

LAS BARRERAS VIVAS Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA

Diógenes Cubero

Agricultura Conservacionista FAO-MAG

INTRODUCCIÓN

Mucho se ha discutido sobre el fenómeno de la erosión, señalando a las lluvias y a sus intensidades como su principal agente, esto es una verdad pero a medias, ya que la principal causa de la erosión es el grado de cobertura de los suelos.

Es así, como en gran parte del país, y con mayor intensidad en las áreas de ladera, tenemos severos problemas de erosión, principalmente a la entrada de las lluvias y no específicamente por el tipo de actividad de la zona o por el tipo de mecanización, sino por el bajo grado de cobertura de estos terrenos en épocas de labranza y siembra, es decir, cuando los suelos están más desprotegidos.

Cosa parecida ocurre con la práctica agroconservacionista de las barreras vivas, las cuales se han incentivado para el control de la erosión por todo el país olvidándonos del espacio de terreno localizado entre dos barreras, el cual en muchos casos no es manejado adecuadamente, recordemos que la función principal de las barreras vivas no debería ser el atrapar el sedimento desprendido y arrastrado por la escorrentía superficial, sino frenar la velocidad de esta escorrentía, para que no alcance límites erosivos.

La utilización de barreras vivas, principalmente para el control de la erosión de suelos se conoce en Costa Rica desde hace muchos años y fue promovida por STICA allá en los años 50 por medio de las agencias agrícolas, especialmente para ser utilizadas en los cafetales. Su mayor desarrollo lo alcanzó en el programa de Conservación de Recursos Naturales (CORENA) en la década de los 80, principalmente en la región de Puriscal. Hoy en día es una práctica bastante arraigada en los planes de manejo y conservación de suelos de todo el país.

Existe una gran variedad de materiales vegetales que se pueden utilizar como barreras vivas, la utilización de una u otra especie va en dependencia del tipo de cultivo principal, zona agroclimática, intensidad de uso del terreno y aprovechamientos complementarios de estas barreras entre otros.

Para el establecimiento de las barreras vivas se han venido utilizando distintos materiales entre los cuales cabe destacar el Itabo (*Yuca elephantipes*), Caña india, (*Dracaena fragans*), Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), King grass (*Pennisetum purpureum*), Sansiveria (*Sansevieria trifasciata*), Gandúl (*Cajanus cajan*), zacate limón (*Andropogon citratus*) y otros, pero entre estos el zacate violeta (*Vetiveria zizanioides*) es el que ha tenido mayor aceptación por los agricultores.

DESCRIPCIÓN

Las barreras vivas son hileras de plantas, preferiblemente de crecimiento denso, sembradas perpendicularmente a la pendiente (a contorno), o con cierta gradiente longitudinal si sirven como complemento a una obra física.

FUNCIONES

El fin principal del establecimiento de las barreras vivas es el de lograr controlar en cierto grado los niveles de erosión de los suelos. Ellas actúan como reductoras de la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo, y además sirven como filtros vivos, que retienen los sedimentos de suelo y residuos vegetales que transporta el agua que escurre sobre el terreno.

Las barreras vivas impiden que los flujos de agua de escorrentía adquieran velocidades erosivas, al cortar el largo de la pendiente en pequeñas longitudes. Permiten a las partículas finas de suelo sedimentarse, a la vez favorecen la infiltración del agua a través del perfil. Por lo tanto alargan el tiempo de concentración y logran que el sobrante del agua de escorrentía llegue al pie de la ladera sin haber sido concentrada en sitios específicos.

ESPECIFICACIONES DE ESTABLECIMIENTO

No existen reglas rígidas en cuanto a la distancia de siembra de las barreras vivas, o si éstas van solas o son complemento de otras prácticas agroconservacionistas, esta especificidad depende de ciertos criterios que entraremos a analizar a continuación:

Barreras vivas solas

Para poder sostener la degradación de los terrenos por erosión en niveles tolerables, se recomienda utilizar este tipo de barreras hasta un máximo de pendiente de un 15% y para suelos profundos, siempre y cuando las mismas vayan acompañadas de otras prácticas agronómicas de manejo y conservación de suelos (labranza y siembra a contorno, coberturas, abonos verdes, incorporación de materia orgánica, p.ej.).

Aunque la pendiente máxima recomendada es del 15%, este valor no es absoluto y puede variar en función del clima de la zona, textura de los suelos, pendiente, densidades de siembra entre otros; la variación entre los valores recomendados puede alcanzar hasta un +20% dependiendo de la apreciación del técnico en cuanto a la menor o mayor resistencia de los suelos a la degradación por erosión hídrica.

A continuación en el cuadro 1. y a partir de la fórmula de Ramser se dan las distancias inclinadas de las barreras vivas en dependencia del grado de pendiente de los terrenos.

Cuadro N°1. Distancia entre barreras calculadas con la fórmula de Ramser

Pendiente del terreno (en %)	Distancia inclinada entre barreras (en metros)
2	30,5
4	19,0
6	15,2
8	13,3
10	12,2
12	10,2
14	9,9
15	9,7

La distancia de siembra del material vegetativo para las barreras vivas, sean estos pastos o cañas es de 15 cm. entre rizomas, y con 20-30 cm. entre hileras si la barrera es doble para un mejor funcionamiento.

Uso combinado con obras físicas

En pendientes superiores al 15%, la barrera viva como única medida de mitigación de los efectos de la erosión es poco funcional, por lo tanto las mismas deberán ser el complemento a algún tipo de obra física de evacuación de las aguas de escorrentía superficial, como lo son las acequias y canales de guardia. La barrera se siembra a 20-30 cm. arriba del talud superior.

En este caso la función de la barrera viva principalmente se limita a la protección de la obra física, ya que al frenar la velocidad de escorrentía evita el socavamiento del talud del canal, además al actuar como un filtro limita el ingreso de materiales gruesos, los cuales eventualmente podrían colmatar la obra y por ende su capacidad de evacuación.

La barrera viva se recomienda sembrarla antes del inicio de una obra física, y así ésta pueda servir de guía en su borde inferior para los trabajos de construcción de éstas obras. La barrera en este caso tendrá la misma gradiente longitudinal que la estructura a realizar (0,2-2,0%).

PRINCIPALES ESPECIES USADAS

Existe una gran gama de especies vegetales utilizadas como barreras vivas, y para su ordenamiento entraremos a definir los siguientes tipos:

- **Temporales:** Son las menos comunes y son utilizadas donde el recurso suelo es explotado intensivamente (zona Norte de Cartago), además su funcionalidad para el control de la erosión es poco eficiente. Algunas de las especies más usadas son el Maíz (*Zea mayz*), Sorgo (*Sorghum bicolor*) y la Avena (*Avena sativa*).

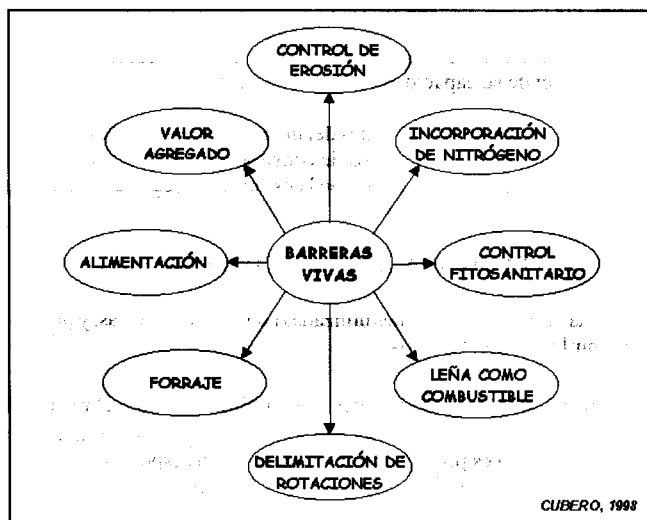
- **Semipermanentes:** Tienen una mayor aceptación entre los agricultores por tener éstas un aprovechamiento complementario de importancia. Entre las especies más comunes tenemos la Piña (*Ananas comosus*), Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), Gandul (*Cajanus cajan*).
- **Permanentes:** Para el control de la erosión son las de mayor efectividad y en la mayoría de los casos presentan algún beneficio adicional. Entre los permanentes podemos citar al pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*), Pasto limón (*Andropogon citratus*), Pasto violeta (*Vetiveria zizanioides*), Caña india (*Dracaena fragans*).

