1971**

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS
AGRICOLAS DE LA OEA
DIRECCION REGIONAL PARA LA ZONA NORTE**

Convenio IICA/ZN-ROCAP

1971

CA - CIR

This One



PNOC-430-RNUQ

Digitized by Google

11CA
C 977 PF
1971

CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
Prólogo	1
Fertilización de Pastos. Rufo Bazán	3
La Célula Vegetal. R. G. Poultney	37
Procedimiento para el Desarrollo Ganadero. F. J. Southcombe	63
Producción de Pasturas y Lechería F. J. Southcombe	75

PROLOGO

La presente es una recopilación, un tanto incompleta, del material distribuido por los diferentes especialistas que gentilmente se prestaron a colaborar en el Curso de Pastos que año tras año se ofrece en Turrialba.

Conscientes de la gran tarea que demanda el preparar notas, principalmente para quienes, como en este caso, no tienen obligación rutinaria de la enseñanza, se agradece en lo que vale el esfuerzo realizado y el gran espíritu de colaboración encontrado.

La finalidad de esta publicación, al igual que otras similares dentro del mismo programa, es la de servir como punto de partida para aunar criterios sobre el contenido y desarrollo de aquellos cursos esenciales en el adiestramiento para la producción animal y pastos. Para lo anterior se espera contar, como en el caso presente, con la participación de todas aquellas personas involucradas en la enseñanza y la práctica, quienes se pueden beneficiar directamente o bien pueden ayudar a sus colegas mediante sus comentarios y opiniones.

Mayor información sobre el Programa, así como comentarios y opiniones sobre el contenido de ésta y otras publicaciones al respecto, se pueden enviar u obtener en las siguientes direcciones:

Departamento de Ganadería Tropical
IICA-CTEI
Turrialba, Costa Rica

y

Dirección Regional para la Zona Norte
del IICA
Programa de Producción Animal y Pastos
Apartado 1815
Guatemala, Guatemala

FERTILIZACION DE PASTOS

Dr. Rufo Bazán *

Fuera del clima, el suelo es probablemente uno de los factores medioambientales de mayor significación que afectan cualquier complejo de vegetación. El desarrollo de un suelo y la comunidad nativa vegetal están bajo la influencia de los mismos factores medioambientales y, por consiguiente, deben existir un sinnúmero de correlaciones entre vegetación, clímax y tipo de suelo.

Sabemos que el suelo, considerado como el medio natural en el cual crecen las plantas, es una mezcla de materia mineral y orgánica en continuo cambio y actividad, cambios que se producen de día y de noche, de una estación a otra y a través de largos períodos de tiempo geológico.

Para comprender un suelo, no es suficiente conocer una o dos de sus características; por el contrario, se hace necesario conocer su topografía, profundidad, textura, color, estructura, composición química y muchas otras más. Además, un suelo debe ser visto con relación a otros que lo

* Edafólogo, IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.

rodean, puesto que el suelo es tri-dimensional, es un sólido cuya cara superficial es la superficie de la tierra. Su cara inferior está definida por los límites inferiores de fuerzas biológicas y los lados son los límites con otros suelos.

Desde el punto de vista de su fertilidad, el suelo depende en mucho de su origen y de la naturaleza de los procesos que participaron en su formación. A su vez, los pastos constituyen el tipo de planta de mayor cultivo en el mundo. Su extensión supera al total dedicado a otros cultivos como trigo, maíz, avena y otros que pueden ser considerados como básicos para el sustento humano. En términos de alimento para el ganado, las áreas de pasturas en muchos países proporcionan el 50 por ciento de los requerimientos totales y hasta el 85 ó 90 por ciento en otros.

Finalmente, el factor animal puede ser considerado como el mecanismo de procesamiento del forraje en carne, leche, lana y otros productos para consumo y utilización humana.

De todos los nutrimentos que el animal obtiene del forraje, los elementos minerales dependen directamente del suelo y del clima. Por consiguiente es fácil darnos cuenta porqué la vida animal depende del suelo, y del clima cuando nos referimos a los elementos minerales. El constante lavado de los nutrimentos del suelo por efecto del agua de lluvia o por absorción por las plantas y luego por los animales en pastoreo empobrecen al suelo de sus nutrimentos disponibles. Otro aspecto de la estrecha relación existente entre suelo, planta y animal, es que ciertos minerales tóxicos presentes en el suelo en cantidades excesivas son tomados por la planta y a su vez pueden tener efectos dañinos en los animales que se sirven de esas plantas.

La composición química del forraje depende de las condiciones en que crece, y entre los factores naturales responsables de su composición química y consecuentemente, de su valor nutritivo son el tipo de planta, sea gramínea, leguminosa u otra especie, condiciones climáticas, fertilidad del suelo, edad de la planta, época del año, etc.

Sin duda alguna fertilización y manejo son dos prácticas de primordial importancia en el desarrollo económico de un programa forrajero. En términos específicos de fertilización, del total de tierras ocupadas en

pasturas es muy posible que menos del 10 por ciento reciban fertilizantes de cualquier naturaleza, y aún se puede pensar en un porcentaje menor de tierras adecuadamente fertilizadas.

Veamos porqué se hace necesario un programa de fertilización en el desarrollo de pasturas.

1. Buenos pastos y buen ganado van juntos. Si se desea criar un buen ganado, se requiere tener buenas pasturas. Viceversa, si se va a desarrollar un buen programa de pasturas, se requiere de un ganado de calidad para tener una máxima utilización del forraje a obtenerse.
2. El tipo de pasturas y el nivel de fertilización a utilizar dependerán del tipo de ganado y del sistema de explotación a seguir.
3. Al aumentar el nivel de fertilización, existe un límite con el cual se obtendrá la mejor respuesta del animal en pastoreo. Por ejemplo, en algunas zonas del sur de los Estados Unidos de Norteamérica, se tiene 200 kg N/ha como límite en el pasto Bermuda. La limitación se debe en parte a que un gran número de animales contaminarán demasiado el pasto con orina y heces, y no será consumido eficientemente. Es muy posible que aún resta mucho por conocer respecto al efecto de altos niveles de fertilización en la producción animal en las diferentes etapas del ciclo de vida del animal.
4. El principal efecto de un aumento en los niveles de fertilización, posiblemente, será un aumento en la producción de forraje antes que un aumento en la calidad del mismo. Esto representa una mayor capacidad de carga por área antes que en un aumento en respuesta animal. Por ejemplo, en un experimento llevado a cabo en Florida, Estados Unidos, la aplicación de niveles bajo, medio y alto de fertilización resultó en casi idéntica producción de carne por animal.

Sin embargo, la producción de carne por hectárea aumentó en relación directa con el aumento en fertilización, o sea que hubo un aumento en la producción de forraje y la capacidad de carga.

Nivel de fertilización kg	Producción forraje (kg) peso seco	Producción carne kg/ha	Producción kg/animal
225(34 - 18 - 18)*	4 663	94	263
450(68 - 36 - 36)	6 462	135	270
900(120 - 72 - 72)	8 602	202	270

* Aplicación de N, P_2O_5 y K_2O por hectárea por año.

5. Los pastos se encuentran, por lo general, en un nivel bajo de fertilización y es común la aplicación inadecuada de fertilizantes, en lo que se refiere a tipo de fertilizante, dosificación, forma y época de aplicación.

Al referirse a pastos y forrajes, con frecuencia se asume que los requisitos de suelo son los de menor consideración, talvez debido a que generalmente a los pastos se los considera como mejoradores de suelos. Esto no es del todo correcto, pues si se desea obtener máximos rendimientos y producción, se debe tener mucho cuidado con la selección adecuada de suelos y exigir de ellos los requisitos mínimos requeridos para otros cultivos, como por ejemplo: condiciones de humedad, aereación, nutrimentos, pH, etc.

Existe evidencia de que los pastos crecen y producen mejor bajo la acción de fertilizantes; sin embargo, veamos algunos principios que determinan el mejor uso de fertilizantes en pasturas:

1. Los requerimientos propios del pasto en cultivo.
2. La capacidad natural del suelo de proveer los nutrimentos requeridos por la planta.
3. La capacidad del suelo de retener el fertilizante y evitar pérdidas por lixiviación.
4. La capacidad del suelo para retener los nutrimentos en forma poco disponible para la planta.

Los requerimientos de los mejores pastos son también altos, de ahí que el criterio general de que los pastos crecen bien en suelos pobres, de baja fertilidad, talvez no es del todo correcto; más aún su capacidad de crecimiento no representa condición del pasto en términos de calidad.

Eficiencia de los fertilizantes

En pastos, rara vez se consigue una recuperación mayor al 60 por ciento del N aplicado como fertilizante; el resto se pierde por varios conductos por ejemplo: lixiviación, desnitrificación, volatilización, etc. Por otro lado, de 2/3 a 3/4 partes del P agregado al suelo se pierde por inmovilización. Con el K, la situación tampoco es muy diferente, pues algo se pierde por lixiviación, pero la mayor parte es inmovilizado directamente por el suelo, aunque esta fracción es eventualmente liberada y accesible para la planta.

Debido a la tendencia de los elementos constitutivos de los fertilizantes, a perderse del suelo por lixiviación o inmovilización, la localización del fertilizante y la oportunidad de su aplicación son de gran importancia. En este sentido, el N merece especial mención, debido a que es fácilmente lixiviado y por ello su aplicación en forma tardía y fraccionada repercute en una mayor eficiencia.

La máxima eficiencia del fertilizante depende de conseguir un balance adecuado de los nutrimentos en el suelo. Fracasos en obtener respuestas favorables a fertilizantes, con frecuencia se deben a la falta de ese balance adecuado.

La fertilidad del suelo no solamente regula la cantidad de materia verde a obtener, sino también su calidad. Suelos altamente fértiles producen forrajes de alto valor nutritivo en comparación a suelos poco fértiles. Los elementos minerales esenciales son obtenidos por la planta desde el suelo y sustancias como proteínas y vitaminas son producidas cuando el contenido mineral del suelo es adecuado.

Mucho de nuestro conocimiento acerca del efecto de los suelos en la composición de la planta es con base en la observación visual de cambios que siguen a la aplicación de fertilizantes al suelo. Muchos de estos cambios no son de fácil explicación; lo evidente es que la aplicación de fertilizantes sí produce ciertos resultados en general, y por ello no es

muy arriesgado decir que cualquier aumento en el contenido de proteína, P, Ca u otro elemento en el forraje como resultado de la aplicación de fertilizantes, puede ser considerado como una mejora de la calidad de ese forraje.

La fertilización afecta la composición del forraje de dos maneras:

1. Cuantitativamente, favoreciendo el crecimiento de unas plantas mas que otras; esto es notorio especialmente en asociaciones leguminosa-gramínea.
2. Cualitativamente, en que afecta la calidad del forraje, afectando su composición química.

En general, las plantas toman del suelo cualquier elemento presente en forma soluble y aún, en ciertos casos, pueden tomarlo en exceso. Por ejemplo, la aplicación de un fertilizante nitrogenado tiende a promover la absorción de N por la planta y consecuentemente se produce un aumento en el contenido de proteína.

La respuesta a la fertilización depende en mucho de la fertilidad natural del suelo, edad y condición de la planta. Si un suelo carece de un elemento a tal punto de afectar el crecimiento de la planta, la adición de ese elemento permitirá a la planta adquirir un crecimiento favorable.

Sin embargo, elevadas dosis de un elemento pueden afectar la absorción de otras por la planta; por consiguiente, el considerar la fertilidad natural del suelo sí es importante.

Otro punto a considerar es que si se acelera el crecimiento de la planta como consecuencia de la adición de fertilizantes al suelo, la composición química de la planta cambia debido al aumento de tejido nuevo en crecimiento. Esto puede explicar el incremento de proteína en el pasto después de la adición de potasio a un suelo bajo en dicho elemento, o al incremento en caroteno (Vitamina A), después de agregar sulfato de amonio.

La importancia de la edad de la planta puede ser ilustrada diciendo que el N aplicado en pastos jóvenes, puede aumentar la producción de materia seca o el contenido de proteína cruda o ambos. En el caso de pasto

adulto, habrá aumento en el contenido de proteína, pero es casi improbable que se consiga un incremento en la producción de materia verde. Podríamos ahora preguntarnos cual sería el efecto en la nutrición animal, de fertilizantes aplicados en cantidades más allá de lo económicamente aceptables? No tenemos una respuesta cabal a la aplicación masiva de fertilizantes; sin embargo, se sabe que, en el caso del N, más de 1 ó 2 por ciento de nitratos en la planta, como resultado de una alta fertilización nitrogenada, es tóxico para el animal. Igualmente, un elevado contenido de proteína puede causar trastornos digestivos en el animal. Cantidades excesivas de fertilizante aplicadas al suelo pueden eventualmente afectar el balance mineral del animal, por ejemplo, alto contenido de potasio puede disminuir los contenidos de Ca, Mg y Na en la sangre del animal, hasta llegar a niveles peligrosos. Un sobre-encalado del suelo puede afectar adversamente la absorción de micronutrientes por la planta y eventualmente afectar al animal que consume ese forraje.

Existe también una relación estrecha entre los elementos que son esenciales para el normal crecimiento de la planta y del animal.

Los elementos C, H, O, N, P y S son los que participan en la formación de proteína vegetal y por consiguiente del protoplasma de la célula. Otros elementos como Ca, Mg, K, Fe, Mn, Mo, Cu, B, Zn, Cl, Na, Co, Va, tienen funciones diversas e igualmente consideradas esenciales.

El C, H y O provienen de la atmósfera y del agua, son convertidos por la planta en carbohidratos en el proceso de la fotosíntesis y finalmente pasan a la forma de aminoácidos, proteínas y protoplasma. Los restantes son considerados como elementos minerales y provienen del material parental del suelo. No todos ellos son esenciales para la planta y el animal, pero sí pueden serlo independientemente para uno u otro. Por ejemplo el sodio es esencial para el animal, pero no para la planta; por otro lado, el potasio es esencial para la planta, pero menos valioso para el animal. El fósforo es esencial para ambos, planta y animal, pues la

planta no crece normalmente en ausencia de este elemento, y el animal sufre serios desarreglos por deficiencia de fósforo, calcio y magnesio, que parecen ser igualmente necesarios para ambos. Con referencia a los micronutrientes, el cobalto y el yodo parecen ser los más esenciales

para el animal y no para las plantas; una deficiencia del primero causa la llamada "enfermedad salina" en el caso del segundo elemento, está asociada con el alargamiento de la glándula tiroides.

El nitrógeno y los fertilizantes nitrogenados

El suministro de nitrógeno en la productividad de pasturas reviste una especial importancia en todas las partes del mundo. Por lo general, los rendimientos en pastos aumentan en proporción directa al suministro de nitrógeno al suelo, sin que podamos indicar cifras límite debido a, que cuanto mayores son las dosis aplicadas, las pérdidas por lixiviación o volatilización pueden igualmente ser considerables.

Siendo los pastos muy susceptibles a responder favorablemente a la fertilización nitrogenada, es elevado el número de investigaciones realizadas en diversos aspectos relacionados con la fertilización nitrogenada y la composición de los pastos.

Un estudio adecuado del nitrógeno y otros elementos y su relación con las pasturas, comprendería el estudio de sus transformaciones en el ecosistema de la pradera; la respuesta a la fertilización y sus efectos en la composición y calidad del pasto. Aquí, daremos mayor énfasis al segundo aspecto, mencionando ligeramente los restantes, por considerar a éstos como pertenecientes a otro campo de estudio. Un examen del diagrama adjunto (Figura 1) nos da una clara visión de la posición del nitrógeno dentro del ecosistema de la pradera. Las diferentes fases del llamado ciclo del nitrógeno varían en importancia, de acuerdo con el tipo de pastura y su manejo, siendo los factores de mayor importancia la presencia o ausencia de leguminosas, tipo de pastura (de corte o pastoreo) y presencia o ausencia de adiciones de nitrógeno.

Dentro del sistema suelo-planta-animal, la atmósfera es la fuente original de la mayor parte del nitrógeno, a pesar de que algunas rocas ígneas contienen entre 10 y 15 ppm de nitrógeno. La transferencia del nitrógeno atmosférico al suelo se realiza sea por fijación biológica, industrial y por precipitación en el agua de lluvia.

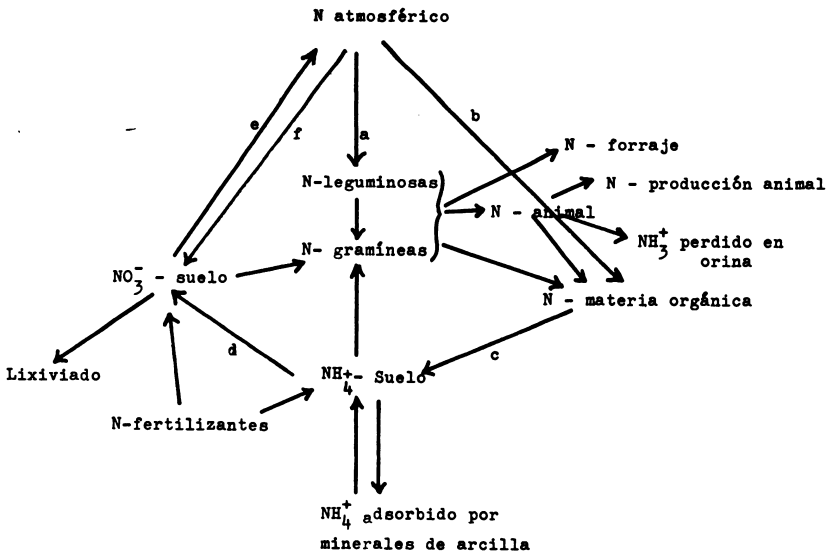


Fig. 1. Ciclo del N en el ecosistema de pasturas

- a) Fijación simbiótica
- b) Fijación no simbiótica
- c) Amonificación
- d) Nitrificación
- e) Denitrificación
- f) Adición de N-atmosférico

Asimilación del nitrógeno por el pasto

Se sabe que las plantas no leguminosas, normalmente absorben el nitrógeno en las formas $N-NO_3^-$ y $N-NH_4^+$, aunque es posible que la mayor parte sea siempre bajo la primera forma, puesto que la segunda, en condiciones normales de suelo, pasa rápidamente a la primera en el proceso de la nitrificación. Sin embargo, existe evidencia que indica que plántulas jóvenes prefieren la forma amoniacal, $N-NH_4^+$; igualmente el pH del suelo parece jugar un papel importante ya que a valores de pH cercanos al neutro la forma de nitrato, $N-NO_3^-$ es la preferida, mientras que a valores más bajos (pH ácido) la fracción amoniacal $N-NH_4^+$ es preferiblemente tomada por la planta.

Los pastos tienen una gran capacidad para absorber nitrógeno dependiendo de la edad y el suministro del elemento, siendo siempre mayor en la fase vegetativa de la planta. En general el contenido total de nitró-

geno en el forraje alcanza un máximo unos días antes de la floración, o sea mucho antes que la etapa de mayor producción de materia seca (Figura 2) aunque es muy probable que la absorción de nitrógeno continuo o después de llegar al punto máximo, pero no se la registra por la muerte y caída de las hojas viejas.