Indistintamente del período vegetativo del material a utilizar, este debe ser de crecimiento denso, no competitivo con el cultivo principal y lo más importante, que tenga una entrada complementaria en el sistema de producción.

Lamentablemente, las mejores barreras vivas y en este caso el zacate vetiver y limón tienen pocos usos adicionales a no ser la extracción de productos esenciales, y lo que es aún más el zacate de limón se ha erradicado de muchas zonas cafetaleras del país por haberse comprobado de que el mismo es hospedero de los piojillos de la raíz del café (*Geococcus coffea* y *Dysmicoccus brevepis*).

A continuación en la figura 1 se presentan algunos de los beneficios colaterales que podrían traer las barreras vivas, por esto es muy importante antes de definir el tipo de material vegetativo a utilizar como barrera, analizar en una forma más integral él o los sistemas de producción en que se desenvuelve el agricultor.

Fig. N°1. Beneficios adicionales de las barreras vivas



VENTAJAS DE LAS BARRERAS VIVAS

Dentro de las ventajas más importantes de las barreras vivas podemos señalar las siguientes:

- Utilización de material vegetativo, lo cual significa producción de biomasa para diferentes aprovechamientos.
- Bajo costo de establecimiento :utiliza mano de obra del agricultor, necesita pocas herramientas y se utilizan materiales locales para las barreras.
- Son de fácil adopción por el agricultor (trazado sencillo y fácil establecimiento).
- Proceso de terraza progresiva: con el tiempo se van formando naturalmente y progresivamente terrazas, ya que el material arrastrado pendiente abajo se sedimenta en la parte superior de la barrera. La labranza en contorno refuerza este movimiento de tierra. Esta modificación gradual de la pendiente del terreno resulta ser una obra de conservación muy eficiente y económica, ya que utiliza la naturaleza para hacer el trabajo.
- Sirven de líneas guías para los trabajos de labranza, siembra y deshierbas a contorno.
- Es una práctica muy útil y sencilla en la recuperación de tierras degradadas, como cárcavas y terrenos inhabilitados por la erosión laminar.
- Produce muy poca remoción de terreno.
- Utiliza muy poco espacio de los terrenos de cultivo (0,9 mts. de ancho).
- El mantenimiento es poco exigente en mano de obra.

Las ventajas de las barreras vivas son muchas y muy dinámicas, siendo su función principal el control de la erosión, el agricultor las ha manejado de acuerdo a intereses muy específicos.

Así por ejemplo lo que para un agricultor del Asentamiento parcelario El Jauúri en San Carlos fueron barreras vivas de Caña de Azúcar dentro de sus campos de raíces y tubérculos con el objeto de obtener un suplemento alimenticio para su ganado y sus cerdos, hoy en día es un comercio incipiente de caña en trozos revestidos de parafina para el mercado internacional.

Por otro lado un pequeño ganadero del asentamiento El Labrador en San Mateo decidió establecer una barrera viva de pasto vetiver debajo de las cercas de su sistema de "apartos", aduce de que cuando el ganado termina de pastorear un apartado, trata de comer de los apartos vecinos causando severos daños en los alambrados, en cambio el vetiver ya establecido (1,5 a 2,0 mts. de altura) al no ser palatable formaría una cortina natural entre los apartos, protegería además a éstos en algún grado de los vientos y a futuro hasta de la compra de alambre para cercas se evitaría.

LIMITACIONES DE LAS BARRERAS VIVAS

A pesar del arraigo de las barreras vivas por parte de los agricultores como una práctica sencilla y de grandes ventajas agroconservacionistas, éstas presentan una serie de limitantes, las cuales se señalan a continuación:

- Se necesita una gran cantidad de material vegetativo, el cual no siempre está disponible. Por ejemplo para establecer cien metros de barrera viva a doble hilera de pasto vetiver se requieren aproximadamente 1350 estolones del pasto.
- En suelos mal estructurados y en donde las pendientes son largas, la fuerza del flujo laminar de escorrentía puede impedir el establecimiento de la barrera, necesiándose en este caso obras de conservación complementarias.
- En terrenos con topografías muy irregulares habrán puntos de concentración de la agua donde se pueden formar “huecos” en la barrera. Por esta razón se recomienda hacer el trazado de las líneas con un estaquillado a una distancia no mayor de 5 metros, así mismo, el mantenimiento y repoblación de las áreas críticas de la barrera es indispensable.
- En pendientes mayores al 15%, las barreras son poco efectivas en el control de la erosión hídrica.
- La efectividad de una barrera viva se logra con el tiempo. Hay que esperar que se desarrolle y cierre bien para que cumpla sus funciones. En el caso del pasto vetiver esto puede demorar entre 4 y 8 meses, dependiendo de la disponibilidad de agua.

COSTOS

Los costos de las barreras vivas varía en dependencia del tipo de material que se vaya a utilizar, del tipo de suelo, y por supuesto de las habilidades del agricultor.

Así tenemos que para barreras de las más comunes, en este caso de pasto vetiver, en promedio, 2 hombres pueden establecer (incluyendo el trazado) en una jornada de 8 horas, 500 metros de barrera sencilla, o sea un rendimiento de 250 m. de barrera viva sencilla o de 125 m. de barrera viva doble por jornal. Se está valorando cada saco de pasto en 300 colones. Cada saco contiene aproximadamente 20 macollas y de cada macolla se pueden extraer 25 estolones.

El precio de compra de cada estolón es de 0,6 colones y como en una barrera viva doble de 100 metros se requieren aproximadamente 1350 estolones, el costo de los mismos será de 810 colones.

Para conocer los costos de establecimiento por hectárea, se debe de partir de los requerimientos de mano de obra (cuadro N°2) los cuales van en función del grado de pendiente del terreno y del tipo de barrera, sea esta sencilla o doble.

Cuadro N°2. Requerimiento en mano de obra para el establecimiento de barreras vivas de Vetiver (por Ha.)

PENDIENTE (%)	ESPACIAMIENTO (m)	LONGITUD (m)	JORNALES	OBSERVACIONES
2	30,5	300	2,4	Barrera viva doble
6	15,2	600	4,8	
10	12,2	800	6,8	
14	8,7	1100	8,8	
20	15	600	2,4	Barrera viva sencilla con acequia de ladera
30	15	600	2,4	
40	10	1000	4,0	
50	10	1000	4,0	

En los dos primeros años es necesario considerar los costos de mantenimiento de las barreras, el cual incluye la repoblación de los lugares vacíos y 2 chapeas, con el acomodamiento de los residuos en la parte superior de la barrera. Este costo de mantenimiento equivale a 0,2 jornales por cada 100 metros de barrera viva sencilla y 0.3 jornales por cada 100 metros de barrera doble.

El costo total por hectárea para los 2 primeros años, se obtiene de la sumatoria de los costos de mano de obra y del material de propagación, tal y como se indica en el cuadro N°3.

Cuadro N°3. Costo total de implementación de una barrera viva de vetiver en los dos primeros años (en colones).

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	COSTO ESTOLONES	COSTO ESTABLECIMIENTO	COSTO MANTENIMIENTO	COSTO TOTAL
2	300	2430	3600	1350	4950
6	600	4860	7200	2700	9900
10	800	6480	10200	3600	13800
14	1100	8910	13200	4950	18150
20	600	2430	3600	1800	5400
30	600	2430	3600	1800	5400
40	1000	4455	6000	3000	9000
50	1000	4455	6000	3000	9000

*El jornal equivale a ₡ 1500 colones

Como se desprende de los costos antes mencionados, la implementación de las barreras vivas requiere por parte del agricultor de un trabajo adicional dentro de su finca que no necesariamente tiene un retorno económico a corto plazo.

CONCLUSIONES

El que un agricultor adopte o no este tipo de práctica agroconservacionista depende fundamentalmente del grado de conciencia de los problemas de erosión en su finca, por otro lado dependerá de la motivación en el sentido de que una adecuada planificación de un sistema de barreras vivas puede verse reflejada en aumentos de materia orgánica de los suelos, capacidad de infiltración, aprovechamiento de los fertilizantes, lo cual directamente estará relacionado con la productividad de sus cultivos.

Todas las barreras vivas en su especificidad presentan limitaciones, así tenemos que: el gandul fija nitrógeno, da forraje, leña, pero no cierra bien en su base; el King grass cierra bien en su base y da forraje, pero se puede volver invasor si no se maneja adecuadamente; la Caña India no cierra bien pero su sistema radical es profundo y sostiene muy bien los taludes de canales y caminos (Altos de Naranjo Atenas); el Zacate de limón cierra muy bien, pero puede afectar las plantaciones de café al ser hospedero de los piojillos de la raíz del café (Puriscal y Cedral de Miramar); y aún el pasto vetiver una de las barreras vivas más utilizadas es hospedero común de ratas (La Fortuna de San Carlos) y a roedores como las Taltuzas les encanta comerse la base de los tallos, produciendo "claros" en las barreras vivas y limitando el grado de compactación de las mismas (Tilarán de Guanacaste).

Aún así las bondades de las barreras vivas no admiten discusión, a lo mejor y por esto es una de las practicas agroconservacionistas más difundidas Sin embargo esta práctica agronómica de manejo y conservación de suelos y aguas debe de ser estudiada ya no únicamente bajo la óptica del control de erosión, sino que su implementación tenga un sentido más práctico y social como lo es la convergencia de los intereses de producción y conservación.

PALABRAS CLAVES: barreras vivas, erosión, conservación de suelos

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE SEIS GENOTIPOS DE COBERTURA/ABONO VERDE MUCUNA (*Stizolobium spp*)¹

José Arturo Solórzano

Dirección de Investigaciones Agropecuarias. Departamento de Protección de Cultivos,
DIA MAG., Tel Fax (506) 231-5004. Apdo 10094-1000 San José, Costa Rica. Email:
jsolorza@ns.mag.gov.cr



¹ Actividad Financiada por por la Red PRM período 98-99 y el proyecto FAO GCP/COS/012/NET

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA

En la Estación Experimental Los Diamantes de Guápiles, se evaluó el contenido de biomasa vegetal seca por separación de componentes de seis genotipos de mucuna. Los materiales evaluados fueron: *M. deerengianum*, *M. rayada*, *M. atterimun*, *M. sp Georgia velvet*, *M. sp Var Tlaltizapan* y *M. sp. Brazil*. Los materiales *M. sp. Georgia velvet* y *M. rayada* mostraron una buena precocidad y buen acumulo de biomasa a los 90 dds (cuadro). Por su parte el material *M. deerengianum* y *M sp Brazil* mostraron ciclos más largos y un buen aporte de biomasa de bejucos y tallos a los 135 dds. Las gráficas de biomasa de tallos y mantillo (mulch) presentan un comportamiento muy similar por lo que están estrechamente relacionadas en la incorporación y reciclaje de nutrimentos al suelo en forma rápida. La mayoría de las especies evaluadas presentaron una alta incidencia de la enfermedad Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), sin embargo todos los materiales se repusieron al ataque aunque se dio en etapas tempranas del cultivo.

Debido al tamaño reducido de las parcelas, así como la cercanía entre las parcelas y entre las repeticiones, no se puede evaluar por más de 135 días después de la siembra (dds), ya que algunos materiales invaden aquellos de porte menos indeterminado y menos agresivos. El control ejercido de malezas es muy adecuado para empleo de estas especies ya sea en rotación como en asocio con los cultivos de interés.

Biomasa (t/ha) de seis genotipos de Mucuna. Guápiles, Costa Rica. 1999.

	1 muestreo					2 Muestreo				3 Muestreo			
	Total	Tallos	Bejuco	Mantillo	Vainas	Tallos	Bejuco	Mantillo	Vainas	Tallos	Bejuco	Mantillo	Vainas
101 ¹	1.03	2.97	1.67	1.82	1.52	4.03	2.06	4.77	0.56				
102	1.41	5.18	2.07	3.39	1.84	3.38	2.14	5.09	3.2				
103	1.37	3.17	2.24	1.71	4.32	3.06	0.49	7.59	3.94				
104	1.14	3.62	2.93	2.14	0	3.23	2.11	5.19	0.96				
105	1.29	4.61	2.55	3.15	0	5.00	2.74	5.47	5.58				
106	1.63	3.47	2.98	2.14	0	5.47	4.06	3.58	2.61				

¹ 101 *M. deerengianum*,

102 *M. rayada*,

103 *M. atterimun*,

104 *M. sp Georgia velvet*

105 *M. sp Var Tlaltizapan*

106 *M. sp. Brazil*

PALABRAS CLAVES: abono verde, mucuna, coberturas, stizolobium, conservación

LA SIEMBRA DE ARROZ CON RIEGO EN LÁMINA DE AGUA: TRES AÑOS DE EXPERIENCIAS EMPÍRICAS EN GUANACASTE PARA EVITAR LA EROSIÓN DE SUELOS Y EL USO DE HERBICIDAS

Michael B. McCoy

Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Apdo. 1350, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, Tel: 277-3282, Fax: 237-7036, e-mail: prmvs@una.ac.cr

RESUMEN

La siembra de arroz con riego está aumentando en la provincia de Guanacaste, en muchas ocasiones en la cercanía de áreas silvestres con humedales de importancia internacional. Entre los impactos ambientales negativos de esta actividad se encuentra la preparación de terrenos para la siembra en la temporada seca con el uso del fanguero con maquinaria agrícola. Se estima una pérdida de hasta 33.5 TM de suelo de cada 10 ha sembrada con esta práctica, además de nutrientes. Además de empobrecer las tierras, tal decrecimiento en la calidad de las aguas que entran a las áreas silvestres y cursos fluviales puede afectar la fauna silvestre. El presente estudio probó una técnica nueva de siembra de arroz en lámina de agua, sin fanguero y sin drenar al sembrar. Se sembró una parcela demostrativa en cada temporada seca durante 1997, 1998 y 1999. Se lograron establecer densidades de plántulas de arroz aceptables comercialmente y a la vez eliminar casi en su totalidad la incidencia de dos malezas importantes: coyolillo (*Cyperus* sp) y *Echinochloa*. En 1997 no hubo necesidad de aplicación de ningún herbicida durante todo el cultivo y se logró una cosecha de 110 qq/hh (húmedo, sucio) en 7 ha. En 1998 se pudo establecer otra población semejante de plántulas de arroz. Sin embargo, se vio la necesidad de no dejar bancales húmedos por más de 3 días sin sembrar, para no permitir el desarrollo de maleza acuática. Además, se encontró que con el período tan extenso que toma una parcela para llenarse con agua, no se puede eliminar una fuerte infestación de arroz rojo con este modelo. Por esto, en terrenos con infestación de arroz rojo se debe hacer una germinación y quema con herbicida antes de levantar una lámina para la siembra. Otra alternativa es quemar el arroz rojo a los 50-70 días con equipo especializado recientemente desarrollado para este fin. Problemas percibidos por los agricultores de este modelo en cuanto a vitalidad del arroz para salir de la lámina, arranque de plántulas por oleaje y reducción de macollamiento no tienen fundamento con los resultados de este trabajo. El modelo de siembra en lámina de agua puede producirse una reducción significativa de costos. En terrenos bien nivelados con carencia de arroz rojo puede producirse una ganancia de 230,000 colones más otra ganancia de entre 50,000 a 250,000 colones para control de coyolillo y *Echinochloa*, según el grado de infestación. Se presenta una serie de recomendaciones para los agricultores con el objeto que adapten el modelo sin mayor problema.