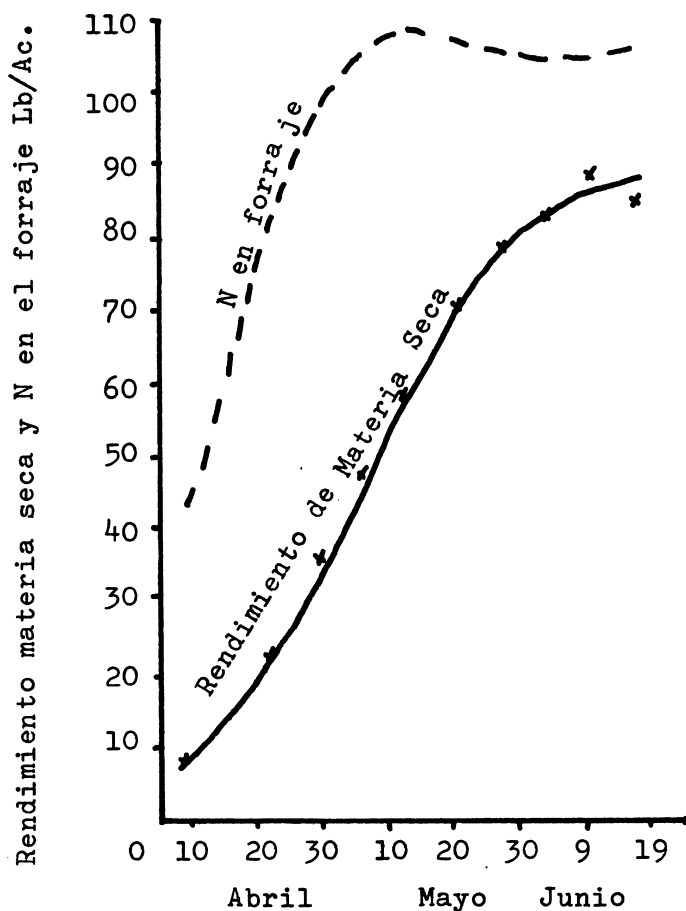


Fig. 2 Rendimiento de materia seca y N en el forraje (Lb/Ac.)

Una vez en el interior de las raíces, los iones NO_3^- son translocados hacia diferentes órganos y partes de la planta y transformados. Parte del NO_3^- se reduce a N_2 , otra se mantiene como N-NO_3^- . La reducción de N-NO_3^- y conversión a formas proteicas es un proceso rápido que se efectúa en las hojas; sin embargo, cuando la absorción de nitrógeno es excesiva en relación a la fotosíntesis, existe una acumulación en forma de N-NO_3^- y de amidas, si acaso el nitrógeno es absorbido en forma amoniacal N-NH_4^+ ; estas acumulaciones también ocurren o se aumentan por efecto de deficiencias de ciertos desbalances nutricionales sea en el suelo o en la planta.

Consumo de nitrógeno por el animal

Del nitrógeno contenido en el forraje y que es consumido por el animal, parte es convertido en tejido animal y el resto es eliminado al exterior, formando parte de la orina y heces.

En cuanto a los requerimientos de N por los rumiantes, se indica que la dieta debe contener por lo menos 1.4 por ciento de N equivalente al 9 por ciento de proteína cruda, que es la necesaria para una actividad adecuada de los microorganismos del rumen. A este respecto, se ha puesto mucha atención al contenido de proteína cruda del forraje como una medida de su calidad.

En realidad, una vez que las necesidades del animal están satisfechas, en lo que se refiere a proteína cruda, lo cual se consigue generalmente a un nivel del 10 por ciento en el forraje, el excedente no es necesario y no constituye un indicador de un aumento en calidad.

Del nitrógeno presente en el forraje, entre el 75 y el 90 por ciento está en forma de proteína y el resto como péptidos, aminoácidos y amidas y aun en forma de N-NO_3^- .

En raras circunstancias pueden los animales sufrir de efectos tóxicos causados por altos contenidos de nitratos en el forraje y acumulación de NO_2 en el rumen. Tal hecho puede ocurrir solamente cuando la actividad microbiana es pobre, ya que normalmente la transformación de NO_2 en NH_3 es rápida.

Efecto del nitrógeno en la planta

El nitrógeno afecta el rendimiento del forraje a través de su influencia en la morfología y fisiología de la planta (por ejemplo el número de retoños, tamaño y número de hojas, desarrollo de raíces, etc.).

Además de su función en la formación de proteínas el nitrógeno es una parte integral de la molécula de clorofila, de ahí que el adecuado suministro de nitrógeno repercute en un crecimiento vegetativo vigoroso de la planta y un color verde del follaje. Cuando existe deficiencia de este elemento, hay deposición de carbohidratos en las células vegetativas, causando el engrosamiento de sus paredes; en estas condiciones la planta toma el aspecto leñoso, fibroso, al mismo tiempo que se paraliza su crecimiento y se ponen cloróticas.

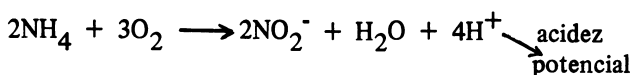
En pastos, las hojas inferiores se tornan de color café, con el aspecto de quemadas.

Fertilizantes nitrogenados

En el caso de pasturas, a diferencia de otros cultivos, investigaciones llevadas a cabo en diferentes lugares demuestran que el criterio de "una libra de nitrógeno es una libra de nitrógeno" no es ya aceptable. Desde luego que no existe un material que sea aceptable para toda condición. La conveniencia de su aplicación, respuesta de la planta y características de suelo y clima, son factores que deben ser tomados en consideración, además del costo por unidad de elemento puro.

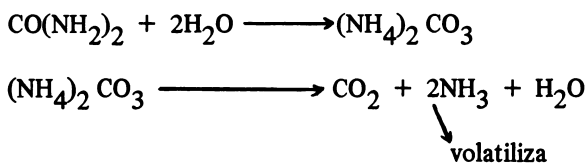
Los materiales orgánicos y las formas de Urea-form no son convenientes para su utilización en pasturas por su elevado costo y su ineficiencia debida a su baja solubilidad. El nitrato de sodio y el nitrato de calcio son buenos materiales en términos de producción de proteína cruda por unidad de elemento puro aplicado, pero su costo es elevado en comparación a otras fuentes igualmente eficientes.

Sin embargo, la mayoría de los materiales más solubles son potencialmente acidificantes del suelo, especialmente si el nitrógeno se encuentra en la forma de $N-NH_4^+$; que en el proceso de nitrificación libera iones H^+ :



Posiblemente el sulfato de amonio, $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ (21 por ciento N) es uno de los materiales más acidificantes del suelo debido al ión acomñante SO_4^- , que en determinadas circunstancias puede dar lugar a la formación de H_2SO_4 , aunque con mayor frecuencia y dependiendo de las condiciones de clima y suelo, puede ser lixiviado del suelo; en tal caso se pierde arrastrando consigo diferentes cationes como Ca^{++} y Mg^{++} , desbasicando el suelo con la consiguiente reducción del pH.

Normalmente, el sulfato de amonio no es recomendado para aplicaciones en pastos, excepto en suelos donde el control de la acidez no es un problema. La urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (46 por ciento N) es otro material de gran utilización, pese a que ciertas características limitan su aplicación superficial al suelo. Se ha demostrado en diversos lugares que su eficiencia es baja debido a pérdidas de N en forma de NH_3 por volatilización, especialmente en ausencia de humedad. Esta pérdida es causada por la acción de la ureasa, una enzima que convierte la urea a carbonato de amonio, el cual es inestable y se descompone liberando CO_2 y NH_3 :



Pérdidas por volatilización hasta de un 20 a 30 por ciento no son raras en condiciones normales. Experimentos en que se comparó la eficiencia de urea y nitrato de amonio demostraron que ésta fue similar en condiciones de adecuada humedad del suelo; en el caso contrario o en condiciones de suelo seco, la eficiencia de la urea es siempre muy inferior a la del nitrato. Por consiguiente, y considerando los materiales disponibles en la mayoría de nuestros países, el nitrato de amonio, NH_4NO_3 (33,5 por ciento N) parece ser el más recomendable para su aplicación en pasturas, especialmente en forma granular.

En general, podemos decir que la determinación de la cantidad de nitrógeno recuperado con relación a lo aplicado en el forraje es una buena medida de la eficiencia con la que el fertilizante es convertido en proteína para producción animal. Recuperaciones del 50 a 75 por ciento pueden ser consideradas como satisfactorias, aunque porcentajes tan bajos como 10 por ciento y altos como 88 por ciento han sido obteni-

dos tanto en condiciones de clima tropical como sub-tropical. Es difícil establecer lo ocurrido al nitrógeno no detectado o no recuperado del fertilizante, puesto que son muchos los caminos por los que puede perderse este elemento, como lixiviación en forma de N-NO_3^- ; volatilización en forma amoniacal y de nitritos, inmovilización biológica y química, denitrificación y otros.

Técnicas prácticas para conseguir una alta eficiencia de los fertilizantes nitrogenados se basan en la consideración de condiciones de suelos, tales como buena aereación y drenaje, incorporación del fertilizante al suelo en lugar de aplicarlo en la superficie, aplicación en época y cantidad que permitan su rápida utilización por la planta.

El fósforo y los fertilizantes fosforados

El fósforo en el suelo. El fósforo, que es considerado como uno de los macronutrientes de mayor importancia en la nutrición vegetal, varía en su contenido de un suelo a otro, aunque por lo general su concentración es pequeña, a veces menos de 1 ppm.

Debido a que este elemento es poco susceptible a sufrir pérdidas por lixiviación, y como generalmente el requerimiento de la mayoría de las plantas es bajo en este elemento, tiende a acumularse en los horizontes superficiales del suelo.

Se lo encuentra en forma orgánica e inorgánica; la primera como parte del humus y otros materiales orgánicos. La forma inorgánica se presenta en combinaciones con el hierro, aluminio, calcio, flúor y otros elementos. Estos compuestos son generalmente de baja solubilidad en agua. El contenido de la fracción inorgánica es casi siempre mayor a la orgánica, excepto desde luego en aquellos suelos típicamente orgánicos. Además, en suelos minerales, el contenido de fósforo orgánico es generalmente mayor en los horizontes superficiales, en directa relación con el contenido de materia orgánica. De otra forma, la fracción orgánica constituye una reserva que, por mineralización, puede pasar a la forma inorgánica, que es la más asequible a la planta.

La fracción inorgánica, en lo que respecta a asequibilidad por la planta, se encuentra regulada por el pH o reacción del suelo, tipo y cantidad de arcilla coloidal, temperatura, humedad, materia orgánica, y otros factores del suelo.

El fósforo en la planta. La concentración de fósforo en la planta es generalmente inferior comparada con las de N y K. La planta lo absorbe, preferentemente bajo las formas H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} según el pH predominante del suelo, el primero en medio ácido y el segundo en medio alcalino. No se descarta la posibilidad de absorción en formas orgánicas, aunque en menor escala que las formas minerales antes indicadas.

Un suministro adecuado de fósforo a la planta, repercute en un buen desarrollo de las raíces y preferentemente se acumula en semillas y puntas. Es componente de la célula viva y cumple funciones activas en las partes de rápido crecimiento de la planta.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un elemento de gran movilidad dentro de la planta, de ahí que en condiciones de deficiencia en el suelo, el fósforo contenido en las partes o tejidos adultos de la planta se moviliza rápidamente a los tejidos nuevos o jóvenes, o sea que en la planta los síntomas de deficiencia de este elemento son visibles primeramente en las partes viejas, especialmente las hojas inferiores. De acuerdo con el grado de deficiencia, el crecimiento de la planta en general, se ve retardado o disminuído.

El fósforo en el animal. El fósforo es tan esencial en el animal como en la planta, puesto que parte del protoplasma de la célula se presenta en cantidades apreciables en el tejido nervioso, huesos y leche. Cuando el animal sufre deficiencia de fósforo, muestra pérdida del apetito, y en el caso de vacas lecheras, hay una disminución notable en la producción de leche. Así mismo, la deficiencia de fósforo en el animal está relacionada con la "pica" o actitud del animal de morder huesos, madera, y substancias duras no alimenticias, aunque en este caso, una deficiencia de cobalto puede dar lugar a los mismos síntomas; de ahí que la falta de apetito es más indicativa de la falta de este elemento. Si la deficiencia se prolonga demasiado tiempo puede causar una erosión de los cartílagos en las partes terminales de los huesos, dificultando el caminar del animal. En tales casos, es mejor proporcionar fósforo al animal por vía oral o darles libre acceso a una mezcla de harina de huesos y sal.

Fertilizantes fosforados

La mayoría de los fertilizantes fosforados, en la actualidad son manufacturados a base de minerales conteniendo fósforo, puesto que los materiales de origen orgánico como harina de huesos, guano y otros, son

de reducida importancia comercial debido a su elevado costo por unidad de elemento puro y además sus existencias no suplirían la gran demanda existente en el mercado.

La roca fosfatada constituye la fuente principal de los fertilizantes fosforados. Existen depósitos naturales de roca fosfatada en diversos lugares del mundo, en los que el compuesto fosfatado es la apatita, cuya fórmula general es $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4\text{CO}_3)_6 (\text{FCl OH})_2$, o sea que sus formas son de carbonato, flúor, cloro, o hidroxapatita, respectivamente.

El fósforo contenido en estos minerales no está disponible para la planta, de ahí que deben ser previamente tratados para convertir el fósforo a una forma disponible. El tratamiento del mineral puede ser por método térmico o por acidificación, siendo este último el más importante por razones de economía y la gran aceptación agrícola de los productos obtenidos.

Teóricamente, cualquier ácido mineral fuerte puede ser empleado para tratar la roca fosfatada, aunque los ácidos sulfúrico y fosfórico han mostrado gran superioridad sobre otros ácidos como el nítrico y el clorhídrico, debido a que los productos obtenidos presentan características físicas y químicas de mayor aceptación agrícola. Entre ellos tenemos el superfosfato simple (20 por ciento P_2O_5) y el superfosfato triple (46 por ciento P_2O_5) de amplio uso por su solubilidad y reacción neutra con el suelo. Son igualmente utilizados en la preparación de mezclas de fertilizantes por su afinidad con una gran variedad de materiales tanto nitrogenados como potásicos y otros.

El fósforo contenido en los superfosfatos reacciona y se comporta en el suelo de acuerdo con lo descrito en la parte inicial del capítulo, es decir en la misma forma que el ortofosfato, sea en medio ácido o alcalino; sin embargo, y a diferencia del nitrógeno y el potasio, el fósforo se mueve lentamente, una vez que el ión fosfato es casi inmóvil en el suelo.

La importancia de otros fertilizantes fosforados se encuentra en relación con su contenido de elemento puro, prefiriéndose aquellos de alto análisis y de bajo costo de elaboración, tales como los fosfatos de amonio (23 y 26 por ciento P_2O_5); algunas escorias y aun la misma roca fosfatada finamente pulverizada. Otros como el ácido superfosfórico (83 por ciento P_2O_5) son utilizados como base para la preparación de fertilizantes líquidos y sólidos de alto análisis.

En lo que respecta al movimiento de los fertilizantes fosforados en el suelo, puede decirse que su interacción con el suelo es muy grande y por consiguiente la concentración de iones en la solución del suelo es muy baja. Por otra parte, la movilidad del fósforo es muy limitada en la mayoría de los suelos y sólo una parte del fósforo aplicado llega a la vecindad de las raíces. Por consiguiente, en la práctica las aplicaciones de fósforo deben ser más altas que las requeridas por la planta, puesto que sólo una parte será utilizada.

Se recomienda hacer las aplicaciones en pasturas de preferencia a la época inicial o de siembra, aunque adiciones posteriores serán necesariamente en la superficie del terreno.

El potasio y sus fertilizantes

El potasio en el suelo. A diferencia del fósforo, el potasio se encuentra en el suelo en grandes cantidades, hasta de 2.4 por ciento y formando parte constitutiva de los minerales denominados feldespato de potasio ($KAlSi_3O_8$), mica muscovita $[H_2KAl_3(SiO_4)_3]$ y mica biotita $[(H_1K)_2(Mg_1Fe)_2Al_2(SiO_4)_3]$. También, en el suelo se le encuentra en forma de arcillas minerales como illita, vermiculita, cloritas y minerales interestratificados.

En el suelo se presenta en tres formas: a) fijado o no disponible, o sea la forma en que se encuentra en minerales primarios y secundarios, los cuales liberarán potasio en el proceso denominado meteorización; b) potasio lentamente disponible, es aquel que se encuentra retenido en minerales arcillosos como la illita, pero que bajo ciertas condiciones de suelo puede ser liberado lentamente a la solución del suelo; c) potasio fácilmente disponible o aquel presente en la solución del suelo y en la fracción intercambiable.

Normalmente el potasio de la solución del suelo puede ser perdido por lixiviación, fijado por la fracción coloidal o por organismos vivos, o finalmente convertido a alguna forma poco disponible. Su disponibilidad igualmente depende de condiciones como el tipo de arcilla mineral, temperatura, pH y condiciones de humedad y sequedad del suelo.

El potasio en la planta. El potasio es otro elemento esencial para la planta, que lo toma en forma de ión K^+ . Por lo general, los requeri-

mientos de la planta son grandes aunque el rol que juega en la fisiología de la planta es poco conocido; sin embargo, en condiciones de suelo deficiente en este elemento, las plantas se ven reducidas en vigor, sin más susceptibles a enfermedades, afecta la síntesis de carbohidratos y proteínas. Este último aspecto se refiere a que en condiciones deficientes de potasio la planta tiende a acumular compuestos nitrogenados no proteicos, que en el caso de los pastos, puede repercutir en la salud del animal, puesto que estos compuestos pueden ser de-aminizados en el rumen con la consiguiente liberación de NH_3 , el cual es tóxico para el animal.

El potasio, al igual que el nitrógeno y el fósforo, es muy móvil dentro de la planta; así, en condiciones de deficiencia en el suelo, puede translocarse rápidamente de tejidos viejos de la planta hacia los más nuevos o jóvenes.

El potasio en el animal. Respecto a sus funciones en el animal, se le encuentra en mayor cantidad en el tejido muscular y a pesar de que su concentración es mayor que la del sodio, los requerimientos de este último son mayores, por lo menos el doble que de potasio, en el cuerpo del animal y por lo menos 18 veces mayor en la sangre.

En condiciones normales, no se presenta deficiencia en el animal, y posiblemente sus requerimientos son cubiertos por el potasio existente en la dieta, que es mayor a las necesidades del animal; por esta razón, el potasio puede ser considerado no indispensable en el animal.

Fertilizantes potásicos. La industria de los fertilizantes potásicos, a diferencia de los nitrogenados y fosforados, se reduce a dos materiales, el muriato de potasio KCl (60% K_2O) que suple el 90 por ciento de los fertilizantes potásicos y el sulfato de potasio SO_4K_2 (50% K_2O) que suple un 8 por ciento. El 2 por ciento restante es cubierto por otros materiales como el nitrato de potasio, el sulfato de potasio y magnesio y las sales potásicas.

El muriato de potasio es el material más utilizado por su alta concentración de elemento puro, su solubilidad y no altera la reacción del suelo: es de reacción neutra. Se le puede aplicar al suelo, solo o en mezclas sólidas con otros materiales fertilizantes y aun en solución.

Su lixiviación no es un serio problema en la mayoría de los suelos, siendo talvez mayor en suelos ácidos y sujetos a una alta precipitación pluvial. De otro modo y en suelos con predominio de arcillas 2:1 es susceptible a ser retenido por la fracción coloidal.

La eficiencia de los fertilizantes potásicos es similar en la mayoría de los materiales.

Su aplicación al suelo es de preferencia antes de la siembra y en el caso de pastos, las aplicaciones en la superficie del suelo son aceptables, una vez que por su solubilidad y movilidad, el material llegara con facilidad a la zona radical de la planta. Sin embargo, el nivel real de potasio en la solución estará controlado por la relación con otros cationes presentes y a la total concentración de sales; por tanto, debido al efecto de valencia, la relación de potasio a los cationes divalentes como Ca y Mg aumentará con la dilución de la solución del suelo; lo contrario ocurre en condiciones de sequedad del suelo, o sea que la concentración de K aumentará a bajos contenidos de humedad del suelo.