INTRODUCCIÓN

El arroz es básico en la dieta del costarricense. Sin embargo, hace 15 años el Gobierno decidió reducir su apoyo a esta actividad, perjudicando especialmente la investigación agrícola. Esta es una de las razones del por qué la producción nacional solo alcanza la mitad (90,000 TM) de la demanda interna. Pese a ello, se ha hecho un esfuerzo para adecuar más terrenos en Guanacaste con el sistema de riego de la segunda etapa Arenal-Tempisque. Con este proyecto se piensa incrementar el área sembrada con riego de 15,000 a 60,000 ha en la provincia.

El incremento de esta actividad tiene sus impactos ambientales, algunos favorables, otros no. Muchos terrenos bajo este uso están ubicados cercanamente a varias áreas silvestres con humedales. Sin duda el cultivo de arroz con riego en el invierno (temporada lluviosa) provee sitios importantes temporales para la alimentación de muchas especies de aves acuáticas provenientes de las áreas silvestres. Información preliminar muestra la captura de presas por una garza (*Casmerodius alba*) de hasta tres veces más rápida en arrozales, durante la preparación de terrenos, comparada con humedales más naturales (Orozco, datos no publicados).

Sin embargo, entre los impactos negativos de la siembra de arroz con riego, considero que el más fuerte es la pérdida de suelo y nutrientes durante las preparaciones de terrenos en la temporada seca. En la temporada lluviosa es necesario preparar los terrenos en forma húmeda con el fanguero con chapulín agrícola (McCoy *et al.* 1994). Tal método tiene el efecto, además, de reducir la incidencia de malezas y por ende reducir el uso de herbicidas (McCoy *et al.* 1994). Sin embargo, en la temporada seca el uso del fanguero para la preparación tiene un impacto ambiental muy negativo. Esto por el hecho de que los fuertes vientos producen mucha agitación del agua que no permite la sedimentación del suelo, y al botar el agua se lleva el suelo. Mediciones preliminares muestran cargas de hasta 43 g de suelo por galón (3.785 lit) de agua, lo que se traduce en una pérdida de 33.5 TM de suelo en 10 ha fangueadas con 30 cm de profundidad de agua. Además de empobrecer las tierras, este efecto significa costos adicionales de limpieza de canales de drenaje y cambios de la fauna invertebrada en estas aguas (Martínez 1998) que pueden afectar otros grupos taxonómicos de niveles superiores. Desde 1975 se desarrolló un sistema en el Valle de Sacramento, California donde se siembra el arroz en una lámina de agua limpia y no se drena, controlando así las malezas (Flint 1983, Hill *et al.* 1992, Rutger y Brandon 1981, Williams *et al.* 1990). Allí se logra los mejores rendimientos del mundo, de entre 200 a 250 qq/ha (seco y limpio).

El presente trabajo tuvo como objetivo probar en Guanacaste el método de siembra en lámina de agua con fines de encontrar una alternativa de la práctica negativa actual de fanguero en la temporada seca.

ÁREA DE ESTUDIO

Realizó las pruebas en el asentamiento del Instituto de Desarrollo Agrario de Bagatzi de Bagaces, Guanacaste, localizado a unos 20 km al suroeste del pueblo de Bagaces, colindante al Parque Nacional Palo Verde. La topografía es plana y los suelos son muy arcillosos del Orden Vertisol. Hay fuerte estacionalidad donde cae alrededor de 1500 a 2000 mm de precipitación entre mayo y noviembre. El resto del año es seco con vientos diarios fuertes. Temperatura media es cerca a los 30°C. La zona de vida es bosque seco tropical (Holdridge 1967). El sitio de estudio fue deforestado en 1983 y se ha sembrado arroz desde entonces. El agua de riego proviene de la infraestructura de la segunda etapa de riego Arenal-Tampisque. Ver Vaughan *et al.* (1982, 1998) para más detalle sobre el área de estudio.

MÉTODOS

Somber una parcela demostrativa en cada verano (temporada seca) de las siguientes fechas: el 6 de feb. de 1997 (7 ha), el 21 de abril de 1998 (7 ha) y el 17 de feb. de 1999 (10 ha). Sembré la variedad de arroz CR1113 en 1997 y 1999 y la variedad CR1821 en 1998. Antes de la siembra, la preparación del terreno incluyó: a) una pasada con rastra y chapulín agrícola, b) de 20 a 50 hrs de nivelación de terreno con una sistema de nivelación por laser (Modelo R2S-S; Spectraphysics, Dayton, Ohio, USA) con chapulín y rufa agrícola, c) una pasada con un rol pesado (llenado con 1600 lit de agua) para compactar, quebrar terrones, y surquear la superficie a 90° a partir de la dirección del viento. En 1997 y 1998 se aplicó 3 quintales/ha de un abono de siembra (18-46-00, N-P-K) antes de pasar el rol.

Inmediatamente después de la preparación, se introdujo el agua de riego de tal forma que levantara una lámina de 5-10 cm de agua en cada bancal (sub-parcelas del mismo nivel) antes de dejar pasar el agua al próximo bancal. En 1997 y 1998 se tardó 7 días para inundar cada parcela con la lámina de agua. Los sacos de semilla fueron introducidos en un pozo de agua durante 24 hrs. Luego fueron colocados fuera del agua en sombra durante 24 hrs. Inmediatamente después se sembró a mano la semilla pre-germinada directamente en la lámina de agua. Se sembró a una tasa de 4.5 (1997) a 5 qq (1998) de semilla por ha. *No se drenó el agua al sembrar.* Se mantuvo la lámina de agua durante 8 días en 1997, y durante 25 días en 1998 posterior a la fecha de siembra. En 1997 se drenó el agua, dejando las plántulas expuestas durante 4 días, para luego volver a inundar con 10 a 15 cm de agua, y no se volvió a drenar. En 1998 se drenó el agua después de los 25 días por un lapso de 10 días, para luego volver a inundar (10-15 cm) durante el resto del cultivo.

La siembra de 1999 tuvo la variante de que al finalizar la preparación del terreno, cayeron dos aguaceros fuertes el 17 y 18 de febrero, mojando suficientemente el suelo de tal forma que una semana después salió una población significativa de arroz voluntario proveniente de la cosecha en enero. Se decidió mantener estas plántulas y se introdujo

El agua de riego el 24 de febrero, sin levantar una lámina de agua. Tomó 8 días humedecer los 10 ha. Ya humedecida toda la parcela se procedió a levantar la lámina de agua, bancal por bancal a 5-10 cm. Así se mantuvo inundado durante el resto del cultivo.

En 1997 se aplicó tres abonadas posteriores de la de la siembra para un total de 100-40-40 kg/ha de N-P-K (incluyendo el de la siembra). En 1998 se aplicaron cuatro abonadas posteriores a la siembra para un total de 185-50-85 kg/ha de N-P-K. La primera abonada este año fue a los 15 días de la siembra y directamente en la lámina de agua con 3 qq/ha de 30-0-15 (N-P-K). En 1999 se aplicaron solamente dos abonadas para un total de 95-0-75 kg/ha de N-P-K.

En los períodos de fuertes vientos (>50 km/hr) durante los días 8-15 desde la siembra en 1997 y 1998, se bajó el nivel de la lámina hasta los 1-5 cm para que no hubiera oleaje que arrancara las plántulas.

Finalmente para tener una idea preliminar del efecto del fangueo sobre la calidad de las aguas, en marzo de 1999 se tomaron muestras de agua para analizar su contenido de sólidos y nutrientes N-P-K en tres puntos: a) del agua limpia de riego antes de entrar a los arrozales, b) de aguas recién fangueadas, y c) del agua del drenaje principal al salir de los arrozales. Fueron analizados en los laboratorios: a) LASEQ (Laboratorio de Análisis y Servicios Químicos) del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, y b) laboratorio de residuos de plaguicidas del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. Se usó el método de análisis de APHA (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th edition, 1992).

RESULTADOS

1997

Al drenar la parcela a los 8 días se observó una alta germinación de arroz, con una densidad de 50 a 120 plántulas por cuadrante de 30 por 30 cm. A los 4 días del drenado se observó una germinación alta de la maleza coyolillo (*Cyperus* spp) con plántulas de 1 a 2 cm de altura. Las plántulas de arroz midieron unos 4-6 cm de altura. Sin embargo, al reinundar permanentemente la parcela a 10-15 cm de profundidad, inclusive por encima de las plántulas de arroz, se logró eliminar esta maleza y las plántulas de arroz salieron muy bien de la lámina de agua. Además, la densidad de plántulas de arroz fue tan grande que a los 22 días se cerraron los espacios entre plántulas con sus propias hojas, eliminando así malezas acuáticas que también habían germinado. Finalmente, hubo una pérdida no significativa de plántulas de arroz por oleaje. No hubo necesidad de utilizar herbicida en esta parcela durante todo el cultivo. Se logró un rendimiento de cosecha en el campo (húmedo y sucio) de 110 qq/ha en junio.

1998

El arroz germinó y salió muy bien de la lámina de agua a los 15 días sin nada de malezas de coyolillo ni del zacate *Echinocloa*. La densidad de plántulas de arroz fue menor que el año anterior (unos 20-50 plántulas por cuadrante de 30 x 30 cm. Nuevamente no hubo pérdida de plántulas de arroz por oleaje. Sin embargo, si hubo problemas de maleza

acuática en los primeros tres bancales (2.5 ha) que recibieron el agua primero en la parcela. Esto por el hecho de que tales bancales estuvieron con agua más tiempo (7 días) que los otros bancales antes de la siembra, y la maleza acuática logró tener más edad cuando se sembró el arroz. Ésta compitió mejor contra el arroz, y tuvimos que aplicar un herbicida para malezas acuáticas de hoja ancha (Ally) en estos bancales. Sin embargo, el aplicar la abonada a los 15 días ayudó a que el arroz en los otros bancales (con menos tiempo húmedo) se cerrara contra la maleza acuática. No hubo necesidad de aplicar más herbicida contra maleza acuática durante el resto del cultivo. Otro problema que surgió fue la germinación significativa de otra maleza en los últimos 2 bancales (2 ha), el arrozón o arroz rojo (*Oryza* sp). Se aplicó dos veces herbicida sistemático (Roundup), a mano y con guantes de tela a las hojas altas de este maleza, pero no se pudo eliminarlas significativamente. Se logró un rendimiento de cosecha en el campo (húmedo y sucio) de 80 qq/ha en agosto.

1999

Se logró una buena germinación y densidad de plántulas con este método, sin embargo se midió una frecuencia de ocurrencia de plántulas de arroz rojo de hasta 30% en algunos sectores de la parcela. Además, antes de levantar la lámina de agua había una densidad altísima de plántulas de coyolillo de 1 cm de altura. Al inundar la parcela con 5-10 cm de agua, inclusive sobre las plántulas de arroz, se logró eliminar el coyolillo de la parcela casi por completo. El arroz salió excelentemente de la lámina de agua. A los 60 días se inició un trabajo de quema de arroz rojo con el herbicida, Roundup, con un equipo recién desarrollado para agilizar y mecanizar el contacto del herbicida con las hojas solamente, sin contaminar el ambiente. No hubo necesidad de aplicación de otros herbicidas durante el cultivo. Todavía no se ha cosechado esta parcela.

Análisis de Muestras de Agua

El Cuadro 1 muestra los resultados del análisis químico y físico de las muestras. Se puede notar un notable aumento de nitratos, amonio, fósforo soluble y potasio después de fanguear. Aunque se disminuyen los nitratos y el amonio al llegar las aguas al drenaje final, la cantidad de potasio continúa alta y se aumenta aún más el fósforo soluble.

Cuadro 1. Análisis químico preliminar a una muestra de agua para nitrógeno, fósforo y potasio (mg/L), en cada una de tres ubicaciones dentro del área de estudio.

Ubicación	Nitratos (NO ₃ ⁻)	Amonio (NH ₄ ⁺)	Fósforo Soluble (PO ₄ ³⁻)	Potasio (K ⁺)
Limpia de Riego	0.63	<0.01	<0.01	1.48
Fanguada	5.99	0.74	0.13	3.88
Drenaje Final	1.47	0.09	0.39	3.48

El Cuadro 2 muestra un considerable aumento de sólidos filtrables y suspendidos al fanguear, y que al llegar el agua al drenaje final todavía queda una cantidad notable de sedimentos suspendidos en el agua.

Cuadro 2. Análisis físico preliminar a una muestra de agua para sólidos filtrables y suspendidos (mg/L), en cada una de tres ubicaciones dentro del área de estudio.

Ubicación	Sólidos Filtrables	Sólidos Suspendidos	Sólidos Totales
Lámina de Riego	69	0	69
Fangueada	3098	219	3317
Drenaje Final	461	55	516

DISCUSIÓN

Este trabajo demostró que en Costa Rica se puede utilizar el método de siembra de arroz en lámina de agua como medida para reducir el uso de herbicidas químicos y eliminar la práctica de fangueo en verano. Este estudio mostró el éxito en dos ocasiones distintas y en áreas de siembra comercial. Además, el autor ha visto el método usado en otras fincas grandes de la zona. En 1994 se probó en la Hacienda Pelón de la Bajura y en 1995 en Llanos Cortéz de los Stewards con éxito en ambos casos. Algunos pequeños agricultores cerca del pueblo de Cañas han experimentado con el método. Sin embargo, hay mucho rechazo de este método por parte de los pequeños agricultores de Bagatzí hasta el momento, creo porque son muy conservadores y necesitan más evidencias de los beneficios económicos del método. Se necesita divulgar más los resultados en el campo con las parcelas demostrativas.

El presente trabajo demostró rotundamente el control de dos malezas problemáticas, coyolillo y *Echinocloa*, con la siembra en agua. Además, aunque no se sembrara en lámina, la experiencia de este trabajo demostró que si se inundan las plántulas de arroz de 8-15 días de edad y las plántulas de coyolillo o *Echinocloa* de esta misma edad (1-2 cm de altura), se puede eliminar en 100% la presencia de estas dos malezas con 1-2 cm de agua. Es especialmente importante el control de coyolillo, porque es una planta difícil de controlar con herbicida, además de que secreta una autotoxina que perjudica mucho al arroz y afecta los rendimientos. Sin embargo, es importante no dejar ningún bancal con agua más de tres días sin sembrarlo. Así se logra que el arroz compita exitosamente contra las malezas acuáticas, especialmente si se da una abonada a los 15 días de la siembra.