El Calcio, Magnesio y sus fertilizantes

El calcio y magnesio en el suelo. Ambos elementos y excluyendo la fuente más conocida que constituyen los materiales de encalado, se originan en rocas y minerales del suelo, tales como dolomita, calcita, apatita, feldespato de calcio, anfíboles, biotita, clorita, serpentina. Cuando son liberados a la solución del suelo pueden ser lixiviados, absorbidos por microorganismos, adsorbidos por la fracción coloidal o reprecipitados en forma de compuestos secundarios; ésto último con preferencia en regiones de clima árido.

En sus formas disponibles para la planta se encuentran en la fracción intercambiable o formas solubles en agua, ambas se encuentran en equilibrio.

El calcio y magnesio en la planta. Ambos son tomados por la planta en su forma catiónica $\widehat{\text{Ca}}^{2+}$, Mg^{2+}

El calcio tiene muchas funciones en la planta; por ejemplo, es parte constituyente de proteínas del núcleo celular y plastidios, y se encuentra en cantidad considerable en las hojas. Siendo poco móvil en la planta, en condiciones de deficiencia disminuye la actividad y crecimiento

de las yemas terminales, por consiguiente, afecta el normal crecimiento de la parte aérea y de las raíces. En la forma de pectato es un componente de la lamela media de la pared celular.

El magnesio es el único constituyente mineral de la molécula de clorofila, de ahí que es obvia su importancia en la planta, además de encontrarse en cantidades considerables en las semillas.

La deficiencia de magnesio se detecta por marcada clorosis comenzando en las partes viejas de la parte aérea, debido a que siendo un elemento móvil en la planta, se traslada rápidamente a las partes nuevas.

El calcio y magnesio en el animal. En el animal ambos juegan un papel importante. El calcio es elemento constituyente de huesos y dientes y una pequeña fracción en el cuerpo del animal. Sin embargo, esta fracción pequeña circulando en la sangre permite mantener un normal funcionamiento de los músculos del corazón y otros nervios.

El calcio en los huesos está en la relación de 3 moléculas de fosfato tricálcico a 1 de carbonato de calcio. Sus relaciones con el fósforo son de consideración; estando el Ca en concentración normal ocurre deficiencia de fósforo. Ocurre un crecimiento excesivo del tejido sea en los extremos de los huesos largos. En el caso contrario, ocurre la enfermedad del tétano, que es una reabsorción del tejido óseo, y se paraliza el crecimiento del hueso.

En deficiencia de ambos elementos ocurre la enfermedad llamada osteomalacia.

El magnesio, al igual que el calcio, entra en la composición de huesos y dientes, además de jugar un papel importante en el metabolismo del fósforo, almidones y azúcares.

Una deficiencia de Mg torna al animal muy irritable, afecta los riñones y en casos extremos el animal muere en convulsiones.

Sin embargo, la ocurrencia de deficiencia de calcio y magnesio en el animal no es frecuente, puesto que en condiciones normales, la cantidad que reciben en la dieta diaria suple sus necesidades.

Fertilizantes de calcio y magnesio. A pesar de que ambos elementos son esenciales a la planta y al animal, en la industria de fertilizantes se les considera como secundarios, puesto que forman parte de fertilizantes preparados como fuente de algún otro elemento, especialmente nitrógeno o fósforo.

La situación difiere si se considera a los materiales encalantes como fuente de estos elementos. Sin considerar a estos materiales, los fertilizantes más conocidos de calcio y magnesio son: nitrato de calcio (19.4% Ca), nitrato de amonio - cal (8.2% Ca), cianamida cálcica (38.5% Ca), yeso (22.3% Ca), roca fosfatada (33.1% Ca), superfosfato simple (19.6% Ca) y superfosfato triple (14.3% Ca), sulfato de magnesio (9.6% Mg), sulfato de potasio y magnesio (11.1% Mg), óxido de magnesio (55% Mg).

La pérdida de calcio y magnesio de sus fertilizantes son de poca significación, una vez que ambos cationes son retenidos por el complejo de intercambio con mayor tenacidad que el potasio.

En condiciones normales, el Ca es absorbido por la planta en cantidad apreciable; sin embargo, la reserva en el complejo coloidal y en la solución del suelo es generalmente considerable, además de que el Ca es frecuentemente reabastecido acompañando a otros elementos en fertilizantes y enmiendas.

El magnesio, por otro lado, puede ser un factor limitante a pesar del hecho que la planta lo toma en menor cantidad que el calcio; además, a pesar de que la concentración de ambos en la solución del suelo puede ser de la misma magnitud, la cantidad adsorbida de magnesio es generalmente menor, y las adiciones infertilizantes o enmiendas son también menos frecuentes.

El sodio y sus fertilizantes

Aunque el sodio constituye una fracción considerable de la corteza terrestre, 2.6 por ciento, su presencia en el suelo es en cantidades pequeñas y a veces restringida en regiones áridas y semiáridas. En suelos de regiones húmedas, el sodio es fácilmente lixiviado; pues es uno de los iones metálicos de menor capacidad de retención por la fracción coloidal.

El sodio es un elemento dispersante de la parte mineral y orgánica del suelo, afectando seriamente la estructura general del mismo; por lo que su presencia no es muy deseada.

El sodio en la planta. El sodio no es esencial para la planta a pesar de que su presencia tiene un marcado efecto en el crecimiento de algunas especies. No se conoce con certeza su rol específico en la fisiología de la planta; observaciones muestran que puede substituir al potasio en algunas funciones. Cuando se le aplica a suelos deficientes en potasio, puede liberar algo de potasio adsorbido por la fracción coloidal y hacerlo disponible para la planta.

El sodio en el animal. El sodio sí es un elemento esencial para el animal, manteniendo el balance ácido - base de su cuerpo y es responsable por la presión osmótica de los fluidos extra celulares. Como estos fluidos disminuyen con la edad, en el animal adulto hay una reducción en el contenido de sodio. También facilita la formación de jugos digestivos, permitiendo un normal flujo de saliva, jugos gástricos y otras secreciones intestinales.

Fertilizantes de sodio. Como el sodio no es un elemento esencial para la planta, en realidad no se dispone de fertilizantes específicos para este elemento y en algunos puede estar presente como constituyente secundario. Por esta razón, las necesidades del animal son atendidas suministrándole sal común en su dieta diaria.

El azufre y sus fertilizantes

El azufre en el suelo. La fuente original de azufre en la mayoría de los suelos son los sulfuros de metales contenidos en rocas plutónicas, las que por meteorización se descomponen y los sulfuros son oxidados a sulfatos y liberados en esta forma. A su vez, los sulfatos pueden ser precipitados en forma de sales solubles e insolubles en regiones áridas y semi-áridas, o absorbidas por microorganismos del suelo, o reducidos a sulfuros o azufre elemental en condiciones anaeróbicas. Parte de los sulfatos también son eliminados en las aguas de drenaje.

Otra fuente de azufre es la atmósfera, especialmente en áreas próximas a centros industriales que utilizan productos conteniendo este elemento y lo eliminan a la atmósfera en forma de anhídrido sulfuroso (SO_2). La mayor parte del mismo es luego llevado a tierra por el agua de lluvia.

En la mayoría de los suelos cultivados, el azufre se encuentra en la forma orgánica, pues como componente de proteínas de la parte vegetal de la planta, al retornar al suelo y ser convertido en humus, una gran fracción de azufre permanece en combinaciones orgánicas. Esta es su forma característica en suelos de regiones húmedas. Por el contrario, en aquellas regiones áridas se le encuentra en estado de sulfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio.

El azufre en la planta. El azufre es un elemento que compite en importancia con el nitrógeno y fósforo en la formación de proteínas, además de ser un componente integral de ciertas vitaminas y enzimas. Se encuentra también presente en el aceite de ciertas plantas. En condiciones de insuficiencia el rendimiento se ve seriamente afectado. Suelos originalmente de alto contenido de azufre se reportan hoy como deficientes debido principalmente a cualquiera de las siguientes causas:

1. Aumento en el uso de fertilizantes de alto análisis carentes de azufre en su composición.
2. Aumento en el uso de combustibles de bajo contenido de azufre y mayor control en lo relacionado a prevención de contaminación ambiental; por consiguiente, hay una disminución en la concentración de anhídrido sulfuroso en la atmósfera.
3. Disminución de uso de azufre como insecticida y fungicida.

Además de su importancia en la nutrición mineral de la planta, el azufre tiene otros usos agrícolas de importancia, como la corrección de suelos salinos y alcalinos. También es componente de varios pesticidas y fungicidas.

El azufre en el animal. Como constituyente de proteínas, el azufre también se encuentra presente en el organismo animal; sin embargo, no es frecuente su deficiencia en el animal, especialmente si su dieta contiene suficientes y adecuadas proteínas. Es decir que la planta constituye la fuente principal de azufre para el animal, a pesar de que los rumiantes pueden también sintetizar proteínas a partir de sulfatos inorgánicos y en menor escala, a partir de azufre elemental.

Fertilizantes de azufre. El azufre se encuentra como componente secundario de numerosos fertilizantes como los superfosfatos, varios sulfatos y otros; por ejemplo el azufre en polvo y algunos compuestos líquidos como el anhídrido sulfuroso.

La mayoría de las plantas requieren aproximadamente la misma cantidad de azufre elemental que fósforo, de ahí que una relación adecuada P/S sería 1.3/1.0 ó 1.0/1.0. En el caso de fertilizantes nitrogenados la relación N/S de 4.0/1.0 sería la adecuada.

Los elementos menores

La mayoría de los elementos menores, tales como boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc han demostrado ser de importancia para el establecimiento y mantenimiento de pasturas. Otros como el cobalto y yodo son de particular importancia para la salud de los rumiantes. El selenio y flúor, a pesar de no ser esenciales para la planta o animal, a veces se encuentran en concentraciones tóxicas en la planta. También se han reportado respuestas a vanadio, tungsteno y níquel; el primero porque puede substituir el molibdeno, así como el bromo al cloro.

En algunos casos, se han establecido roles específicos, particularmente cuando el elemento es constituyente esencial de alguna enzima; en otros, el rol es incierto, aunque es probable que cada elemento cumpla varios roles.

La concentración absoluta o relativa de elementos menores puede variar entre límites amplios en plantas aparentemente sanas. Se han hecho muchos intentos para correlacionar la concentración con síntomas de deficiencia o toxicidad, en cuyo caso el análisis químico de la planta es con frecuencia útil para el diagnóstico y el conocimiento de la composición cuantitativa es útil desde el punto de vista de la nutrición animal.

La distribución de los elementos menores en la planta es importante por varias razones. Si un nutrimento es móvil dentro de la planta y por consiguiente puede ser translocado allí donde se le necesita, su concentración puede ser mayor en unos órganos más que en otros y en términos de materia seca, aquellos órganos jóvenes y en activo crecimiento mostrarán la mayor concentración. Los elementos menores no son mó-

viles y una vez que son depositados en un órgano, permanecen ahí aún cuando termina su crecimiento activo. Por consiguiente, si el suministro de estos elementos es deficiente mientras la planta está en período de crecimiento, las partes jóvenes contendrán menor cantidad que las partes adultas o viejas. Esto significa que el análisis de la planta, en general, puede mostrar una concentración razonable, mientras que el análisis de las partes jóvenes o nuevas solamente mostrará concentraciones deficientes.

La fuente final de elementos menores la constituye el suelo. Su concentración es variable aunque por sí sola no es determinante de la absorción por la planta, puesto que muchos factores de suelo regulan dicha absorción, tales como: pH, materia orgánica, humedad, espacio poroso, textura, etc. El corregir deficiencias de elementos menores en el suelo no es fácil, particularmente debido a las pequeñas concentraciones presentes; una adición en exceso puede ser detrimental para la planta o para el animal.

Desde luego que varios factores pueden afectar la absorción de elementos menores y su concentración en la planta, como: a) el factor clima, en especial la precipitación, de la cual depende el contenido de humedad del suelo; b) el manejo o propiamente el pastoreo, cuyo efecto es principalmente en la concentración en la planta, debido probablemente a los cambios de la relación hoja-tallo y las proporciones relativas de hojas jóvenes y viejas; c) la composición botánica de la pradera afectará el contenido total de elementos menores en la pastura. En general, las leguminosas contienen concentraciones más altas que las gramíneas.

Diagnóstico de deficiencias y excesos de elementos menores

Existen varios métodos para este objeto, tales como: análisis de suelo y/o planta, inyección y aspersión, observación visual de síntomas y el uso de plantas indicadoras; ensayos de invernadero y campo.

El análisis de suelo, por sí mismo, es de poco valor como medio de diagnóstico, aún cuando puede indicar la presencia o ausencia de uno o más elementos, porque el contenido total de un elemento no siempre tiene relación con su disponibilidad, y aún, el contenido disponible o intercambiable no siempre es una indicación segura de la posible deficiencia existente. Sin embargo, el análisis de suelos es de valor cuando está asociado con ensayos de campo.

El análisis de plantas también puede ser de utilidad, aunque también tiene sus limitaciones.

El método de diagnosis más utilizado es el de observación de síntomas visuales. Aunque los rendimientos pueden disminuir considerablemente antes de la aparición de síntomas visuales, la sospecha de condiciones anormales de la planta se efectúa solo cuando ya los síntomas son visibles.

Los ensayos en invernadero son útiles para confirmar diagnósticos de síntomas visuales. Son ensayos, talvez no tan rápidos ni exactos como los análisis de laboratorio, sin embargo, son más rápidos y exactos que los ensayos de campo. Sin embargo, estos últimos tienen la ventaja de que se efectúan en condiciones reales de campo, sujeto a todos los cambios medioambientales naturales.

La determinación cuantitativa de los requerimientos de la planta debería ser el paso siguiente luego de ser detectada una deficiencia. Sin embargo, no siempre tal determinación es practicable o necesaria, aunque teóricamente es recomendable. La practicabilidad de este hecho es dudosa debido a que las necesidades de la planta pueden variar de tiempo a tiempo, aún para una misma especie y en un mismo suelo, de tal manera que los resultados obtenidos en una época con cierta recomendación no necesariamente se repetirán en otra época.

En ausencia de experiencia previa o conocimiento preciso de requerimientos, la corrección de deficiencias debe depender de la consideración de tratamientos existosos en otros lugares.

Tales tratamientos pueden incluir: a) la aplicación de sales solubles, relativamente puras y secas, sea solas o incorporadas a otros materiales fertilizantes; b) el uso de desechos industriales conteniendo elementos menores; c) aplicación de compuestos quelados o materiales relativamente insolubles; y d) aspersión de soluciones.

El uso de "frits" o vidrio molido como fuente de lenta solubilidad, de elementos menores ha tenido mucho éxito.

Excesos de elementos menores pueden reunir en forma natural o bien pueden ser causados por una aplicación excesiva o por deposición de

de humo o lluvia, particularmente en la proximidad de áreas industriales. También pueden ocurrir excesos en las cercanías de minas abandonadas y finalmente por deposición de polvo radioactivo.

En general, todos los elementos menores son tóxicos para la planta y los animales si se encuentran en altas concentraciones, aunque unas especies son más sensibles que otras.

Boro

Se encuentra en la naturaleza formando parte del mineral turmalina, que es un borosilicato, conteniendo cantidades variables de hierro, aluminio, magnesio, manganeso, calcio, litio y sodio. La liberación de boro de este mineral es muy lenta. La mayor parte del boro disponible para la planta se encuentra retenido por la fracción orgánica, siendo liberado al descomponerse la materia orgánica. Parte es tomado por la planta y parte se pierde por lixiviación; parte también es retenida por la fracción coloidal del suelo.

La cantidad necesaria para un normal crecimiento de la planta es relativamente baja y en realidad, la diferencia entre deficiencia y toxicidad no es grande. En muchas plantas una concentración menor a 0.01 ppm de boro en el suelo causará síntomas de deficiencia, mientras que más de 1 ppm puede ser tóxico.

Los efectos de deficiencia varían con el tipo de planta, edad, condiciones en que se desarrolla. Sin embargo, síntoma clásico es su efecto en el tejido meristemático, así, puede ocurrir muerte del meristemo apical, falta de desarrollo de raíces jóvenes, e hipertrofia del cambium. Estos síntomas pueden ser seguidos por una desintegración y decoloración del floema y parénquima y eventualmente por la ruptura del xilema, bloqueando así el sistema conductor de nutrimentos de la planta.

Este elemento ha sido encontrado en los tejidos de varios animales domésticos, en la leche y huevos, aunque no se tiene mucha evidencia acerca de su esencialidad para el animal.

Molibdeno

Su contenido en el suelo es muy bajo, siendo igualmente bajo el requerimiento de las plantas; aunque éste es dependiente del pH del suelo, cuanto más alcalino es éste mayor la absorción por la planta.

Las leguminosas requieren de este elemento, particularmente porque es necesario para la fijación de nitrógeno atmosférico por *Rhizolia*. En cantidades excesivas es tóxico, especialmente para el animal, en cuyo caso los síntomas son de extrema diarrea, pérdida de peso y bajos rendimientos, por ejemplo de leche.

Cobre

Su contenido en el suelo depende de su contenido en el material parental.

Su deficiencia se ha reportado en varios cultivos, aunque es predominante en aquéllos creciendo en suelos de alto contenido de materia orgánica, es decir, que el cobre parece ser retenido fuertemente por la materia orgánica.

Aunque la función del cobre en el metabolismo de la planta no es muy conocida, parece jugar un papel importante en la formación de clorofila y en la producción de enzimas oxidantes.

Se conocen varias enfermedades del ganado causadas por deficiencia de cobre en el forraje, como la denominada "muerte repentina", la cual está asociada con cambios en el músculo del corazón y se evidencia por la ocurrencia de anemia y pérdida de apetito. Las vacas pueden mostrar una esterilidad temporal. A pesar de no ser un constituyente de la hemoglobina, es uno de los elementos importantes para la utilización del hierro para la formación de hemoglobina.

Hierro

Es uno de los elementos metálicos más comunes en la corteza terrestre; sin embargo, su disponibilidad para la planta está fuertemente afectada por el pH del suelo, tanto que el contenido en la planta rara vez tiene relación con el del suelo.

Es un elemento esencial para la planta y aunque no forma parte de la molécula de clorofila, participa en su funcionamiento.

La deficiencia de hierro en la planta puede ser causada por alto pH del suelo o por altos contenidos de calcio, clorosis inducida por calcio, o por alto contenido de humedad del suelo; bajas temperaturas o desba-

lance con otros micronutrientes, especialmente cobre y manganeso. Aunque el contenido de hierro en el animal es pequeño, su importancia es vital en procesos relacionados con el transporte de oxígeno y el metabolismo celular. Cerca de dos tercios del hierro en el cuerpo se encuentra en la hemoglobina de la sangre, aunque también se encuentra en el hígado y el tejido muscular. Su deficiencia causa anemia.

Manganeso

Se encuentra ampliamente distribuido en suelos provenientes de rocas ferromagnesianas y cuya disponibilidad para la planta, al igual que la del hierro, depende muy especialmente del pH del suelo, además de otros factores tales como el contenido de materia orgánica, humedad, etc.

Es esencial para plantas; su ausencia o deficiencia en la planta afecta el metabolismo de carbohidratos, además de participar en la constitución de enzimas y en la asimilación del carbono y posiblemente en la formación de clorofila.

Su efecto en el animal no está claramente establecido.