Muchos agricultores temen sembrar en lámina de agua por los fuertes vientos y oleajes. Sin embargo, manipulando la profundidad del agua para que las olas que se forman, rompan sobre ellas mismas, no hay mayor efecto del oleaje. Para que las olas no rompan encima de la superficie del agua hay que bajar el nivel del agua durante los fuertes vientos entre 1 a 5 cm. De hecho la semilla no se corre por los terrones y los surcos dejados por el rol. El tiempo crítico es entre los 5 y 15 días después de la siembra cuando las plántulas tiene de 1 a 3 cm de altura y la raíz aún no es fuerte. En ningún caso se deben usar láminas de agua >15 cm cuando hay fuertes vientos. Se arrancarán

las plántulas. Inclusive es mejor exponer algunas partes de los bancales si todavía quedan lugares un poco altos al bajar el nivel de agua durante los fuertes vientos, para luego matar las malezas con una lámina cuando las plántulas de arroz estén más fuertes. Sin embargo, hay que tener cuidado con favorecer una alta germinación de arroz rojo en esta áreas al exponerlas.

Otra crítica que dan los agricultores a la siembra en lámina de agua es que piensan que el arroz cultivado así no macolla igual que cuando se cultiva en condiciones más secas. Es importante que cada planta produzca de tres a cinco macollas porque se desarrolla una espiga de granos en cada una. Sin embargo, yo nunca he visto, en forma general, que el arroz cultivado en lámina de agua tenga menos de tres a cinco macollas. No tengo datos concretos sobre este punto, y debe investigarse más a fondo, pero no creo que los agricultores tengan razón. Además, muchos agricultores creen que al usar mucha agua el arroz no desarrolla bien su sistema radical y es más propenso a volcarse antes de la cosecha. Pese a ello, en las dos ocasiones del presente estudio no tuve ningún problema con volcamiento. Sin embargo, es durante los primeros 22 días cuando se controla la maleza, y si se usa la lámina se puede drenar a los 23 días y dejar que las plantas crezcan en condiciones más secas sin ningún problema debido a que la maleza no puede competir contra el arroz a partir de ese momento. Así el arroz tendrá 17 días más (hasta los 40) para producir macollas beneficiosas.

Otro problema potencial con sembrar en agua sin fanguear es que puede favorecerse la germinación de mucho arroz voluntario (granos de arroz caídos de la cosecha anterior). Esto es lo que provocó la alta densidad de plántulas en la parcela de 1997, lo cual considero que fue excesivo y pudo haber afectado el rendimiento. Si el agricultor sospecha que su terreno tiene mucho grano caído de la cosecha anterior o quiere cambiar de variedad en la siembra de verano, posiblemente sería mejor que se provocara una germinación humedeciendo el terreno y luego quemando las plántulas con herbicida. Después se puede levantar una lámina para sembrar en agua.

En 1997 el rendimiento de la cosecha, aún con su alta densidad, fue respetable. Sin embargo, el rendimiento en 1998 fue demasiado bajo. Pienso que más que nada se debió a la siembra en una fecha muy tardía (finales de abril). Se ha notado durante muchos años que los rendimientos bajan al sembrar en abril o mayo en Bagatzí, quizá por condiciones climáticas o fotoperíodos. Se sembró tardíamente por tener que esperar la maquinaria agrícola para la preparación del terreno. Además, la parcela fue invadida y atacada fuertemente por un insecto chupador de granos (*Mormidea* y *Oeabalus*, chinche de espiga) al cosecharse las parcelas colindantes en julio, lo que también bajó el rendimiento.

El mayor problema de la siembra en agua en Costa Rica es la propagación de arroz rojo. Una alta infestación de arrozón de 40-50% de cobertura puede reducir rendimientos de 50 a 80%. No se puede controlar con rociado manual o aéreo de herbicida, ya que no hay herbicida específico para arroz rojo. Esta tal vez es la razón principal por lo que los agricultores fanguean en el verano, además de que la mayoría no entienden el efecto de

na lámina contra el coyolillo y *Echinochloa*. Al fanguear, la semilla de arroz rojo queda en terrada, y como la semilla comercial se siembra encima de la superficie, se reduce la incidencia del arroz rojo, aunque la semilla de arroz rojo todavía es un problema potencial, ya que puede sobrevivir décadas en el suelo, y va acumulándose. Un problema gravísimo es la falta de control por parte de la Oficina de Semillas de Costa Rica, que permite legalmente hasta un 3% de contaminación de semilla certificada con arroz rojo. Es perpetua la contaminación de los terrenos por el hecho de que los agricultores tienen que sembrar por lo menos la mitad de su área de siembra con esta semilla certificada@ contaminada para poder asegurar su cultivo con el Instituto Nacional de Seguros.

Si el agricultor tiene un banco de semilla significativo de arroz rojo en su terreno, entonces tiene tres caminos a tomar durante el verano. Una sería volver a dar una pasada de fangueo y botar el agua, como se hace actualmente, con la siguiente pérdida de suelo y nutrientes que esto implica. Otra sería usar el modelo desarrollado en este trabajo, en el entendido de que tendría que utilizar un mecanismo de control de arroz rojo con herbicida entre los 50-70 días, o con guante de tela a mano, o con el equipo recién desarrollado para aplicar el herbicida más eficazmente. El tercer método sería igual que lo mencionado anteriormente con la variante de no levantar la lámina, sino humedecer toda la parcela para germinar todo el arroz voluntario, coyolillo, *Echinochloa*, maleza acuática y arroz rojo. Se quita el agua y ya a los 15 días se quema todo lo germinado con herbicida general (Roundup). Luego, sin perturbar la superficie del suelo se levanta una lámina de agua, bancal por bancal, se siembra semilla pre-germinada y así se va completando el modelo antes descrito. Tendría que repetirse este modelo durante varios veranos para ir reduciendo la cantidad de semilla de arroz rojo enterrada en el suelo. Sería conveniente que algún día la Oficina de Semillas restrinja más fuertemente la contaminación de semilla certificada con arroz rojo, ya que de otra forma no se va a solucionar este problema, que está causando indirectamente la pérdida de miles de toneladas de suelo y nutrientes cada año.

En el Valle de Sacramento de California, USA, donde se siembra hasta 100,000 ha de arroz al año (30% de la producción interna) tenía el mismo problema de arroz rojo que actualmente hay aquí. Sin embargo, con un control estricto sobre la semilla certificada (ningún % de contaminación permitido) y con un cambio del sistema de siembra, con el modelo de siembra en lámina de agua se ha logrado eliminar casi completamente la infestación de arroz rojo en todo el área de siembra (Hill *et al.* 1992). En California se puede matar el arroz rojo con la siembra en lámina de agua por el hecho de tener la capacidad de inundar los terrenos más rápidamente, no dejando que la semilla de arroz rojo respire oxígeno. El problema en Costa Rica es que toma de 8 a 15 días el inundar solamente 10 ha con la actual organización e infraestructura.

A pesar de estos problemas es interesante ver la respuesta de las dos variedades costarricenses de arroz al salir con mucha vitalidad de una lámina de agua, especialmente la CR1113, ya que no fueron seleccionadas para esta característica y el CR1113 es una variedad para condiciones secas y no de inundación por riego.