Zinc

Se encuentra presente en los suelos en pequeña cantidad y su disponibilidad, al igual que la de otros elementos menores, depende de ciertas condiciones de suelo, como pH, humedad, materia orgánica, etc.

En la planta, posiblemente participa en la formación de clorofila, y su deficiencia afecta el desarrollo de entrenudos del tallo, formación de hojas y frutos.

Su función en el organismo animal no está claramente establecida, aunque se le encuentra en la tiroides y el hígado, por lo que se supone debe cumplir alguna función en dichos órganos.

Yodo

El yodo es uno de los elementos no esenciales para la planta pero sí para el animal. El crecimiento desproporcionado de la glándula tiroidea en el animal es un mal frecuente en regiones donde el suelo y el agua son deficientes en este elemento. Su prevención o control se efectúa supliendo al animal sal iodada.

El agua de mar es la mayor fuente de yodo y como todos los depósitos de sales son el resultado de la evaporación del agua de mar o del agua de lagos salados, es interesante comparar el contenido de yodo de estas aguas con la de aguas de regiones deficientes en este elemento.

También las algas marinas contienen altas concentraciones de yodo, así como el pescado y otros productos de origen marino.

Selenio

Este elemento es de importancia en ciertas regiones donde los suelos tienen una alta concentración y puede ser absorbido por las plantas en cantidad tal, que llega a niveles tóxicos para el animal que consume la planta. Esto ocurre especialmente en suelos de origen calcáreo y de climas áridos.

Si bien no es esencial para la planta, su importancia se ha reportado para el ganado, ya que su deficiencia da lugar al mal conocido como "distrofia muscular" y se controla suministrando selenio en forma de inyecciones subcutáneas o a través de sales de selenio.

Cobalto

Tampoco es esencial para la planta, a pesar de que en el caso de leguminosas, es requerido por el Rhizobium para la fijación del nitrógeno atmosférico. Su contenido en suelos es variable, aunque generalmente bajo.

El ganado es susceptible a deficiencias de cobalto y el síntoma más común es la falta de apetito del animal, seguido por anemia; en muchos casos los síntomas son similares a los causados por deficiencia de fósforo.

La forma más satisfactoria de controlar tal deficiencia es suministrando al animal una mezcla de 1/2 ó 1 onza de cloruro o sulfato de cobalto con 100 lb de sal.

Aplicación de Fertilizantes

Por principio, los fertilizantes son aplicados al suelo con objeto de reabastecerlo de nutrimentos que en un momento dado se encuentran en cantidades deficientes para un determinado cultivo con miras a obtener el máximo rendimiento posible, con el mínimo costo de inversión.

Existe una variedad grande de fertilizantes cuyas características físicas y químicas pueden también ser diferentes y su aplicación puede efectuarse en diversas épocas, siguiendo técnicas igualmente diferentes.

En realidad, una recomendación de fertilizantes para un determinado lugar dependerá del estado nutricional del suelo y de condiciones específicas de suelo, planta y clima, además del costo del fertilizante y de los rendimientos esperados del cultivo en cuestión.

Desde el momento que las raíces son los principales órganos por los cuales la planta absorbe nutrimentos del suelo, el conocimiento de ellas en lo que se refiere a hábitos de crecimiento debe ser profundo para una adecuada fertilización.

Una característica fundamental en la absorción de nutrimentos es el conocimiento de la capacidad de intercambio catiónico de las raíces, la cual es diferente en el caso de leguminosas que para gramíneas; las primeras poseen una capacidad de intercambio mayor y éstas poseen una mayor capacidad de absorción de cationes divalentes como Ca^{++} y Mg^{++} ; por el contrario, las gramíneas, como son la mayoría de los pastos, absorben más cationes monovalentes como K^+ . Es muy posible que esta característica de las raíces ayude a explicar la afinidad de los pastos con el potasio, así como la de leguminosas por el calcio.

También es de importancia conocer la extensión de las raíces tanto vertical como horizontalmente para definir técnicas de aplicación; un método útil para obtener tal conocimiento es el uso de isótopos radioactivos como el ^{32}P , el cual se inyecta en el suelo a diferentes distancias de la planta y luego puede ser detectado en la planta misma.

Entre las características de suelo más importantes para una efectiva fertilización está el conocimiento de propiedades físicas y químicas; entre las primeras es fundamental el aspecto de porosidad o condiciones de

humedad y aeración del suelo, puesto que solamente en condiciones de un buen funcionamiento de las raíces de la planta se puede esperar una respuesta a la aplicación de fertilizantes.

El aspecto químico del suelo es de importancia secundaria a la vez que es el de más fácil corrección, y en este aspecto es de primordial importancia determinar no solamente la concentración absoluta de los nutrientes, sino también la concentración relativa entre ellos, tales como las relaciones N/P, Ca/Mg, Mg/K, Ca + Mg/K; éstos entre los elementos mayores y otros existentes entre los elementos menores.

Además de características de planta y suelo, se requiere conocer las de los fertilizantes. La exigencia de uno u otro tipo de material depende de: a) contenido de nutrimento; b) costo por unidad de elemento puro; c) ausencia de compuestos tóxicos; d) disponibilidad; e) contenido de humedad; f) higroscopicidad; g) reacciones con otros materiales; h) tamaño de partículas; i) forma química, especialmente en el caso de fertilizantes nitrogenados, si se encuentra bajo la forma de N-NO_3^- ó de N-NH_4^+ .

Ciertas propiedades indeseables de ciertos fertilizantes tales como higroscopicidad y endurecimiento pueden ahora ser controlados con el uso de acondicionadores y otros tratamientos como el de aplicación de sustancias de revestimiento de las partículas individuales del fertilizante utilizando materiales como cal, azufre, algunos plásticos, etc.

También los fertilizantes a emplear pueden ser de tipo simple o en mezclas, los que a su vez pueden ser de tipo mezcla física o mezcla química. Los primeros, o mezcla física, consisten de materiales que pueden ser identificados y separados a simple vista, mientras que los de mezcla química son aquellos que previa a la granulación sus componentes son disueltos en una mezcla conjunta y luego sometidos al proceso de granulación, de manera que cada gránulo o partícula individual lleva en sí los componentes de la mezcla en cuestión; son los llamados también fertilizantes granulados o peletizados. Estos son de fácil manejo y en su mayoría libres de ciertas características como higroscopicidad, especialmente.

Existen otros fertilizantes y son los llamados fertilizantes líquidos cuyo uso sin embargo, no está difundido para pastos.

Finalmente, cuánto fertilizante debemos aplicar? Esto dependerá de la eficiencia del material escogido, del tiempo y método de aplicación; además, en el caso de pastos y en especial en el caso de pastos sometidos a un sistema de pastoreo, se hace necesario determinar el efecto del animal en la pastura, no solamente desde el punto de vista de efecto mecánico como pisoteo, sino también el efecto químico-nutricional, por cuanto el animal retorna al suelo nutrientes contenidos en las heces y orina especialmente, cuya cantidad total dependerá del número de animales en pastoreo, peor que considerada en términos de fertilizante puede ser apreciable, en especial en el caso de nitrógeno. Por consiguiente, la experimentación juega un papel de importancia en la aclaración de un sinnúmero de incógnitas que pueden aparecer en el manejo adecuado de pasturas.

LITERATURA CONSULTADA

1. BARTHOLOMEW, W. V. y CLARK, F. E. Soil nitrogen. American Society of Agronomy. 1965. 615 p.
2. BIXBY, D. W. et al. Phosphatic fertilizers, properties and processes. The Sulphur Institute. Tech. Bull. 8. 1966. 85 p.
3. ————. Adding plant nutrient sulphur to fertilizer. The Sulphur to fertilizer. The Sulphur Institute. Tech. Bull. 10. 1964. 41 p.
4. C.S.I.R.O. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures. Commonwealth Agricultural Bureau, Bull. 46. 1962. 185 p.
5. CUNHA, T. J. y PACE, J. E. Beef cattle short course on pasture fertilization and irrigation. Univ. of Fla., Gainesville, 1-10, 33-38, 101-107, 130-134. 1967.
6. FRIED, M. y BROESHART, H. The soil-plant system. Academic Press, Inc. 119-276. 1967.

7. GILBERT, F. A. Mineral nutrition of plants and animals. Univ. of Oklahoma Press. 1948. 131 p.
8. HOFFMAN, C. F. et al. Soils, crops, minerals, animals. In Grass. 1948 Yearbook of Agriculture. U.S.D.A. 81-85. 1948.
9. KELLOGG, C. E. Grass and the soil. In Grass. 1948 Yearbook of Agriculture. U.S.D.A. 49-54. 1948.
10. KILMER, V. J. et al. The role of potassium in agriculture. American Society of Agronomy, 1-60. 1968.
11. SAUCHELLI, V. Trace elements in agriculture. Van Nostrand Reinhold Co. 1969. 247 p.
12. TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers. The MacMillan Company. 1970. 694 p.
13. THE SULPHUR INSTITUTE. Sulphur, the essential plant nutrient. 1967. 29 p.
14. WHITEHEAD, D. C. The role of nitrogen in grassland productivity. Commonwealth Agricultural Bureaux, Bull. 48. 1970. 202 p.
15. WILLIAMS, R. D. Minor elements and their effects on the growth and chemical composition of herbage plants. Commonwealth Agricultural Bureaux. 1963. 89 p.

LA CELULA VEGETAL

Dr. R. G. Poultney*

Una célula vegetal puede ser dividida convenientemente en dos partes:

1. El protoplasto, encerrado por la pared celular.
2. La pared celular.

El protoplasto también puede separarse en dos partes:

- a. El protoplasma.
- b. Las sustancias ergásticas.

El protoplasma provee el medio complejo donde se llevan a cabo simultáneamente una gran variedad de reacciones. Todas las células respiran. La respiración es un proceso metabólico por medio del cual se moviliza la energía. En su forma más simple, la respiración involucra la degradación de azúcar en óxido de carbono y agua con la absorción de oxígeno. Esto ocurre en dos amplias fases, la primera que puede funcionar en la ausencia de oxígeno y la segunda en la que los fragmentos de moléculas de azúcar quedan convertidas en anhídrido carbónico y agua. Esta funciona solamente en la presencia de oxígeno.

* Especialista en Nutrición de Plantas. Proyecto de Pastos y Forrajes. Panamá.

El protoplasto de una célula joven está compuesto casi enteramente por protoplasma, que eventualmente toma una posición periférica, mientras que el centro del protoplasma está ocupado por el vacuolo.

El protoplasma está organizado en lo que nos podemos imaginar como un número de compartimientos en los que se llevan a cabo las reacciones complejas. En células vegetales maduras, el citoplasma es un sistema heterogéneo donde una serie de distintas inclusiones se encuentran instaladas en el mesoplasma o líquido hialínico que se compone de proteína, fosfolípidos e hidratos de carbono solubles. El mesoplasma se encuentra entre dos membranas limítrofes. La membrana exterior, que protege la parte exterior del citoplasma es el ectoplasto o plasmolema, y la membrana interior que separa el citoplasma y el vacuolo es el tonoplasto. El mesoplasma está organizado, además, por el retículo endoplásmico y los dictiosomas, dos sistemas adicionales de las membranas.

Las inclusiones de partículas en el citoplasma pueden clasificarse en tres grupos: los que son componentes integrales del sistema metabólico y por esta razón del protoplasto; los que se incorporan por medio de productos de actividad metabólica; los que pueden ser precursores de los otros dos tipos de inclusiones.

Las inclusiones metabólicamente activas son la mitocondria, los microsomas, los proplastidios, y en algunas células los cloroplastos.

Los cloroplastos se encuentran generalmente en células fotosintéticamente activas, mientras que los microsomas y mitocondria ocurren en todas las células. Los cloroplastos son siempre de color verde ya que su rasgo más característico es que contienen clorofila y también pueden contener grana.

Las inclusiones inactivas del citoplasma que incorporan productos terminales del metabolismo son los cromoplastos, granos de almidón, gotas de grasa, granos de aleurona, que en general se conocen como cuerpos ergásticos, están en forma de cristales y pueden formarse también en el vacuolo.

El vacuolo puede considerarse como una inclusión líquida del protoplasto, que está separada del citoplasma por el tonoplasto, que es relati-

vamente impermeable para muchos solutos y aunque éstos pueden ser transportados al vacuolo, no se difunden con facilidad de vuelta en el citoplasma. En muchas células vegetales maduras el citoplasma encierra un vacuolo central simple, pero durante el desarrollo varios vacuolos pueden estar presentes y frecuentemente en el estado final ya maduro, el vacuolo único puede quedar transversado por tendencias citoplásmicas. El vacuolo está lleno de una solución acuosa de sales, azúcares, aminoácidos y puede contener pigmentos, como por ejemplo antocianina.

Una célula normalmente contiene un núcleo encerrado por una membrana exterior que está asociada con el retículo endoplásmico. El interior del núcleo está dividido en tres estructuras u orgánulos. La primera es un material líquido claro llamado cariolinfa que en su mayor parte está compuesto por aminoácidos. La segunda estructura organizada es el nucleolo que tiene una forma de esfera, y probablemente contiene RNA (ácido ribonucleico). En el material remanente parece encontrarse el DNA (ácido desoxiribonucleico).

El núcleo puede estar suspendido en el vacuolo por medio de finos hilos citoplásmicos que se extienden desde el citoplasma periférico, pero en general ocupan una posición exterior con una apariencia un poco achatada, debido a comparaciones del tonoplasto.

El núcleo y citoplasma juntos son considerados como componentes vivos de la célula que transmiten las características metabólicas y hereditarias del organismo.

HISTORIA. ORIGENES DE FISILOGIA VEGETAL. OBJETIVOS Y RELACION CON OTRAS CIENCIAS

Es imposible decir quien hizo las primeras observaciones de fisiología vegetal. Pero sabemos que en el siglo primero, Plinio en sus ensayos menciona que las plantas crecen mejor cuando tienen un suministro de cenizas de leña. Esta es una de las primeras declaraciones registradas con respecto a la función y crecimiento de plantas. Sin embargo, entre aquella época y los fines del siglo XVII, existe poca evidencia de trabajos que interroguen los orígenes de materia vegetal.

Muchos consideran a Saussure como el que con más derecho debe ser reconocido como el fundador de la fisiología vegetal moderna. Su gran obra "Recherches Chimiques sur la Vegetation" (1804) traza muchas de

las funciones fisiológicas un poco perdidas en la neblina de los tiempos de antes. Saussure marca la apertura de un período de cuidadosa investigación, basada en un sistema racional de química y un lógico interés en experimentación. Como dijo en su prefacio, "Ataco los problemas que pueden ser decididos por medio de experimentación y abandono los que pueden presentar solo conjeturas".

Por ende, podemos resumir diciendo que aunque la fisiología vegetal nació en el siglo XVII, recién en el siglo XVIII tomó sus primeros pasos tentativos; comenzó a desarrollarse en el siglo XIX; llegó a su adolescencia alrededor de 1860 y apareció como un personaje adulto y completo a mediados del siglo XX.

Ahora podemos preguntarnos qué es realmente la fisiología vegetal. Por derivación, fisiología quiere decir estrictamente "un discurso sobre la naturaleza", "un discurso sobre la naturaleza de plantas", es un título bastante amplio que abarca casi todos los tópicos relacionados con botánica. Como todas las ramas de ciencias naturales, la materia pasó por sus primeras fases de observación, llegó a ser una ciencia por medio de medidas cuantitativas y la colección de conocimientos obtenidos de esta manera se convirtió en generalizaciones. Pero se basa mayormente en la aplicación de la física y química a la interpretación del comportamiento de las plantas. Sin embargo, el fisiólogo vegetal se interesa no sólo por la física y química que presenta el problema. Las plantas y sus células son sistemas altamente organizados. Es en la complejidad de su organización que reside la mayor parte del desafío a la tarea.

Los problemas de fisiología vegetal fueron considerados primeramente al nivel de plantas y órganos enteros, luego al nivel de células, pero ahora existe una conciencia cada vez mayor de la heterogeneidad de células y de la importancia de sus inclusiones.

Actualmente es casi axiomático que la fisiología vegetal es considerada en términos del comportamiento de organelas y en relación a la íntima sub-microscópica estructura de células y sus inclusiones. Ciertamente, un acontecimiento dramático de los tiempos modernos es la unión de la antigua brecha entre genética por un lado y fisiología y bioquímica por el otro. No es posible ahora trabajar plácidamente con respuestas fisiológicas como si los organismos respondiesen solamente a su ambiente, a sus estímulos y nutrimentos. En una medida que siempre va aumentando, su respuesta también está condicionada a su herencia. Es

ta vigorosa rama de investigación biológica ha traído a la fisiología vegetal el modo de disectar conductos de metabolismo y etapas en el desarrollo en etapas discretas que están sujetas al control hereditario por medio de la relación gen-enzima. Esta conexión ha llegado a ser tan íntima que los genetistas, enzimologistas, fisiólogos y bioquímicos a menudo trabajan ahora en un tipo de "terra incognita", en la que los problemas varían desde el origen de vida y cómo se produce la proteína, hasta la naturaleza de los genes y de algunas partículas y la acción de éstos en su control regulador del desarrollo y del metabolismo. En este campo todavía relativamente virgen, algunos puntos han sido reconocidos que llevan nombres poco conocidos como RNA, DNA, núcleo proteíno.

Cada vez más, se hace más claro que ninguna función fisiológica por sí sola puede ser comprendida completamente si es considerada aisladamente de otras. El metabolismo se concibe actualmente en términos de sistemas entrelazados, cíclicos, que tienen lugar reversiblemente en un sistema que rara vez es estático, pero que en vida es intensamente dinámico. Además, en células que ya no son consideradas como solamente fabricantes de calor, el modo por el cual esta energía liberada metabólicamente puede ser combinada para hacer trabajos provechosos en el organismo, puede ser discutido en términos de las varias moléculas por las cuales la energía es transmitida directamente hacia fines específicos.

Pero el trabajo principal es describir y explicar cuál es el funcionamiento de las plantas. Luego que las circunstancias particulares, reacciones o procesos son descritos separadamente, el fisiólogo vegetal moderno debe todavía tratar de abarcar todo este conocimiento en términos de la organización de las plantas; en términos de las orgánulas, las células, los tejidos, los organismos en los cuales ocurren los procesos fisiológicos.

Descripción general de la biología de una célula vegetal madura

"Los procesos vitales de células individuales forman la primera base indispensable y fundamental para la fisiología vegetal y la fisiología comparada en general. Cada célula lleva una doble vida: una perteneciente a su propio desarrollo, la otra incidental como parte integral de una planta". En otras palabras, la actividad de una célula es modificada por

el ambiente creado por las otras células en el agregado y por lo tanto, la actividad del organismo integrado no es simplemente la expresión aditiva de células individuales.

La célula es una estructura muy compleja, una estructura viviente. Es la unidad estructural y funcional de una planta. Dentro de esta microscópica sustancia viviente están ocurriendo numerosos procesos físicos y químicos simultáneamente. Antes de considerar en detalle las funciones de una unidad celular debemos considerar primero su composición. Por conveniencia, una célula vegetal puede ser dividida en dos partes. Primero el protoplasma que está encerrado por la pared celular y segundo la pared celular misma.

Protoplasto

El protoplasto puede ser dividido en dos porciones algo superficiales: 1) el protoplasma, y 2) las sustancias ergásticas.

Protoplasma

El protoplasma es el material básico de la vida. En él tienen lugar las secuencias ordinarias de eventos responsables por el mantenimiento del estado vivo. Todas las células respiran y la respiración es un proceso donde los materiales orgánicos son literalmente quemados para dar energía a los procesos de síntesis. El protoplasto de una célula joven está compuesto casi enteramente por el protoplasma. A medida que la célula se diferencia el protoplasma toma una posición periférica y el centro del protoplasto es ocupado por una solución acuosa de sales, azúcares y otros materiales. Esta región acuosa es conocida como el vacuolo.

Entre las sustancias disueltas en el vacuolo se encuentran las siguientes: 1) gases atmosféricos, incluyendo nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono; 2) soluciones inorgánicas tales como nitratos, sulfatos, fosfatos y cloruros de potasio, sodio, calcio, hierro y magnesio; 3) ácidos orgánicos tales como oxálico, cítrico, málico, tartárico; 4) sales de ácidos orgánicos; 5) azúcares como glucosa y sucrosa; 6) proteínas solubles en agua, alcaloides y ciertos pigmentos, por ejemplo antocianina.

Generalmente el jugo celular es ligeramente ácido y la concentración varía de célula a célula. Puede variar en la misma célula dentro del cur-

so de la vida de ésta. Los pigmentos más importantes del vacuolo son las antocianinas. Estos pigmentos son responsables por el color rojo de de las raíces y hojas de la remolacha y el rojo púrpura o azul de pétalos de muchas flores y otras plantas.

El protoplasma de la célula que se está diferenciando está ligado en el exterior por la pared celular y rodea internamente al vacuolo. Una diferenciación posterior del protoplasma consiste del núcleo rodeado por un material conocido como citoplasma. En el citoplasma encontramos partículas citoplásmicas especializadas conocidas como plástidos y mitocondria. Una diferenciación posterior es evidente en el hialoplasma que contiene por lo menos dos sistemas de membranas conocidas como retículo endoplásmico y dictiosómico. El núcleo está limitado por un sobre y contiene un fluido conocido como cariolinfa. El total de la formación química de estos materiales son agrupados generalmente por una conveniencia en la categoría de sustancias orgánicas. El núcleo es un cuerpo protoplásmico muy importante, presente en toda célula viviente excepto células maduras conductoras de nutrimentos (miembros de tubos reticulados) de las plantas superiores y de las células rojas de la sangre de muchos animales. En tejidos que han sido muertos y coloreados, una estructura muy definida se vuelve evidente en el núcleo. Esta es el nucleolo. El núcleo está rodeado por una membrana que no es distinta pero ha sido encontrada por mucho tiempo en éste y aparece como doble y compuesta de poros. La totalidad del núcleo está dividido en tres estructuras u orgánulos. El primero de estos es probablemente material fluido que no se colorea y que no es visible en un microscopio de luz. Este, al que nos hemos referido antes, es conocido como cariolinfa. La segunda estructura organizada en el núcleo es un cuerpo esférico que a menudo se colorea fuertemente y se llama el nucleolo. Muchos núcleos contienen dos o a veces tres nucleolos. El RNA (ácido ribonucleico) parece estar localizado en el nucleolo. El DNA (ácido desoxiribonucleico) parece estar localizado en el material remanente del núcleo en reposo. El material que contiene DNA aparece en forma de finos hilos que constituyen el retículo. Estas unidades de retículos filiformes son llamados cromosomas, que consisten en regiones localizadas, minúsculas, llamadas genes.

La pared celular

El protoplasto está rodeado por el ectoplasto o la membrana citoplásmica. Alrededor de esa membrana y rodeando el protoplasto entero se

encuentra una pared rígida. La pared es secretada por el protoplasma que encierra. Los protoplastos en general están separados el uno del otro por paredes; estas paredes están unidas por una sustancia intracelular llamada la lamela del medio, que se distingue por contener pectosas y ciertas otras sustancias. La primera pared está totalmente formada por el protoplasto y está mayormente compuesta de celulosa. El envejecimiento de la célula puede causar que el protoplasto deposite más material sobre la pared principal. De esta manera se forma una segunda pared y finalmente la célula madura puede llegar a tener una pared completa con un espesor muchas veces mayor que el de la pared principal. En algunos tejidos la segunda pared está estratificada y compuesta de varias capas. En otros, las células no forman material para paredes secundarias en el cual hasta la pared común entre dos protoplastos adyacentes se compone de la lamela del medio con material de la pared principal de cada lado. La pared secundaria puede ser celulosa o de celulosa impregnada de otras sustancias. Algunas de estas sustancias, principalmente lignina proporcionan la dureza a la leña. Otras como la suberina y cutina tienen las características de la cera y protegen las hojas y los tallos de la pérdida de agua. Además, hay otros materiales que pueden entrar a formar parte de la pared celular, por ejemplo gomas, taninos, minerales, pigmentos, proteínas, grasas y aceites. Debemos destacar que en tejidos duros y maduros, como madera, el lignino puede ser depositado no sólo en la pared secundaria sino también en la pared primaria y la lamela mediana.

Aunque las paredes celulares varían considerablemente en su composición en las distintas especies y de una parte a otra en la misma planta, la celulosa constituye el porcentaje más grande del material que compone las paredes celulares; está elaborada por el protoplasto. Aparte de la celulosa, la sustancia más común y que más a menudo se encuentra en las paredes de células vegetales es lignino, un material que añade a su dureza. Por medio de tratamientos químicos apropiados, la celulosa y el lignino pueden ser separados. Por ejemplo, cuando la madera es tratada con ácido sulfúrico, la celulosa cambia y llega a ser soluble en agua mientras que el lignino queda como un precipitado insoluble. La suberina es una sustancia cerosa especialmente asociada con celulosa en las paredes de células de corcho. Ya que ni el agua ni los gases pueden pasar a través de la suberina, el tejido de corcho es excelente como protección contra una pérdida excesiva de agua.

RESPIRACION

El metabolismo de la célula es un proceso cíclico que comprende una serie de reacciones de síntesis y también una serie de reacciones de degradación. Estas dos constituyen las fases anabólicas y catabólicas respectivamente. En términos clásicos, la energía liberada en las reacciones de degradación es consumida en la formación de compuestos que promueven el crecimiento y la expansión. En este sentido, las reacciones catabólicas están limitadas a procesos en los cuales ocurre una liberación de energía, y las reacciones anabólicas a procesos en los cuales los componentes son sintetizados para formar compuestos permanentes de un sistema de expansión. Probablemente cada componente estructural está sujeto a una continua degradación y recomposición.

En el proceso cíclico del metabolismo, los componentes químicos de los elementos estructurales tales como pared, citoplasma y núcleo están continuamente siendo liberados y descargados en forma soluble al pool metabólico. De este pueden transferir a otras células, o luego de una posterior degradación al medio ambiente, con el consiguiente desperdicio. Por supuesto, todo no es perdido y parte es arrastrado a la secuencia metabólica; pero la pérdida de una parte implica que la síntesis que mantiene un estado estructural constante debe depender de fragmentos suplidos por otra fuente. El proceso de síntesis, sin embargo, comprende otra necesidad, es decir, una fuente de energía. La energía de la respiración es aplicada a síntesis. Por lo tanto, con propósitos analíticos, podemos reconocer las siguientes fases del ciclo: a) degradación de componentes estructurales, b) respiración, c) mecanismo de transferencia de energía, y d) síntesis.

El término respiración fue usado para indicar el intercambio de gases entre un organismo y su medio ambiente.

En su forma más simple ocurre en dos amplias fases que pueden proseguir en ausencia de oxígeno y en la que la molécula de azúcar de 6-carbonos es degradada en un número de fragmentos similares. En la segunda, todos estos son arrastrados a un ciclo de oxidación en el cual se convierten en anhídrido de carbono y agua, hecho que ocurre solamente en presencia de oxígeno. En conjunto, estos procesos se conocen como catabolismo.

La primera fase puede tomar una de dos formas que pueden involucrar la degradación del azúcar en fragmentos con 3 carbonos en el proceso de glicólisis, que es similar a la fermentación, o puede involucrar la oxidación directa del azúcar. El proceso glicolítico depende de la repetida fosforilación y produce trifosfato de adenosina (ATP). En la fase inicial la molécula de azúcar es esterificada para dar difosfato de fructosa. Luego de este estado, la hexosa es dividida en dos fragmentos con 3 carbonos seguida por una posterior fosforilación de cada fragmento. En una etapa posterior de proceso, se genera ácido pirúvico, pero antes de ésto, cada grupo fosfato es transferido a difosfato de adenosina (ADP) con la formación de trifosfato de adenosina, la liberación del cual constituye un aspecto importante y decisivo de la respiración.

En la glicólisis un mol de azúcar es convertido a dos moles de ácido pirúvico. El ácido pirúvico en presencia de oxígeno puede sufrir una posterior degradación a acetato. En la ausencia de oxígeno el ácido pirúvico es convertido a alcohol con la formación intermedia de alcohol.

En presencia de oxígeno, los productos finales de glicólisis y por oxidación directa son degradados a un ciclo ácido llamado a veces el ciclo de Krebs. En éste, queda involucrado un proceso cíclico en el cual la conversión de un ácido en el siguiente ocurre con la eliminación tanto de hidrógeno como anhídrido de carbono y en el cual un ácido derivado de productos de la primera fase es regenerado en el curso del ciclo.

La siguiente fórmula presenta el ciclo en un esquema general:

1. Fumarato + H_2O → Malato
2. Malato + $1/2 O_2$ → Oxaloacetato + H_2O
3. Oxaloacetato + Piruvato + $1/2 O_2$ → Citrato + CO_2
4. Citrato + $1/2 O_2$ → α Cetoglutarato + CO_2
+ H_2O
5. α Cetoglutarato + $1/2 O_2$ → Succinato + CO_2
6. Succinato + $1/2 O_2$ → Fumarato + H_2O



La completa oxidación de una molécula de azúcar implica, como hemos visto, una serie compleja de reacciones. Algunas de éstas, particularmente las de glicólisis, tienen lugar en el citoplasma de la célula. Otras, particularmente aquellas que implican la oxidación aeróbica del ácido pirúvico (el ciclo ácido) son realizadas en el mitocondrio. Durante la vida de la célula, hay un continuo pasaje de moléculas a través de las membranas del mitocondrio. El ácido pirúvico, iones de fosfato inorgánico, y moléculas ADP son tres sustancias importantes que penetran en el mitocondrio desde el mesoplasma. El ATP es por lo tanto el principal instrumento por medio del cual la energía es movilizadada en la respiración y transferida a reacciones de síntesis. Un factor que afecta la intensidad de formación es el grado de aereación.

Por ejemplo, si una célula está en período de descanso y no está usando energía rápidamente, la mayor parte de su ADP puede convertirse en ATP. Si la célula es estimulada a sintetizar nuevos materiales, ATP es utilizado en estas reacciones y ADP y fosfato inorgánico se hacen disponibles para el mecanismo de la respiración, en el cual pueden ser sintetizados nuevamente en ATP, acumulando más energía.

Síntesis

Síntesis está restringida a la formación de proteínas que son no solamente los componentes estructurales principales del protoplasto, sino que son también el vehículo de las propiedades catalizadoras de la célula. La síntesis de proteínas implica la elaboración de elementos estructurales y también la elaboración de mecanismos de los cuales depende el metabolismo, o por definición, anabolismo.

La síntesis de polipéptidos requiere la previa síntesis de aminoácidos y éstos a su vez dependen del suministro de cadena de carbono por el ciclo ácido de respiración, y de formas reducidas de nitrógeno, probablemente amoníaco. El amoníaco puede ser absorbido por la célula directamente del medio ambiente como ión amonio o puede ser producido por reducción de nitrato el cual es a su vez absorbido del medio externo. Normalmente el amoníaco está combinado directa o indirectamente con uno de los productos del ciclo ácido, principalmente el ácido pirúvico, ácido oxaloacético.

La evidencia de que ATP está implicada en las síntesis de la cadena péptica es considerable ya que la unión de aminoácidos, para formar proteínas, implica la síntesis de péptidos. Sin embargo, el mecanismo involucrado es poco conocido.

Un factor decisivo en la síntesis de proteínas es posiblemente la participación de ácidos nucleicos.

Para la síntesis neta de proteína se requieren ambos: RNA y DNA. Hay evidencia que la base inmediata para proteínas puede ser el RNA y que el DNA produce la síntesis de RNA, aunque alguna síntesis puede ocurrir con RNA solamente. Sin embargo, la reacción se realiza más rápidamente y por más tiempo cuando los dos ácidos están presentes.

Distribución de las actividades metabólicas

Las diferentes partes de la célula involucran evidentemente diferentes sistemas enzimáticos. Estos, sin embargo, son seguramente interdependientes y las líneas generales del sistema de interacción pueden ser considerados en términos del metabolismo del azúcar y de los iones nitrato. Estas dos sustancias son absorbidas de otras células o directamente de un medio externo y ambas, antes de llegar al citoplasma, deben atravesar el plasmolema externo o ectoplasto. Cuando el nitrato alcanza el citoplasma, una parte es metabolizada, siendo reducido e incorporado en aminoácidos y una variedad de compuestos nitrogenados solubles; mientras que otra parte puede ser eventualmente descargada a través del tonoplasto en la vacuola. El ión nitrato o sus productos de reducción pueden acumularse en la vacuola.

El azúcar que es absorbido dentro del citoplasma reacciona en algún momento con un catalizador en el plasmolema.

El ATP y compuestos similares que se generan en el mitocondrio escapan de allí, llegan al citoplasma y allí se vuelven disponibles a otras orgánulas que también se encuentran en esta fase como los microsomas y el núcleo. Parte del ATP es absorbido probablemente dentro del núcleo y allí sirve para las reacciones de síntesis de este cuerpo.

NUTRICION INORGANICA DE LAS PLANTAS

Al considerarse el sorprendente y reducido número de elementos de la tabla periódica que forman la sustancia de las plantas, el agua y el anhídrido carbónico pueden ser y son generalmente tratados separadamente. Los elementos restantes son de origen mineral. El agua, sin embargo, no es generalmente considerada como un nutrimento a pesar de ser el constituyente molecular más abundante en células y organismos. Por ejemplo, la célula de una raíz de zanahoria puede contener cerca de 10^{17} moléculas de agua y alrededor de 10^8 moléculas de proteína, partiendo de un supuesto pero probable promedio de peso molecular. Un nutrimento puede describirse como aquella sustancia que nutre, y a partir de la cual se construye el material de la planta. En este sentido, el agua ejecuta un papel de nutrición esencial. En efecto, puede decirse que como el porcentaje de agua es tan alto, la menor cantidad de materia mineral y la mayor, pero no obstante, aún pequeña, cantidad de materia orgánica que constituyen la planta, imparten a la masa de agua que ésta contiene, las propiedades distintivas por las cuales el organismo es reconocido. Difícilmente uno puede concebir la existencia de vida sin agua.

Existe una gran distancia desde la teoría de Aristóteles sobre la tierra, el agua, el aire y el fuego, hasta el concepto moderno de los 15 o más elementos esenciales: carbón, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio y hierro, y los cinco bien establecidos micronutrientes: boro, manganeso, cobre, zinc y molibdeno. En ciertas situaciones es necesario considerar los elementos esenciales o beneficiosos, a saber: cloro, sodio, sílice y vanadio. A pesar de referirnos a ellos como esenciales, es sorprendente que muchos de estos elementos químicos son dispensables, aún aquellos que abundan más en el suelo.

Los elementos más utilizados por las plantas no son ciertamente aquellos más comunes. Por ejemplo, el sodio, a pesar de encontrarse en abundancia, es tan dispensable e incapaz de reemplazar el rol esencial del potasio, que ha sido incluido sólo recientemente a la lista de elementos esenciales, por ciertas plantas. El sílice y el aluminio son también dos de los elementos químicos más abundantes en el suelo, pero salvo ciertas circunstancias especiales en las cuales pueden contribuir a los componentes estructurales de la planta, estos elementos son tam-

bién dispensables. Sin embargo, ellos entran en complejos químicos que permiten casi indefinidamente la repetición de las formas en el espacio.

Es virtualmente esencial concebir que en las primeras etapas de vida se utiliza un número mínimo de elementos, pero a medida que la especialización morfológica se desarrolla, los requerimientos se hacen más y más exigentes a medida que la vida se adapta y utiliza las propiedades especiales de una escala creciente de sustancias. Por lo tanto, puede decirse que cuanto más especializadas y avanzadas estén las células y los organismos, sus requerimientos nutricionales serán cada vez más específicos.

La fisiología vegetal y la nutrición mineral de las plantas se encaran ahora con aplicaciones prácticas intensivas que están irrevocablemente relacionadas con el destino del hombre. En muchos aspectos nuestros conocimientos de requisitos nutricionales son aún esencialmente rudimentarios, particularmente con respecto a árboles forestales y plantas y vegetación tropicales.

La idea de que no hay ninguna solución nutritiva de aplicación universal que abarque todas las condiciones ambientales y todas las fases del desarrollo de las plantas, se desarrolló lentamente. La necesidad de ver los elementos minerales esenciales, no en condiciones individuales y en papeles separados, sino también en términos de sus interacciones con cada uno de los otros minerales, y las condiciones ambientales y climáticas, se está aún desarrollando. Este concepto es potencialmente uno de los más importantes en la rama de la nutrición mineral. Por una u otra razón, tales pares de factores, como el calcio y boro, cobre y molibdeno, hierro y manganeso, zinc e insolación, necesitan ser considerados juntos porque estos complejos tienen efectos de interacción que indican que pueden estar estrechamente relacionados con el mismo tipo de actividad metabólica.

Podemos preguntar: por qué todas las células de la planta requieren los mismos nutrimentos esenciales que toda la planta? Las plantas morfológicamente diferentes, tales como plantas de día largo y día corto, o de temperatura baja y temperatura alta, requieren los mismos nutrimentos en la misma concentración?

Por qué la nutrición ha sido considerada como un requisito fijo durante todo el desarrollo de la planta? Estos son algunos de los problemas que enfrentan los investigadores en nutrición vegetal, así como aquellos pro-

blemas de consumo y acumulación de determinados iones por células, y los mecanismos de su transporte. Parecería que hay mucho lugar a nuevos trabajos y nuevos descubrimientos, pero los problemas en este campo presentan algunas dificultades especiales en logística.

Está igualmente bien reconocido que el criterio de acción nutritiva debe ser extendido para incluir el amplio rango de procesos de desarrollo y metabólicos que pueden estar afectados por nutrición, particularmente cuando los síntomas visibles de anormalidad no aparecen.

La nutrición inorgánica de las plantas puede ser definida como una función del medio ambiente durante el crecimiento y de la propia planta en sí.

Naturaleza y contenido de los nutrimentos del suelo

Es pertinente notar que un conocimiento de la naturaleza y propiedades de los coloides del suelo es esencial para un entendimiento del papel que éstos juegan en la nutrición vegetal. Las superficies coloidales tienen la propiedad de absorber iones los cuales pueden ser designados positivos (cationes), negativos (aniones), o químicos.

El concepto moderno del intercambio de cationes y aniones

Los coloides del suelo son anfóteros, lo cual significa que tienen la capacidad de fijar tanto cationes como aniones. En general ellos poseen una carga negativa neta que se presenta en dos formas. En primer término por la sustitución isomórfica de iones, y en segundo lugar por ionización de grupos hidroxilos ligados con sílice en la estructura arcillosa.

Las cargas positivas pueden originarse de hidróxidos de hierro, aluminio y manganeso. La carga eléctrica y la densidad de carga de superficie constantemente varían con el pH y a medida que la carga negativa aumenta, la carga positiva disminuye con pH ascendente. La carga eléctrica en las partículas del suelo es neutralizada por una cantidad equivalente de iones con carga opuesta. La energía de enlace depende en parte de la posición del catión absorbido en la unidad de mineral arcilloso. Así, los cationes retenidos dentro de las superficies planas, es probable que serán más fuertemente retenidos que aquellos que están sobre los bordes de las unidades. Los cationes más comunes son: divalentes, cal-

cio y magnesio: monovalentes, hidrógeno, potasio, sodio y amonio. En suelos ácidos, el aluminio puede también constituir una parte considerable de los cationes intercambiables, mientras que en suelos neutros, el calcio es el catión dominante.