Aspectos Económicos

La siembra de arroz en lámina de agua trae consigo costos iniciales. El costo más grande es la nivelación con laser, requisito para usar lámina de agua contra malezas. Sin embargo, los agricultores están nivelando ahora, por los múltiples beneficios que les trae, aún sin pensar en sembrar en lámina de agua. Inclusive la mayoría invierten en nivelación y luego hacen una pasada de fanguero sobre el trabajo de nivelación, ya que ellos consideran que es la única manera de controlar las malezas. El modelo de la mayoría de los agricultores (en 10 ha) es invertir en: a) una pasada de rastra (80,000 colones), b) 20 horas de nivelación con laser (160,000 colones), y c) una pasada de fanguero (80,000 colones). El costo total es 320,000 colones más el agua con suelo y nutrientes que se bota al sembrar.

El costo de preparación para sembrar en lámina de agua incluye solamente el a) y b), más 10,000 colones para pasar el rol, o sea 250,000 colones. Adicionalmente, se espera de cuando la parcela ya esté bien nivelada, no se tendrá que invertir en el costo b) todos los veranos. Si la parcela no tiene problema de semilla de arroz rojo la preparación costará o 70,000 menos (o sea el 3.5% del costo total de siembra de 2 millones) (cuando usa laser) o 230,000 menos (el 11.5% del costo total) (sin laser). Si la parcela tiene problemas de arroz rojo se gastarán los 70,000 colones ahorrados en la quema de arroz rojo antes o después de sembrar. Así el costo total iguala el modelo de los agricultores, pero no se pierda el suelo ni los nutrientes y no se pierde la nivelación, lo que pasa muchas veces al hacer una pasada de fanguero después de nivelar con laser.

RECOMENDACIONES

- a) Como el fanguero en verano provoca la erosión de miles de toneladas de suelo más cantidades significativas de nutrientes (N-P-K), se recomienda la siembra de arroz en lámina de agua, sin fanguero (Tabilo y McCoy 1998).
- b) Es importante la utilización de tal modelo porque controla casi en su totalidad las malezas de coyolillo y *Echinochloa*.
- c) Se requiere que el terreno se nivele con laser, pero como la mayoría de los agricultores ya están haciendo esto por otros beneficios, no implica un costo mayor en el proyecto de Bagatzí.
- d) No debe usar >15 cm de agua. Puede ser necesario bajar el nivel durante fuertes vientos. Además, no debe dejarse por más de 3 días ningún bancal con agua sin sembrar (cuando haya germinación de malezas acuáticas).
- e) El modelo puede provocar germinación de arroz voluntario y arroz rojo. En caso de contaminación de estas semillas en el suelo se recomienda que se provoque una germinación y quema con herbicida antes de levantar la lámina para la siembra posterior. En caso de solo tener contaminación con arroz rojo se puede evitar la germinación anterior y hacer una quema de arroz rojo a los 50-70 días con un equipo recién desarrollado para este fin.

- f) El uso de este modelo no representa un costo mayor para el agricultor, más bien puede reducir los costos de preparación en 70,000 colones si no hay contaminación de arroz rojo, y de hasta 230,000 colones cuando la parcela no requiere nivelación. Además se elimina la necesidad de aplicar herbicida contra coyolillo y *Echinochloa* a los 2 o 3 semanas de la siembra, un ahorro de entre 50,000 a 250,000 colones según la infestación.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue posible por financiación parcial del: Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EUA (USFWS), el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF), el Servicio Alemania para el Intercambio Académico (DAAD) y la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- Flint, M. L. (ed.). 1983. Integrated pest management for rice. Publication 3280. Cooperative Extension University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA. 94 pp.
- Hill, J. E., S. R. Roberts, D. M. Brandon, S. C. Scardaci, J. F. Williams, C. M. Wick, W. M. Canevari y L. Weir. 1992. Rice production in California. Publication 21498. Cooperative Extension University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA. 22 pp.
- Holdridge, L. R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 206 pp.
- Martínez, E. A. 1998. Utilización de organismos acuáticos macro-bentónicos en la determinación de la calidad de las aguas naturales en los arrozales de Bagatzi, Guanacaste. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 85 pp.
- McCoy, M. B., E. Aragón, G. Herra y L. E. Rodríguez. 1995. Irrigated rice cultivation and waterfowl: Methods to reduce the conflict. Páginas 390-393 in J. A. Bissonette y P. R. Krausman, ed. Integrating people and wildlife for a sustainable future. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA. Allen Press, Inc., Lawrence, Kansas, USA. 715 pp.
- Orozco, V. (unpublished). Affect of tractor disturbance on foraging success of great egret (*Casmerodius albus*) in rice fields, Guanacaste, Costa Rica. Trabajo final del curso de campo del ACM, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.
- Rutger, J. N. y D. M. Brandon. 1981. California rice culture. Scientific American 244(2):42-51.
- Tabilo, E. y M. B. McCoy. 1998. Plan de Manejo Ambiental para el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Riego Arenal-Tempisque (PRAT-II), y sus Posibles Efectos en el Parque Nacional Palo Verde. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. (mimeo). 22 pp.
- Vaughan, C., G. Canessa, M. McCoy, M. A. Rodríguez, J. Bravo, J. Sánchez, R. Morales, T. Hawkins, E. Crozier, D. Shaffer, M. Rodríguez y F. Hodgson. 1982. Refugio de fauna silvestre Rafael Lucas Rodríguez Caballero (Palo Verde). Plan de manejo y desarrollo. Editorial de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 271 pp.
- Vaughan, C., M. McCoy, J. Fallas, H. Chávez, G. Barboza, G. Wong, M. Carbonell, J. Rau, M. Carranza. 1998. Plan de manejo y desarrollo del Parque Nacional Palo Verde y Reserva Biológica Lomas Barbudal. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. (mimeo). 218 pp.
- Williams, J. F., S. R. Roberts, J. E. Hill, S. C. Scardaci y G. Tibbits. 1990. Managing water for weed control in rice. California Agriculture 44(5):6-10.

PALABRAS CLAVES: *arroz con riego, control de maleza, reducción de impacto ambiental*

FIJACIÓN DE NITRÓGENO DEL MANÍ FORRAJERO CIAT 17434 (*Arachis pintoi*) ASOCIADO CON PASTO ESTRELLA (*Cynodon nlemfuensis*) EN CONDICIONES DE CAMPO