Fijación de nutrimentos vegetales

Podemos definir este proceso como aquel por el cual nutrimentos vegetales solubles son cambiados a una forma menos soluble por una reacción con constituyentes orgánicos o inorgánicos del suelo o por actividad biológica. Sin embargo, es interesante notar que la fijación normalmente tiene lugar por adsorción, reemplazo isomórfico o por doble descomposición. La fijación de cationes en oposición a la fijación de aniones resulta de una difusión de los cationes dentro de la estructura cristalina de los coloides del suelo cuyo diámetro les permite ajustarse dentro de los huecos de la estructura, en cuyo caso estarían fuertemente fijados.

Suministro de nutrimentos por el suelo

Es aceptado que existen tres posibles fuentes de donde las raíces de las plantas pueden obtener nutrimentos: la solución del suelo, los iones intercambiables y aquellos minerales que se descomponen fácilmente. La solución del suelo en la cual se disuelven sales y gases es algunas veces dividida en dos secciones, la interior y la exterior. La solución interior se refiere a la humedad del suelo en íntimo contacto con las partículas coloidales del suelo, en las cuales la concentración y composición de los solutos están en equilibrio con la fase sólida. La solución externa es el líquido que ocupa los mayores espacios capilares y se considera que está más diluída que la solución en estrecho contacto con las partículas coloidales.

Se han hecho muchos intentos para igualar los cationes intercambiables de los suelos con su consumo por los cultivos y la respuesta de los cultivos a los agregados anteriores de cationes como fertilizantes. El trabajo más extensivo en predecir el contenido proporcional de las bases en las plantas por medio de mediciones en el suelo, mostró que el contenido de cationes en las plantas está relacionado primeramente a la concentración de cationes metálicos en el complejo de intercambio; en segundo

lugar a la distribución de cationes presentes y a la energía relativa con la cual los cationes son retenidos; y tercero, al requerimiento total y proporcional de cationes de diferentes especies de plantas.

Los primeros investigadores observaron las bases intercambiables estando en equilibrio con la solución del suelo y como los nutrientes fueron retirados de la solución por las raíces de las plantas, el equilibrio fue restablecido por iones intercambiables que pasan a la solución. Este concepto fue puesto en duda y una nueva teoría postuló que cuando la superficie de una raíz entra en íntimo contacto con los coloides del suelo, tiene lugar un intercambio iónico de contacto. Esto es, sin que los iones pasen a la solución. Sin embargo, esta teoría también está siendo actualmente discutida.

Elementos macronutrientes

1. **Nitrógeno.** El nitrógeno como un macronutriente es comúnmente conocido como un componente necesario de las moléculas de proteína, aminoácidos, purinas, pirimidinas y coenzimas.
2. **Fósforo.** El fósforo se encuentra como parte del grupo de fosfatos en plantas en forma orgánica e inorgánica. Es absorbido principalmente como un ortofosfato y no es reducido a un estado diferente de oxidación. Es acumulado en la planta y mantenido en concentración alta y transportado fácilmente. En caso de una deficiencia, es retirado de tejidos más viejos y translocado a células jóvenes y más activas. Este elemento juega un papel importante en la transferencia de energía, en respiración y en fotosíntesis.
3. **Calcio.** Contrariamente a fosfato, el calcio es relativamente inmóvil y no es fácilmente translocado. Las hojas viejas tienden a tener una alta concentración de calcio mientras que las hojas jóvenes muestran síntomas de deficiencia. La función de calcio está aceptada como la que mantiene la estabilidad en la configuración de la molécula de amilasa para actividad catalítica.
4. **Magnesio.** El magnesio es muy conocido como un constituyente de la molécula de clorofila y por su relación con fotosíntesis. Una insuficiencia de magnesio causa la clorosis y una pérdida de xantófilas y caroteno -los pigmentos amarillos. El magnesio también puede lle-

var a cabo fosforilación oxidativa con DPNH como el sustrato. También está involucrado en reacciones que tienen que ver con transferencias de grupos ya que participa como el transportador intermedio.

5. Potasio. El papel real del potasio todavía no se conoce, aunque es absolutamente esencial para todas las plantas. No puede ser totalmente reemplazado por sodio o litio. En plantas ocurre principalmente como sales solubles inorgánicas y se encuentra generalmente en tejido meristemático, aunque es muy móvil y puede trasladarse rápidamente de tejidos viejos a tejidos en actividad metabólica.
6. Azufre. El azufre es generalmente absorbido como el ión sulfato y una vez dentro de la planta pasa a ser reducido ya que es un constituyente de aminoácidos que incluye en primer lugar una etapa de activación que involucra ATP. En la planta es relativamente inmóvil y está bastante uniformemente distribuido.

Análisis vegetal en relación al requerimiento de nutrimentos

La determinación de nutrimentos disponibles en el suelo por análisis químico descansa en la suposición de que las raíces de las plantas extraen nutrimentos del suelo en una forma comparable a extractores químicos del suelo y que existe una relación entre iones extractables y su consumo por las plantas. A pesar de que esto puede ser así, para algunos nutrimentos y cultivos no es universalmente verdadero. Los análisis de rutina del suelo con propósitos de asesoramiento no tienen en cuenta el relativo poder de enlace de diferentes coloides del suelo para iones mono y bivalentes, el efecto de iones complementarios, el antagonismo iónico y el variable poder extractable de las raíces de las plantas. La ley del mínimo que establece que cuando el suministro de un nutrimento está limitando el crecimiento, su concentración en el tejido radicular declinará a un mínimo, resultó de un intento de relacionar los resultados de los análisis de suelo con el requerimiento nutritivo de una planta. Sin embargo, recientemente se le ha dado mayor importancia al estudio de la curva de rendimiento en la nutrición vegetal. Por ejemplo, si la curva de rendimiento tiene forma de S, el contenido porcentual de esos nutrimentos que no limitan el rendimiento, mostrarán en el total una disminución constante con una producción de materia seca en aumento. Contrariamente, el nutrimento presente en cantidad limitada, primero muestra una disminución y luego un aumento en concentra-

ción porcentual con peso creciente de producción de materia seca, siguiendo el tratamiento con cantidades crecientes del nutrimento limitante.

Para diagnósticos y estudios nutricionales en plantas, las hojas deben ser extraídas de la mitad de la tercera región de la extensión en el tallo. Generalmente hablando, las diferencias en la concentración de nutrimentos en la hoja entre plantas normales y deficientes son mayores cerca de la época de maduración de la fruta.

Debe recordarse que en cualquier investigación relacionada con estudios nutricionales, el análisis de la planta como una guía de requerimientos en fertilizantes, tiene sus limitaciones. Tales análisis no pueden informar al productor sobre la cantidad de fertilizante a aplicar para superar la limitación, pero posteriores análisis de muestras de hojas pueden determinar estas suficiencias o insuficiencias de la aplicación de fertilizante y a la luz de estos resultados puede modificarse el programa de fertilización.

Otros métodos para diagnosticar desórdenes nutricionales que son igualmente importantes y utilizados frecuentemente en conjunción con análisis de las plantas son: prueba del tejido y nutrición foliar.

Funciones de los nutrimentos esenciales

Nuestro conocimiento presente de nutrición mineral indica que una de las funciones más importantes de los elementos esenciales es actuar como cofactores o activadores en sistemas enzimáticos. Esto es, con la excepción del nitrógeno y azufre que parecen servir primariamente en una capacidad estructural, nitrógeno como componente de átomos de proteínas y ácidos nucleicos, y el azufre en ciertos aminoácidos y vitaminas. El fósforo, además de su papel estructural en ácidos nucleicos, nucleótidos y fosfolípidos, tiene una importante función en la glicólisis y oxidación, así como en la utilización, traslado y desprendimiento de energía metabólica. Todos los otros elementos, exceptuando el boro, han demostrado tener un papel catalítico directo en uno u otro sistema enzimático. Es altamente probable que un papel enzimático para el boro será eventualmente demostrado. La mayoría de los elementos minerales también tienen funciones adicionales. Por ejemplo, la organización estructural del protoplasma depende en gran parte del enlace de los metales con las proteínas y otras moléculas orgánicas.

Nutrientes minerales en las trayectorias y procesos metabólicos

Brevemente puede señalarse que en la glicólisis, la mayoría de los pasos enzimáticos en la fermentación tienen un requerimiento de metal. Particularmente el magnesio que encierra en la transferencia del fosfato.

El papel de los metales, particularmente molibdeno, vanadio y manganeso en la fotosíntesis, está bien establecido. Se ha demostrado que una deficiencia de molibdeno o vanadio causa una disminución de fotosíntesis, mientras que la deficiencia de vanadio se ha comprobado que ocasiona una baja sustancial de contenido clorofiliano.

SIMBIOSIS Y FIJACION DE NITROGENO EN LAS LEGUMINOSAS

La fijación de nitrógeno molecular es considerada biológicamente como un fenómeno fundamental en el mantenimiento de la vida. Sólo una porción muy pequeña del nitrógeno fijado aparece de la fijación no biológica efectuada por reacciones fotoquímicas o descargas eléctricas en la atmósfera. Por lo tanto, la mayoría del nitrógeno requerido por las plantas es un producto de fijación biológica o deriva de las reservas de nitrógeno en el suelo, pero en el último caso el contenido de nitrógeno es agotado. Este agotamiento puede ser balanceado por el cultivo de leguminosas y uno de los métodos más eficientes en el mantenimiento de la materia orgánica y el contenido de nitrógeno en el suelo, es a través del cultivo de pasturas conteniendo una o más especies de leguminosas. Además, este método es el más económico para producir proteínas para consumo animal. En años recientes el desarrollo de fertilizantes nitrogenados ha sido muy grande, pero a pesar de ello la significación e importancia de las leguminosas no ha disminuído.

La fijación de nitrógeno en los nódulos de las raíces de las leguminosas bajo condiciones favorables es normalmente suficiente para el máximo crecimiento de estas plantas. Los experimentos de laboratorio y en invernáculos han mostrado que en ausencia de nitrógeno combinado, el trébol rojo crecido en macetas ha fijado cerca de 1 000 kg de nitrógeno por hectárea por año. Por otra parte, bajo condiciones de campo, la fijación de nitrógeno está sujeta a variaciones de temperatura, humedad, nutrientes y otros factores que indudablemente influyen en el crecimiento y fijación de nitrógeno. Sin embargo, una cifra media puede

ubicarse entre los 200 y 300 kg de nitrógeno por hectárea fijado en una estación de crecimiento. Aparentemente, en muchas oportunidades, las leguminosas que crecen en el campo están lejos de las cifras medias señaladas.

Algunas especies no pertenecientes a la familia de las leguminosas, son también capaces de fijar nitrógeno atmosférico a través de la formación de nódulos en las raíces por microorganismos específicos.

El efecto de estas bacterias depende de varias funciones diferentes, particularmente del potencial redox, la presencia de factores esenciales o estimulantes de crecimiento, tales como aminoácidos, vitaminas y microelementos, como molibdeno y hierro. La fuente de nitrógeno, aparte del nitrógeno atmosférico puede también provenir de sales de amonio, nitratos y muchos aminoácidos; de los últimos 32 de los 39 aminoácidos ensayados han demostrado ser asimilables por *Rhizobium*.

La relación entre el crecimiento de diferentes especies de *Rhizobium* con con pH del suelo varía con el tiempo. La mayoría de los *Rhizobium* tienen un óptimo de pH entre 6.5 y 7.5.

La temperatura óptima para el desarrollo de la mayoría de los *Rhizobium* de leguminosas templadas es debajo de los 30°C. La no formación de nódulos efectivos a 30°C en las raíces de algunas plantas no influye en todas las leguminosas, ya que la fijación de nitrógeno por nódulos presentes en las raíces de *Desmodium* y *Dolichos* ha sido determinada a temperaturas superiores a los 32°C.

La entrada del organismo a través de las células epidérmicas y corticales es también conocida. A medida que el nódulo joven se desarrolla, los tejidos vasculares son diferenciados en la corteza del nódulo y están conectados con el sistema vascular de la raíz huésped. El sistema sirve para el transporte de nutrimentos a las células del nódulo y su bacteria, y para el traslado de los productos de fijación de nitrógeno desde la célula del nódulo a la planta huésped. El nitrógeno gaseoso pasa de la atmósfera del suelo al nódulo y no es aportado por el tallo.

Eficiencia en las razas de *Rhizobium*

La habilidad del nódulo de la raíz para fijar nitrógeno determina la eficiencia en las razas de *Rhizobium* y en este respecto pueden diferir

enormemente. Con base en los experimentos llevados a cabo alrededor de 1940, se llegó a la conclusión de que el pigmento rojo leg-hemoglobina que está presente en los nódulos de la raíz de las leguminosas es un factor indispensable en la fijación de nitrógeno. Usado como criterio para la determinación de la eficacia de nódulos, la presencia de leg-hemoglobina puede llevar a indicar la fijación de nitrógeno. Sin embargo, la formación de nódulos por *Rhizobium* no significa necesariamente un desarrollo del sistema que causa la fijación del nitrógeno. Los nódulos formados por razas de *Rhizobia* ineficaces nunca contienen pigmento rojo y no fijan nitrógeno.

El cambio de color en los nódulos de rojo a verde, el cual aparece con el avance del crecimiento indica que los nódulos ya no son capaces de fijar nitrógeno, y de ahí en adelante son rápidamente descompuestos por microorganismos. Dado que la leg-hemoglobina no aparece en *Rhizobium* de vida libre ni en las raíces de las leguminosas, ni aún en los nódulos ineficaces, su formación está aparentemente asociada en una manera esencial en la función del sistema simbiótico requerido para fijación de nitrógeno.

Especialización de la planta huésped

La clasificación de *Rhizobium* en grupos de inoculación está generalmente aceptada como sigue:

1. Grupo de alfalfa
2. Grupo de trébol
3. Grupo de guisante
4. Grupo de frijol
5. Grupo de lupino
6. Grupo de la soja

Traslado del nitrógeno desde los nódulos a la planta huésped

Varios experimentos han indicado que desde el comienzo de fijación de nitrógeno por la bacteria, una proporción muy alta es liberada regularmente sin una apreciable demora dentro del citoplasma de la planta huésped donde experimenta un traslado a otras partes del sistema de la raíz, y otras partes de la planta. No hay almacenamiento ni retención del nitrógeno fijado dentro de la bacteria ni en los nódulos.

Relaciones entre carbohidratos y nitrógeno

El nivel de carbohidratos en la planta huésped tiene una fuerte influencia en la fijación de nitrógeno simbiótico. Esto es natural dado que la formación y la actividad de los nódulos de la raíz presupone un suministro suficiente de compuestos de carbono de la planta huésped.

Es bien sabido que el nitrógeno nítrico y el nitrógeno amoniacal tienen un efecto inhibitorio en la nodulación, a pesar de que el sulfato de amonio es un poco menos depresivo que por ejemplo el nitrato de sodio. Al mirar el estado nutricional de plantas noduladas, es natural que todos los elementos frecuentemente necesarios son requeridos pero ha sido indicado que algunas plantas noduladas pueden necesitar mayores cantidades de ciertos elementos que las plantas suministradas con nitrógeno combinado. Esto parecería ser especialmente así con el molibdeno que ha demostrado ser necesario más para fijación de nitrógeno simbiótico que para el crecimiento de la planta huésped. La aparición de vitamina B₁₂ en los nódulos puede indicar un requerimiento de cobalto para simbiosis, ya que se ha demostrado que la adición de cobalto estimula la fijación de nitrógeno. Similarmente, el cobre ha demostrado aumentar tanto el porcentaje de nitrógeno, como el contenido total del nitrógeno.

Competencia entre razas de *Rhizobium*, antagonismo y fago-acción

Se sabe muy poco acerca de las relaciones entre *Rhizobium* y otros microorganismos del suelo, pero aparentemente alguna espora aeróbica de las bacterias del suelo produce sustancias que tienen un efecto antibiótico sobre el *Rhizobium*.

Definición de crecimiento

El hecho fundamental en todo el crecimiento es la automultiplicación del material viviente que incluye no sólo el aumento sino también el fenómeno acompañado de diferenciación progresiva.

En la mayoría de las plantas, el proceso de crecimiento es diferente en un aspecto importante al crecimiento animal. La célula vegetal madura está rodeada por una pared de celulosa la cual, bajo condiciones ordinarias, previene cualquier otra división celular o crecimiento, excepto en

circunstancias especiales. Las células están firmemente cementadas una contra otra y son incapaces de realizar ningún movimiento. Los tejidos de las plantas son por lo tanto incapaces de crecer y renovarse, excepto a través de la actividad de regiones embrionales relativamente indiferenciadas, tales como las meristemas donde las divisiones dan origen a nuevas células y los cambios por los cuales ellas finalmente alcanzan su tamaño final.

Uno de los hechos más obvios que un estudio del crecimiento revela es que éste no se realiza a velocidad constante. Varios factores influyen sobre esta velocidad, pero bajo condiciones normales un órgano u organismo en desarrollo sufre un curso característico de aumento. Esto está caracterizado al principio por un crecimiento lento, el cual aumenta en velocidad y finalmente se vuelve más lento, hasta que el crecimiento cesa. Gráficamente este desarrollo está expresado en la curva sigmoidea que es típica del crecimiento de la mayoría de las plantas y animales a pesar de estar sujeta a considerable variación.

El período inicial de crecimiento muestra la aceleración regular de una masa aumentando al interés compuesto, esto es, el desarrollo o crecimiento durante cualquier período es una proporción o porcentaje constante de la cantidad ya presente.

Parecería que el crecimiento no puede proseguir en ningún organismo a una velocidad uniformemente acelerada, ya que los materiales constructivos serían pronto agotados además de otras limitaciones. El descenso gradual en la tasa de crecimiento y el cese final de crecimiento son procesos muy regulares, sin embargo, para deberse solamente a la falta de materiales. El cuadro esencial de este modelo de crecimiento es que la tasa de crecimiento está determinada por la cantidad de crecimiento que aún queda por ocurrir. Esto sugiere que el tamaño final está determinado al iniciarse el crecimiento, tanto por la cantidad de materiales constructivos disponible o por alguna otra manera.

Crecimiento determinado e indeterminado

En la mayoría de las plantas el crecimiento del organismo está esencialmente indeterminado y dentro de ciertos límites, puede seguir adelante indefinidamente, a través de la actividad meristemática terminal y lateral, mientras que el crecimiento en la mayoría de los animales es parte

de un ciclo de vida definido que produce una estructura determinada. Sin embargo, el crecimiento teóricamente ilimitado en la altura de un árbol últimamente alcanza un límite y su crecimiento sigue una curva que es de forma sigmoideal. En ciertas plantas, por ejemplo el girasol y muchas gramíneas, la altura no está indeterminada ya que está limitada por la inflorescencia terminal. En tales casos el crecimiento del tallo es típicamente sigmoideal. Los órganos laterales, tales como hojas, las cuales no son producto de actividad meristemática localizada, tienen ciclos de crecimiento más definidos y en este aspecto son comparables con animales y muestran curvas de crecimiento similares.

PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO GANADERO

Dr. F. J. Southcombe *

Introducción

Este artículo se ha concebido como una declaración de principios y discute el desarrollo ganadero bajo cuatro secciones principales:

- A. Objetivos y planeamientos básicos
- B. Métodos y enfoques
- C. Presupuestos de evaluación
- D. Implicaciones prácticas

Las tres primeras secciones repasan brevemente algunos principios fundamentales y la metodología de los estudios sobre administración rural, tal como se desarrolla en aquellos países de mayor experiencia en este campo, especialmente en los Estados Unidos de Norte América, Gran Bretaña, Países Escandinavos, Alemania y Australia. La sección final especifica como pueden llevarse a la práctica los principios para el desarrollo ganadero.

* Especialista en Nutrición de Plantas. Proyecto de Pastos y Forrajes. Panamá.

Ya que solamente es posible cubrir aquí algunos aspectos de administración, se les recomienda a todos los estudiantes familiarizarse con la publicación No. 80 de la FAO, titulada "Cuadernos de Fomento Agropecuario" por W. Y. Yang, y especialmente los capítulos 1 y 6.

A. OBJETIVOS Y PLANEAMIENTOS BASICOS

El desarrollo ganadero descansa en varios planeamientos importantes.

1. La administración de fincas se ocupa de los aspectos físicos y económicos de cada finca individualmente, mientras que la economía agrícola se ocupa de aspectos regionales o nacionales.

Para comenzar, necesitamos poner énfasis en la administración de fincas, a fin de adquirir perspectivas suficientes para interpretar censos regionales y nacionales y para tomar decisiones sobre política de desarrollo de fines. En otras palabras, debemos conocer las partes (fincas) para obtener mejor comprensión del todo.

2. El desarrollo ganadero consiste en aumentar la producción de carne, o de carne y leche en forma económica, utilizando la tecnología avanzada. El consejero se preocupa de asesorar a los finqueros individuales en el manejo y el planeamiento eficiente de los recursos disponibles de la finca como un todo, y de estimular la habilidad y conocimientos del finquero a fin de promover su bienestar y facilitar la conquista de sus objetivos. En consecuencia, una vez que comienza, el desarrollo es un proceso dinámico que nunca se detiene, porque la tecnología y las circunstancias sociales y económicas conectadas a la misma cambian constantemente.
3. Para mejorar la producción, desde el punto de vista del finquero, necesitamos ofrecerle una alternativa en cuanto al método para realizar cualquier operación de la finca, estimar los probables costos y ganancias, y (si el finquero la prefiere en lugar de su método ya establecido) asesorarlo para que implemente su decisión. Para realizar esto, cada problema de producción debe entenderse claramente antes que sea posible sugerir una mejor solución. Tal entendimiento solo puede surgir de un gradual intercambio de ideas

de dos vías entre el finquero y el consejero, basado en la confianza mutua, a objeto de determinar los objetivos del finquero, sus problemas, sus capacidades y sus circunstancias.

4. Ya que es el finquero individualmente quien hace las decisiones, implementa los cambios y acepta responsabilidades por su éxito o fracaso, el principal objetivo del desarrollo es convencer a un finquero que ciertos cambios son tanto deseables como ventajosos económicamente para su finca en particular.
5. En la mayoría de los casos la tecnología avanzada requiere la compra de insumos adicionales para proveer tanto los recursos de capital como los materiales para una producción continua. Sin embargo, antes que se pueda esperar que los finqueros inviertan dinero prestado (o sus propios ahorros) en la tecnología avanzada, éstos deben entender precisamente como incorporar económicamente nuevas técnicas en sus operaciones de la finca.
6. Para un finquero individual (y por consiguiente para la administración de fincas) la medida más realista de su desempeño es un nivel sostenido de ganancias netas. Otras medidas como ganancias sobre el capital total invertido en la finca, introducen tantas especulaciones y errores que su cálculo se torna en mero ejercicio teórico.
7. El problema fundamental en administración de fincas es el de distribuir los recursos escasos de la finca entre alternativas de producción que rindan ganancias máximas.

B. METODOS Y ENFOQUE

Para entender que problemas limitan la producción forrajera y animal, el personal de campo debe familiarizarse con métodos de diagnóstico y asesorar a nivel de fincas. Por medio del estudio práctico de los éxitos y fracasos de las técnicas practicadas por los finqueros, los consejeros serán no sólo capaces a su debido tiempo de precisar problemas técnicos para investigación adicional, sino también para exigir respuestas que tengan significación para los finqueros.

El reconocimiento de fincas puede servir para varios propósitos. Sin embargo, para hacer recomendaciones a finqueros individuales (esto

es, para proporcionar consejos sobre administración) es importante advertir que la recolección de información, el calcular desempeños promedios o (patrones para fincas) y el tratar de establecer cuáles son las mejores prácticas de manejo, no es probable que arroje resultados valiosos.

Este enfoque engañosamente sencillo se ha probado a menudo sin mucho éxito, en muchos países de agricultura avanzada, a pesar del hecho que éstos tienen registros físicos de contabilidad mucho más completos que los disponibles en los países en desarrollo. En resumen, las críticas ampliamente aceptadas sobre los patrones para fincas como una ayuda para hacer recomendaciones de manejo son:

- 1) Ellos se expresan generalmente como una serie de proporciones, por ejemplo: fertilizante por hectárea. Hay cientos de posibles proporciones y no hay forma de saber cuáles son las más importantes. Realmente el aumento en una proporción (vacas por hectárea) puede implicar una disminución en otro (leche por vaca).
- 2) Donde una proporción es realmente importante (ejemplo: leche por vaca) el promedio y límites para la región deben ser ya conocidos por los finqueros y consultores y no necesitan ser controlados por medio de una colección de registros.
- 3) Los patrones para fincas pueden ser calculados en base al promedio de todas las fincas, y digamos el 10 por ciento superior de la muestra. Pero no hay un criterio lógico para contestar la pregunta: Cuáles finqueros pertenecen al 10 por ciento superior? , porque cada finca es una unidad distinta de producción.
- 4) Los patrones para finca describen el desempeño histórico de un grupo de fincas pero proporciona poca información aplicable para usar cuando cambien las circunstancias estacionales y económicas en el futuro.

La objeción fundamental para el cálculo de proporciones con base en fincas patrón y utilizarlos para comparaciones entre fincas es que esto es una antítesis directa de todo el enfoque de la finca sobre el cual deben fundarse las recomendaciones de manejo. Por ejemplo, es imposible recomendar a una finca con una baja producción por hectárea (en comparación con el grupo promedio) el usar más ferti-

lizante, a menos que también sepamos algo sobre otros factores de producción, por ejemplo, hay allí suficientes animales para utilizar la producción extra del pasto?

Cómo entonces, deberán usarse los reconocimientos de fincas en los estudios de manejo? Para entender su importante papel, recordemos una vez más que la ciencia avanza por medio de aproximaciones sucesivas a la realidad en la cual se establece una hipótesis determinada, diseñándose un experimento de laboratorio para probarla.

Para realizar investigaciones de manejo, las fincas reemplazan a los experimentos de laboratorio, pero no podemos evitar la necesidad de formular y probar una hipótesis, si deseamos descubrir la utilidad económica de una práctica de manejo determinada.

Así, los reconocimientos de fincas deberán auscultar de los finqueros cómo una práctica de manejo hipotética, se ajustaría a su sistema de manejo global; qué condiciones serían necesarias para su éxito, y finalmente estimar su resultado final por medio de un presupuesto. Los estudios de fincas hechos con esta filosofía, a menudo son capaces de medir resultados de importancia utilizando una muestra realmente pequeña, u ocasionalmente por el estudio de una sola finca. Además, tal información tiene un considerable valor descriptivo, ya que de acuerdo con el enfoque global de la finca, el consejo sobre manejo no es solamente consejo técnico.

Los reconocimientos o estudios de casos basados en una serie de hipótesis relacionadas son ahora una manera aceptada de conducir la investigación sobre manejo, tanto en la agricultura como en la industria. Ellos no dependen de la ingenua creencia que la masa de información recogida de muchos finqueros puede manipularse estadísticamente para producir mucha información adicional además de lo conocido o supuesto.

En este sentido, un presupuesto basado en una hipótesis sensata para "probar" que es una forma preferible de operar la finca, es un enfoque de avanzada. El promedio de los registros viejos de muchas fincas para calcular las normas y quizás derivar complicadas relaciones entre varios factores de producción no prueba nada a menos que ésta sea seguida de una aplicación de resultados en fincas individuales, y presupuestando los probables resultados.

Para sumarizar, aunque las normas basadas en promedio de reconocimientos de fincas pueda indicar algunos de los problemas y actuaciones de los finqueros, y pueda también resaltar ciertas peculiaridades del manejo de un individuo comparado con otros, hay mejores métodos por medio de los cuales pueden obtenerse informaciones de manejo, en una forma más útil para consejos prescriptivos. Un método efectivo es a través de la observación, presupuesto y análisis llevados a cabo por un consejero competente que esté familiarizado con los finqueros del distrito y las condiciones para explotar las fincas.

C. PRESUPUESTOS DE EVALUACION

La discusión anterior enfatiza que el desarrollo de la ganadería debería concentrarse en el estudio de prácticas en fincas individuales para llegar a recomendaciones prácticas susceptibles de aplicarse ampliamente. En el manejo de fincas, tales métodos inductivos (trabajando del caso particular al caso general) proveen recomendaciones más rápidas y realistas que los métodos deductivos, especialmente donde el nivel tecnológico es bajo, falta información científica y hay poca información estadística o de contabilidad, acerca de cada finca.

Se deduce, por lo tanto, que el consejo sobre manejo para el desarrollo debería encaminarse a mejorar la producción probando prácticas alternadas a través del uso de presupuestos. Como un presupuesto es un cálculo financiero basado en un plan de producción, se deduce que los insumos físicos pertinentes y rendimientos para el cambio de producción contemplado deben ser primero establecidos por una cuidadosa investigación. Esta técnica de presupuesto parcial para estimar las consecuencias financieras de cambiar un aspecto de las operaciones de una finca, es un primer paso útil y ampliamente usado cuando se provee manejo. Aunque incluso cambios menores de producción serán generalmente planeados en relación a la finca como un todo, el presupuesto parcial para probar sus beneficios estará interesado principalmente en si las ganancias marginales exceden los costos marginales y contribuirá por lo tanto a mejorar la utilidad neta. De esta manera, para presupuestos parciales, solamente los cambios propuestos necesitan presupuestarse y no la operación global de la finca. El apéndice (1) da un ejemplo hipotético de un presupuesto parcial para determinar el beneficio de una inversión en cercas. Además de los presupuestos parciales para cambios relativamente pequeños en la producción, los presupuestos se usan con otros propósitos.

a) Presupuestos corrientes

Estos se relacionan con el planeamiento continuo y el control de la economía de la finca para asegurar que hayan fondos disponibles para cumplir con las necesidades esenciales presentes y futuras. Como un presupuesto corriente está relacionado con el flujo de dinero en efecto, éste incluye todas las ventas, compras y gastos generales o fijos, tales como alquiler e interés, pero no incluye gastos intangibles, tales como depreciación o cambios en los inventarios de ganado y cosechas.

Un presupuesto corriente debe ser ajustado frecuentemente de acuerdo a los cambios de circunstancias y requiere anotaciones regulares de las transacciones de la finca bajo un adecuado sistema de contabilidad. En la práctica, el finquero está generalmente poco inclinado o es incapaz de cumplir con estos requisitos, de modo que el consejero debe hacerlo por medio de contactos frecuentes a no menos de 1 mes de intervalo.

Su uso principal es para supervisión de créditos.

b) Presupuestos para desarrollo de fincas

Estos tienen requisitos similares a los presupuestos corrientes, excepto que ellos cubren períodos más largos de 3 a 5 años. Ellos no solamente incluyen presupuestos parciales de los cambios particulares de manejo que usualmente proceden al desarrollo, sino también estimaciones de inversiones de capital y ganancias asociadas con el programa de desarrollo y asignaciones para pagos de intereses y reembolso de préstamos si es necesario. Su principal uso es el suministrar un marco comprensivo para el desarrollo, dentro de las limitaciones del trabajo que implica y la incertidumbre de hacer predicciones exactas de precios y costos para varios años.

Dos tipos adicionales de presupuestos que no requieren nuestra atención en esta etapa son: i) Presupuestos de valoración para derivar el valor productivo de la tierra y ii) Presupuestos de desarrollo regional para valorar proyectos públicos de ingeniería, tales como los de control de inundaciones e irrigación.

Algunos procedimientos para hacer presupuestos de fincas se discuten o están ilustrados con ejemplos en el capítulo 6 de la publicación de la FAO No. 80 por W. Y. Yang.

D. IMPLICACIONES PRACTICAS

Los principios anteriores proveen guías para un programa de desarrollo, siempre y cuando no se espere que las operaciones de campo alcancen resultados espectaculares. Más bien, la meta en primer lugar debería ser la obtención de experiencia con un pequeño número de finqueros cooperadores antes del despliegue de la escala de actividades y de la calidad del consejo ofrecido. Asistiendo finqueros individuales es beneficioso para mejorar los métodos implementados que frecuentemente requieren contacto al nivel de la finca, para observar y evaluar las técnicas más prometedoras, las cuales son divulgadas a otras fincas individualmente y por el uso de los medios de extensión en masa, tales como conferencias, inspecciones a grupos de fincas, días de campo, demostraciones, periódicos y radio.

Al principio pocos finqueros estarán dispuestos a aceptar un programa de desarrollo que envuelva mayor organización de recursos o crédito. Mejor dicho, ellos inicialmente deben ser estimulados a iniciar una serie de pequeños cambios debido a que ellos sólo estarán dispuestos a proceder a integrar el programa de desarrollo, sólo si los cambios iniciales tuvieron éxito. De esta manera, un finquero alcanza habilidad y confianza en adoptar una nueva tecnología y gana un creciente respeto y confianza en su asesor.

Por otra parte, no hay otra forma, fuera de las visitas a las fincas, para que el asesor alcance un suficiente conocimiento del personal del finquero, las circunstancias físicas y económicas que él necesita para dar su asesoría con planes integrados. Esta progresión gradual de un comienzo modesto también protege a ambos, finquero y asesor de las decepciones que el finquero pueda tener de una asesoría que no tenga un completo éxito.

Resumen y conclusiones

- 1) Un breve resumen es presentado de la filosofía, objetivos y métodos del desarrollo de una granja, con énfasis en granjas individuales como una unidad operacional.

- 2) La técnica más apropiada para planificar parece ser preparar presupuestos para granjas individualmente en lugar de depender de comparación de promedios entre fincas hechos anteriormente como resultado de una encuesta.
- 3) La secuencia de tiempo de operaciones contempla una progresión gradual desde una asesoría técnica en un aspecto parcial hasta una asesoría integrada para toda la finca. Las correspondientes técnicas de planeamiento progresan gradualmente de presupuestos parciales diarios hasta presupuestos de desarrollo, análisis de bruto marginal y una programación simplificada.
- 4) El personal de campo deberá ganar experiencia presupuestando para el desarrollo, a través de: a) seleccionando pocos granjeros para casos de estudio intensivo y preparación de presupuestos parciales; b) ampliando sus contactos a otros finqueros a través de visitas a las fincas, grupos de discusión y por medio de la extensión en masa.

APENDICE I

Ejemplo de presupuesto parcial para probar la rentabilidad del cercado extra (Llanos de Venezuela).

Una finca de 620 hectáreas en Barinas, Venezuela, está vendiendo novillas de 3 años y vacas de desecho. Tiene 200 vacas de cría más 110 animales de diferentes edades. Tiene un 30 por ciento de animales nuevos y un 10 por ciento de muertes. Todas las hembras son dejadas como reproductos del hato. Crédito es disponible al 8 por ciento de interés pagable en plazos iguales por 10 años.

Hipótesis

Se propone incrementar el número de potreros de 2 a 4 poniendo 3 km de cerca e instalando una bomba de viento para agua y su pila.

De observaciones hechas en cuatro fincas se estima incrementar la cosecha de terneros hasta en un 35 por ciento con el hecho de dividir y tener un mejor control de animales y potreros.

La inversión que se necesita es estimada en:

3 km cerca a B ^S 1 500/km	B ^S 4 500.00
1 bomba de viento para agua y pila	<u>B^S 6 000.00</u>
	B ^S 10 500.00

RETORNOS ESTIMADOS

	Presente B ^S *	Futuro B ^S **		Diferencia B ^S
Novillos 24 x 550	13 200	28 - 550	15 400	2 200
Vacas 20 x 350	<u>7 000</u>	25 - 350	<u>8 750</u>	<u>1 750</u>
Total	B ^S 20 200		24 150	3 950

* Un Bolívar (B^S) = US\$4.50

** Las ventas adicionales pueden tener lugar del 3er. año en adelante.

Costos y beneficios estimados anualmente

	Amortiza- ción tierra B ^S	Interés sobre balance del préstamo 8% B ^S	Manteni- miento cerca 10% B ^S	Total B ^S	Total retornos extras B ^S	Benef. Anual B ^S	Benef. Acumul. B ^S
1 ^o año	-	840	-	840	-	- 840	- 840
2 ^o año	1 050	756	1 050	2 856	-	- 2 856	- 3 696
3 ^o año	1 050	672	1 050	2 772	3 950	1 178	- 2 518
6 ^o año	1 050	420	1 050	2 520	3 950	1 430	+ 1 520
11 ^o año	1 050	84	1 050	2 184	3 950	1 766	+ 8 080
12 ^o año	-	-	1 050	1 050	3 950	2 900	-
en adelante							

La inversión será rentable si una salida extra de animales para la venta excede en cerca de 7 animales por año. Sin embargo, existe un retraso de 3 años antes que eventuales retornos extra se presenten, por lo tanto, hay una pérdida inicialmente acumulada, la cual es absorbida en el 5^o año.

Referencias

1. YANG, W. Y. Cuadernos de fomento agropecuario. FAO, Publicación No. 80.

PRODUCCION DE PASTURAS Y LECHERIA

Dr. F. J. Southcombe^{*}

Primero quisiera enfatizar los tres factores básicos que determinan la conversión de pasturas a producto animal.

1. La cantidad, calidad y la distribución del crecimiento estacional.
2. La proporción de la cosecha que actualmente consume el animal.
3. La eficiencia de conversión dentro del animal del alimento consumido.

Cada uno de estos es afectado por los métodos del pastoreo, es decir:

- a. El método de pastoreo.
- b. La intensidad de pastoreo (o carga animal).

El crecimiento del pasto varía a través del año y en la mayoría de los países tropicales, la cantidad y la calidad son más bajas durante los últimos dos meses de la estación seca. Nutricionalmente hablando, las vacas

* Experto en Desarrollo de Fincas Ganaderas. Proyecto de Pastos y Forrajes. Panamá.

lecheras requieren niveles más bajos de alimentación cuando están secas, pero en estados de preñez avanzada y parto, los requerimientos súbitamente se incrementan para la producción de leche. Con un buen pasto como alimento deberán alcanzar su máximo nivel en los dos meses siguientes al parto. Los requerimientos nutricionales se mantienen altos dentro de los 2 ó 3 meses y declinan después lentamente hasta el final de la lactancia.

Una vaca lechera que tiene su ternero cada año, necesita un alto nivel de alimentación por los primeros 6 meses, un nivel moderado por los 3 meses y un bajo nivel por los otros 3 meses. En contraste, la producción de pastos en la mayoría de las áreas del Pacífico de Centro América, es marcadamente alta por los 2 primeros meses al comenzar las lluvias, producción moderada por los próximos 5-6 meses, y una pobre producción de pastos por los 4-5 meses restantes.

La producción eficiente de leche en pastos trata de juntar estas dos situaciones y varias veces necesitamos suplementar al animal y al pasto, o ambos. Sin embargo, estas medidas deben tender a evitar de cualquier manera, perjudicar la permanencia de la producción de pastos.

Sin entrar en detalles, quiero recordarles a ustedes que hay algunas técnicas disponibles para ajustar la producción de pasto a las necesidades de los animales. Estas técnicas incluyen conservación de excedentes de pastos, como heno y ensilaje, y reservación de potreros y cultivos de pastos y forrajes fuera de estación; intensidad de pastoreo; la época de nacimiento y destete; compra de suplementos; uso de fertilizantes.

Antes de discutir las técnicas de manejo de pastoreo, deseo enfatizar que el método de pastoreo y la intensidad de carga animal están directamente bajo el control del ganadero. En consecuencia, son dos herramientas muy útiles y disponibles para el uso eficiente en la conversión del forraje.

1. Métodos de pastoreo

Esto afecta la producción por animal, por hectárea y por unidad de trabajo. Hay muchos métodos posibles de pastoreo, los cuales varían desde un pastoreo extensivo, con poco control del pasto

del animal, a una rotación intensiva donde pasto fresco es ofrecido a grupos de animales una o dos veces por día, y este tipo de manejo incluye el uso de la cerca eléctrica.

La teoría de pastoreo alternado y de cosechar los potreros (basado en experimentos de corte sin uso de animales) es que más pasto y de mejor calidad se produce y se utiliza más eficientemente debido a menos pérdida por los animales.

En un experimento de 10 años en Nueva Zelanda con 2 hatos de 50 vacas cada uno, comparando pastoreo continuo y pastoreo rotacional con igual carga animal, se encontró que la diferencia a favor del pastoreo intensivo fue de solamente el 13 por ciento. En las 4 mejores estaciones hubo muy pequeña diferencia entre tratamiento, pero la diferencia más grande se obtuvo durante las estaciones más pobres.

Medidas de producción de pasto bajo los dos sistemas de pastoreo mostraron solamente muy pequeñas diferencias.

Un experimento usando gemelos idénticos ha reforzado la conclusión que el método de pastoreo, como tal, no incrementa grandemente la eficiencia de convertir pasto a leche o carne.

Sin embargo, hay una importante excepción a esta conclusión general en el caso de los terneros. Las ventajas del pastoreo rotacional (que permiten al animal joven seleccionar pastos de más alta calidad) fueron tales que en un experimento a largo plazo, los terneros que estaban en pastoreo rotativo fueron 34 por ciento más pesados (a los 7 meses de edad). También se encontró que sufrieron menos de parásitos internos los terneros de pastoreo rotativo.

2. Intensidad de carga animal

Hay una importante diferencia entre la intensidad de carga y sobre-pastoreo. La carga intensiva asegura la máxima utilización de forraje por el animal sin un daño permanente al potrero.

Como probablemente se conoce, en todos los estudios experimentales, comparando 2 intensidades de carga con animales maduros,

la producción por acre se incrementa a pesar de una baja producción por animal. Por qué será? Técnicas especiales para medir consumo en pastoreo por animales, han demostrado que el porcentaje de pasto utilizado por el animal incrementa con la intensidad de la carga.

Como una ilustración, gemelos idénticos con cargas de 1.84 y 1.27 animales por acre, una menor digestibilidad de la materia orgánica por animal por día fue consumida con alta carga animal, pero los animales consumieron 41 por ciento más de la materia orgánica disponible. También es significativo que a una alta carga los animales fueron 12 por ciento menos eficientes en la conversión de la materia orgánica por galones de leche, pero su producción fue 26 por ciento más grande en producción de leche por acre. Además de una utilización más eficiente, animales con peso vivo más bajo (con menos mantenimiento) en la población de mayor intensidad también contribuyó a una máxima eficiencia.

Está claro que la ley de "rendimientos decrecientes" se aplica también al manejo de pastos.

Una carga intensiva será seguida por una reducción en producción. Si una pobre producción por animal balancea las ganancias en producción por hectárea i.o (2) el sobre-pastoreo reduce la cantidad total de pasto producido.

INTERPRETACION DE PRUEBAS DE PASTOREO

En conclusión, deseo hacer mención de algunas de las críticas que han sido hechas a muchos de los experimentos en forrajes, con la creencia de que ésto puede ayudar a evaluar el significado de los trabajos publicados. Los estudios de manejo de potreros y la conversión de forraje a producto animal deberá tomar los siguientes aspectos en cuenta:

1. El intento de alcanzar la máxima producción de forraje no contempla que algo se puede perder en calidad, consumo y eficiencia en la conversión. Es probable que el método de pastoreo que utiliza la totalidad del forraje no es el mejor para la producción animal (11).

2. No siempre se puede seguir como norma que un método alternado de descanso y corte de forraje conduzca a una mayor producción de forraje que la de un potrero que está bajo pastoreo continuo (11).
3. La teoría de la reserva radicular la cual es una base del método de pastoreo alternado (pastoreo y descanso) puede ser de menor importancia de lo que anteriormente se pensó en que se favorece un nuevo crecimiento después de la defoliación.
4. Bajo ciertas circunstancias, la teoría de la intercepción de la luz puede ser usada para justificar el pastoreo continuo. En defoliaciones severas así como también largos períodos de descanso, pueden reducir la producción de pastos y puede ser más fácil mantener con pastoreo continuo una alta intercepción de la luz con una mejor área foliar, en comparación con un follaje más ralo debido a un pastoreo intermitente (1, 3, 13, 14, 15).
5. Es probable que la fase reproductiva del crecimiento de la planta afecte la producción estacional y anual. Por ejemplo, la destrucción del meristemo apical por un pastoreo fuera de tiempo y principalmente cuando las plantas entran en su fase reproductiva, puede conducir a un efecto adverso en la producción de forrajes (4 y 2).
6. En la mayoría de los experimentos de comparación entre pastoreo continuo y rotacional han sido conducidos con bases sistemáticas establecidas primordialmente con un deseo para un diseño netamente experimental y que pueden ser analizadas por métodos estadísticos de rutina. Tales diseños experimentales han ignorado algunos hechos básicos relacionados con la biología del crecimiento de los pastos y las necesidades animales.

Las asociaciones de pastos no tienen un crecimiento uniforme, por lo tanto, intervalos fijos de tiempo para pastoreo sucesivos no tienen ningún significado y entran en conflicto con los principios establecidos de un pastoreo rotacional. La recuperación del potrero después de la defoliación está afectada por una amplia variedad de factores ambientales tales como temperatura, humedad, fertilidad del suelo, topografía del suelo, horas de brillo solar,

etc., así como también la secuencia de los pastoreos previos del potrero. Cualquier sistema de pastoreo rotacional que ignore el grado de recuperación del potrero es básicamente artificial y sin ningún significado.

Conjuntamente, los animales no responden bien en su grado de crecimiento, reproducción y eficiencia de conversión a fluctuaciones no controladas en el consumo del forraje. Por lo tanto, los animales pueden beneficiarse de un consumo limitado en el tiempo que corresponde a períodos del crecimiento del pasto. Es un aspecto de los sistemas prácticos de pastoreo con una alta producción por acre que tengan en común todos ellos, un pastoreo controlado y una alta carga animal, no en un sistema de rotación sistemático, pero sí basado en un juicio y experiencia de cuánto deberá descansar cada potrero y pastorearse (10, 19 y 20).

7. La mayoría de los experimentos de pastoreo han operado con un número fijo de carga animal o con números variables de agregar o quitar animales de acuerdo a lo observado o a lo que se espera que el potrero producirá de alimento. Muy pocas veces estos experimentos han incluido la práctica de conservación de forraje, la cual algunas veces es un aspecto importante de cualquier sistema de pastoreo rotacional, especialmente en las zonas templadas donde la mayoría de estos experimentos se han conducido. Donde la conservación del forraje no es una parte de los experimentos de pastoreo, es posible que mucho forraje se pierda aunque de antemano conozcamos que las pérdidas de conservación son del orden del 50 por ciento (16 y 5).
8. La condición de humedad de los pastos durante la estación seca puede ser mucho mejor bajo la densa cubierta vegetal típica de los sistemas de pastoreo continuo, que bajo una más rala cubierta típica del pastoreo rotacional. En el mismo sentido el pastoreo continuo es más resistente al daño del pisoteo durante los períodos de lluvia excesiva (2).
9. La influencia que tiene el material de las plantas muertas que se acumulan rápidamente durante los períodos de sequía no ha sido tomada en cuenta bajo ningún método de pastoreo. Este puede fácilmente alcanzar hasta un 50 por ciento del total de la materia

seca y es relativamente mayor en potreros grandes. Mucho de este material muerto es rechazado por el animal y rápidamente desaparece. Este factor es usualmente ignorado en los experimentos de corte (2).

10. El pastoreo continuo y el pastoreo rotacional, necesariamente no significan una defoliación continua e intensa. Cuando la carga animal es estática (excepto por incremento natural), tal como sucede en la práctica, entonces la carga es determinada por la capacidad de pastoreo del potrero durante la estación seca. Esto significa que tales potreros son casi siempre sobre-pastoreados en la estación lluviosa. Sin embargo, si una área grande del potrero es aislada del pastoreo para conservar forraje sucede que el resto del área del potrero puede sobre-pastorearse aún durante la estación lluviosa (11).
11. La calidad nutritiva del pasto resultante de varios métodos de pastoreo necesita una cuidadosa evaluación debido a que nosotros aún no tenemos métodos confiables para medir el valor del pasto por animales en pastoreo. Por ejemplo una libra de materia verde digestible varía a través del año en su habilidad de producir leche aún cuando las vacas pastorean rotativamente sobre un forraje de aparente calidad y estado de crecimiento similar (20).
12. En cualquier experimento de alimentación con animales, los efectos residuales de anteriores tratamientos se conoce que son importantes y que posiblemente se prolonguen. En adición a muchas pruebas de alimentación con forraje son combinados con o seguidas de alimentación de concentrados durante el experimento, lo cual hace una interpretación difícil de los resultados de la prueba de alimentación con pastos.
13. En los rumiantes, la eficiencia de conversión de alimentos no siempre es directamente proporcional al nivel del consumo. Existe bastante evidencia que una mayor eficiencia de conversión del forraje por hectárea viene del consumo "sub-maximal", aún cuando esto resulte en una menor producción por animal. Es probable que la máxima respuesta de las pruebas donde se compara la eficiencia de los métodos de pastoreo requiere un ajuste más delicado del alimento ofrecido a las necesidades del animal, que ha sido aplicado en los experimentos de pastoreo (20).

Estos conceptos conducen a tres conclusiones en nuestro actual estado de conocimiento acerca de la importancia de la asociación simbiótica que existe entre planta y producción animal:

- 1) No necesariamente es cierto que un sistema basado en pastoreo rotacional produce forraje de mejor valor nutritivo.
- 2) La verificación de la expectación teórica de un sistema rotacional puede fracasar debido al pobre diseño experimental que ignora los aspectos básicos y biológicos tanto del crecimiento del pasto, como de los requerimientos del animal.
- 3) Una experimentación más crítica es necesaria para desarrollar métodos de pastoreo más adecuados y con mayores bases, adaptados a ambientes tropicales y con propósitos específicos.

METODO E INTENSIDAD DEL PASTOREO

Hasta ahora hemos discutido brevemente estos dos aspectos separados, pero el punto que verdaderamente afecta al manejo de pastos es la interdependencia entre ellos. Esto se demuestra, con más claridad, en resultados de un experimento hecho en Nueva Zelandia, donde se compara el pastoreo continuado y pastoreo rotacional en que se usaron vacas lecheras a intensidades bajas y altas del pastoreo. En total fueron cuatro tratamientos diferentes (dos sistemas de pastoreo y dos intensidades). Los resultados muestran que una elevada intensidad de pastoreo bajo en ambos sistemas de pastoreo, redujo el rendimiento por vaca pero aumentó el rendimiento por hectárea.

El primer punto (comparación No. 1) es la proximidad de los resultados tanto por vaca y por hectárea entre el pastoreo controlado y el continuo a la menor carga animal de 40-42 vacas por 17 hectáreas. La diferencia media entre los dos sistemas de pastoreo fue de 10 por ciento en favor del pastoreo controlado.

La superioridad del pastoreo controlado fue mayor (comparación No. 2) cuando ambos sistemas fueron comparados a la mayor carga animal, promediando la ventaja 72 kg de grasa por hectárea, o sea, el 16

por ciento. Durante los cuatro años del experimento hubo una buena producción de pasto, de manera que en términos generales, hubo una ventaja relativamente pequeña del pastoreo controlado en ambas intensidades. Debe de recordarse que el efecto del método de pastoreo sobre la producción tendrá diferencias pequeñas, aún cero, en la época en que exista una buena producción de forraje.

El segundo punto justifica la sugerencia de que no se obtendrá un beneficio total del pastoreo-relativo-controlado, a menos que este sistema esté asociado con un aumento en la carga animal. La comparación 3, muestra un resumen de los resultados de esta consideración.

Aquí, el pastoreo controlado a una carga animal elevada, fue superior en 108 kg de grasa por hectárea (26 por ciento) al pastoreo continuado con menor carga animal. Este resultado fue logrado a pesar de un descenso en la producción por vaca de 3,63 kg de grasa (2 por ciento).

La magnitud de esta diferencia debe ser también considerada en relación con el buen crecimiento de pasto de esos años. Podría esperarse que la diferencia sea considerablemente mayor en los años en que una acentuada variabilidad en el crecimiento del pasto tiende a colocar en desventaja al sistema de pastoreo continuo.

Las comparaciones 4 y 5 miden el efecto de la carga animal bajo cada uno de los métodos de pastoreo. La característica más interesante es que el aumento de la carga animal tuvo un efecto mayor (64 kg de grasa por hectárea ó 14 por ciento) bajo el pastoreo controlado que bajo el continuado (36 kg de grasa por hectárea ó 9 por ciento). Esta diferencia se debe evidentemente al gran descenso en la producción por vaca (menos 25 kg de grasa o 12 por ciento) con el aumento de carga animal bajo el pastoreo continuo. La reducción en el rendimiento por vacas fue sustancialmente menor (13 kg de grasa o 7 por ciento) bajo el pastoreo controlado.

Según estos resultados, puede concluirse que:

1. El pastoreo controlado debe estar asociado con altas cargas animales para explotar en forma total la mayor eficiencia del método más intensivo de pastoreo.

2. El aumento de carga animal no estará acompañado por aumentos tan grandes en producción por hectárea bajo el pastoreo continuo, como en el caso del pastoreo controlado.

En otro experimento se usaron 21 pares de gemelos idénticos para comparar pastoreo en todo el potrero y pastoreo del potrero en franjas, bajo dos niveles de carga animal.

Las cifras de producción por vaca y por hectárea demuestran que las ventajas más considerables del pastoreo en franjas se debieron, en gran parte, a las mayores cargas animales utilizadas y no al método de pastoreo.

Es importante también señalar que los resultados obtenidos recientemente de estudios similares hechos en Inglaterra y Australia, apoyan totalmente estas conclusiones. Al mismo tiempo, es evidente que aún cuando la carga animal fuera el factor predominante, los resultados no apoyan totalmente el que no existan diferencias entre la eficiencia de pastoreo en franjas y en todo el potrero.

En este ensayo de Nueva Zelanda el pastoreo en franjas con la mayor carga animal permitió cortar la cuarta parte del área para ensilaje, mientras que en el caso del pastoreo, en todo el potrero, no se hizo ningún corte.

En resumen, lo más importante que debemos aprender de estos trabajos es combinar los cuatro elementos básicos en la utilización del forraje y que son:

1. El alto rendimiento del potrero.
2. Alta carga animal.
3. Ganado de alta calidad.
4. Métodos de pastoreo controlado.

Método de pastoreo, carga animal y producción

	Pastoreo en todo el potrero	Pastoreo en franjas	Pastoreo en todo el potrero
Vacas por hectárea	2,87	3,8	3,8
Leche (litros)	3 597	4 676	4 653
Grasa (kg)	179,2	245,3	231,8

Intensidad y método de pastoreo

Intensidad y método de pastoreo	Promedio de cuatro años			
	Por vaca		Por hectárea	
	Leche (lt)	Grasa (kg)	Leche (lt)	Grasa (kg)
Controlado - baja	3 359	192	10 146	456
Controlado - alta	3 082	180	11 463	520
Continuo - baja	3 187	183	9 159	412
Continuo - alta	2 724	153	10 022	448

Baja: 40 vacas por 16,8 ha

Alta: 40 vacas por 14,2 ha

Promedio de diferencias entre tratamientos (cuatro años)
(164 vacas, 2 624 lactancias)

Comparación de métodos de pastoreo y carga animal	Grasa butirométrica por vaca (kg)	Grasa butirométrica por hectárea (kg)
Controlado vs continuo baja carga animal	+ 9,08 (+ 5%)	+ 43,68 (+ 10%)
Controlado vs continuo alta carga animal	+ 26,33 (+ 17%)	+ 71,68 (+ 16%)
Controlado a la mayor carga animal vs continuo baja carga animal	- 3,63 (- 2%)	+107,52 (+ 26%)
Alta carga animal vs baja carga animal bajo pastoreo continuo	- 12,71 (- 7%)	+ 63,84 (+ 14%)
Alta carga animal vs baja carga animal bajo pastoreo controlado	- 25,42 (- 12%)	+ 35,84 (+ 9%)
Alta carga animal bajo pastoreo continuo vs baja carga animal bajo pastoreo controlado	- 39,04 (- 2%)	- 7,84 (- 2%)

LITERATURA CITADA

1. BROLIGHAM, R. W. Austr. J. Agric. Res. 7:377. 1956.
2. CAMPBELL, A. G. Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod. 18. 1961.
3. DAVIDSON, J. L. y DONALD, C. M. Austr. J. Agric. Res. 9:53. 1958.
4. DAVIES, J. J. Agric. Soc. U.E.W. 37. 1956.
5. _____ . Bull. C.S.I.R.O. Australia No. 201:37. 1946.
6. DONALD, C. M. Proc. 7^o Internat. Grass. Cong. 80. 1956.
7. HANCOCK, J. N.Z. J. Sci. Tech. 35A:67. 1953.
8. LAMBOURNE, L. J. N.Z. J. Sci. Tech. 37A:555. 1956.
9. McMEEKAN, C.P. Proc. 6^o Internat. Grass. Cong. 149. 1952.
10. _____ . Proc. 7^o Internat. Grass. Cong. 146. 1956.
11. _____ . Proc. 8^o Internat. Grass. Cong. 121. 1961.
12. MAY, L. H. y DAVIDSON, J. L. Aust. J. Agric. Res. 9:767. 1958.
13. MITCHELL, K. J. N.Z. J. Sci. Tech. 36A:193. 1955A.
14. _____ . N.Z. J. Sci. Tech. 37A:8. 1955B.
15. _____ . N.Z. J. Sci. Tech. 37A:395. 1956.
16. MOORE, R. M. et al. Bull. C.S.I.R.O., Australia No. 201. 1946.
17. VOISIN, A. Grass productivity. Trad. del Francés por Katherine T. M. Herriot. New York, Phylosophical Library. 1959. 353 p.
18. WALKER, D. E. Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod. 1955.
19. WALLACE, L. R. Proc. N.Z. Grass Assoc., 86. 1959.
20. _____ . Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod. 64. 1961.

ESTA OBRA SE TERMINO DE IMPRIMIR
EL DIA TRES DE MARZO DE MIL NO-
VECIENTOS SETENTA Y DOS, EN LA
IMPRESA DEL IICA/CIDIA.

SE HIZO UN TIRAJE DE
500 EJEMPLARES

IICA CH