Ruth Rodríguez, Leonidas Villalobos y Carlos Cervantes

Universidad Nacional

Milton Villarreal

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Segundo Urquiaga

Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la capacidad de fijación biológica de nitrógeno del *A. pintoi* asociado *C. nlemfuensis*, en condiciones de campo y estimar la cantidad de nitrógeno proveniente de la leguminosa que es incorporada a la gramínea. El ensayo se realizó en la Finca La Balsa (ITCR), en Santa Clara, de San Carlos, Alajuela; ubicada a 172 msnm, con temperaturas máxima, mínima y media de 30 °C, 22 °C y 26 °C, una precipitación media anual de 3062 mm. Presenta un suelo Inceptisol, de textura franco arcillosa. Los tratamientos fueron a) asociación de *A. pintoi* y *C. nlemfuensis* y b) *C. nlemfuensis* en monocultivo. Se seleccionaron dos áreas de 100 m² para cada tratamiento. En el sistema asociado *A. pintoi* representó el 14.50%. En cada área se distribuyeron al azar cinco microparcelas de 4m² cada una, en las que se delimitó un área de cosecha de 1 m². Se realizó un corte de la pasturas, se marcaron las microparcelas utilizando para cada una 31.25 g de (NH₄)₂SO₄ con 10% de átomos en exceso de ¹⁵N, el que se aplicó disuelto en agua. A los 35 días, se cosechó el área de 1m², se separaron los componentes de la pastura. Se determinó el peso fresco, peso seco a 65±1 °C, se molieron y se analizaron para ¹⁵N. Se evaluó la producción de materia seca, porcentaje de nitrógeno total y acumulación de nitrógeno por las plantas, porcentaje de ¹⁵N y porcentaje de nitrógeno en las plantas de maní proveniente de la fijación simbiótica y cantidad de nitrógeno fijado. Los porcentajes promedio de fijación fueron de 80%. Esto se asoció con un bajo porcentaje de nitrógeno derivado del fertilizante y del suelo. Se encontró un menor enriquecimiento de ¹⁵N en la gramínea asociada. Esto refleja la importancia de utilizar el cultivo de referencia sólo cuando se va a estimar la fijación biológica de leguminosas en asociación, ya que la competencia de la gramínea en asociación con la leguminosa afecta su crecimiento y absorción de nitrógeno. También se estima que la diferencia de enriquecimiento de ¹⁵N de la gramínea entre las dos condiciones es reflejo del aporte adicional o transferencia de nitrógeno que la leguminosa ofrece a la gramínea. Los porcentajes estimados de transferencia del nitrógeno son relativamente bajos, obteniéndose valores de 25%, lo que representa cantidades de 1.92, kg/ha de nitrógeno presentes en la gramínea que se estima provienen de la leguminosa acompañante. En este sentido, la excreción de nitrógeno por las raíces de la leguminosa y el nitrógeno liberado de la descomposición de la planta presente bajo la superficie del suelo está influenciada por la biomasa radical y por la tasa y tiempo de descomposición, y en el presente ensayo el porcentaje de *Arachis* dentro de la fijación biológica del nitrógeno cuando se encuentra asociado con gramíneas, en condiciones de campo. *A. pintoi* ofrece una alternativa viable para el productor en términos de aporte de nitrógeno al sistema de producción al utilizarse asociado con gramíneas.

PALABRAS CLAVES: fijación de nitrógeno, *Arachis pintoi*, pasturas asociadas, forrajes

DENSIDAD Y BIOMASA DE LOMBRICES PRESENTES EN PASTURAS ASOCIADAS Y NO ASOCIADAS CON *Arachis pintoi*, EN DIFERENTES LOCALIDADES DE SAN CARLOS

Ruth Rodríguez y Leonidas Villalobos

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Apartado 86-3000, Heredia. E-mail: rrodrigu@una.ac.cr, lvillalo@una.ac.cr Fax (506)2610035

Milton Villarreal

Escuela de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede de San Carlos. Apartado 223-4400 Ciudad Quesada. Email: milvilla@sol.racsa.co.cr, Fax: (506)4755024. Programa Cooperativo UNA-NCSU-UCR

El objetivo de la investigación fue determinar la densidad, biomasa y diversidad de lombrices presentes en diferentes sistemas de pastoreo (gramínea sola vrs gramínea asociada con *Arachis pintoi* 18744) en varias localidades de San Carlos (La Palmera, Sucre, Río Cuarto y Florencia) y en diferentes pisos altitudinales (83 a 1750 m.s.n.m) En cada sistema se realizó un muestreo aleatorio en áreas alledañas, una donde sólo existía la gramínea y otra de la gramínea asociada con *Arachis pintoi* 18744. Las asociaciones fueron con las gramíneas: *Cynodon nlemfuensis*, *Pennisetum clandestinum*, *Ischaemum ciliare* y *Brachiaria brizantha*. Los muestreos se realizaron durante la época lluviosa de 1997 (setiembre) y 1998 (noviembre). El primer año, se muestrearon tres fincas, tomando cinco submuestras de 22x22 cm x 20 cm de profundidad por área de muestreo (asociada y no asociada) para formar una muestra compuesta. Se realizó una extracción manual de las lombrices y capullos. El segundo año, se muestrearon seis fincas, pero cada una de las cinco submuestras fue analizada en forma individual. En esta ocasión, luego de realizada la extracción, las lombrices fueron colocadas en viales, se lavaron con agua destilada, se pesaron vivas y se fijaron en una solución de alcohol etílico al 90% y formol al 10 % en partes iguales, una vez muertas se colocaron en una solución de formol al 10%. Al día siguiente se transfirieron a una nueva solución de formol al 5%. Luego se clasificaron a nivel de especie, y se separaron en cliteladas (adultos, maduros) y no cliteladas (juveniles o adultos que han perdido el clitelo). Para el primer año (1997) las poblaciones fueron muy variables entre diferentes sistemas de producción, pero homogéneas dentro de un mismo sistema (asociado vrs no asociado). Mientras que para el segundo año (1998), en la mayoría de los casos la población de lombrices superó los 140 ind/m² (Cuadro). El número de capullos por metro cuadrado fue variable en ambos sistemas de pastura para todos los casos. La especie dominante fue *Pontoscolex corethrurus* (especie endógea y

considerada geófaga): Esta representó el 100% de la población en los diferentes sitios muestreados, a excepción de una de las fincas de Sucre (1750 msnm), donde *Porethrurus* representó el 88.37% en la condición asociada (A) y 88.57 % en la no asociada (NA), mientras que el 11.63% y 11.43% (A y NA) restante correspondió a la especie *Metaphire californica* (especie anécica, detritívora y pigmentada).

Densidad de lombrices y capullos en pasturas asociadas(A) y no asociadas(NA) con *Arachis pintoi*

Lugar Finca Altitud (msnm)	Suelo (clase textural)	Sistema de pastura	1997		1998	
			Densidad (lombr/m ²)	Densidad (capull/m ²)	Densidad (lombr/m ²)	Densidad (capull/m ²)
Florencia (83)	Frc arcilloso	A	20	12	128	95
	Frc Arcillo aren	NA	15	13	70	70
La Palmera (100)	Arcilloso	A	8	9	21	37
	Arcilloso	NA	4	7	58	107
La Palmera (200)	Arcilloso	A			141	120
	Arcilloso	NA			211	83
Río Cuarto (650)	Frc arcilloso	A	141	44	244	70
	Frc Arcillo Aren	NA	121	74	376	161
Sucre (1600)	Arcilloso	A			215	91
	Arcilloso	NA			174	41
Sucre (1750)	Frc Aren	A			178	124
	Frc Aren	NA			145	124

PALABRAS CLAVES: bioindicadores, ecología del suelo, lombrices, *Arachis pintoi*, San Carlos

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RESIDUOS DE PALMITO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE UN SUELO DEL ORDEN ANDISOL*

Lidieth Uribe, José Pablo Quesada y Alfredo Alvarado

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

*Trabajo parcialmente financiado por el proyecto Decision aids for integrated soil nutrient management

Con el fin de buscar alternativas para el manejo de nutrientes en el cultivo de pejíbaye para palmito se estudió el efecto que la aplicación de residuos de cosecha y de cal ejerce sobre las propiedades de un suelo del orden Andisol (condición inicial: pH 5.0 y acidez de 1.17 cmol (+)/L). El suelo se empacó en columnas de PVC (60 cm longitud x 10.2 cm de diámetro) a las que se adicionó sobre la superficie los siguientes tratamientos: encalado (2 Ton Ha⁻¹ CaCO₃), residuos (10 Tons Ha⁻¹) y encalado combinado con la aplicación de residuos usando las dosis mencionadas. Se implementó un sistema para proporcionar una lámina de 4.9 cm de agua/hora durante dos horas. Después de 4 días, las columnas fueron divididas en 4 segmentos de 10 cm cada una y se realizaron análisis químicos a cada una de las fracciones de suelo y al lixiviado recogido durante los cuatro días de experimento.

La aplicación de cal fue el tratamiento más efectivo para disminuir el Al en el segmento 0-10 cm de la columna de suelo. La adición de residuos aumentó los niveles de Ca en el segmento 0-10 cm y parecen disminuir el movimiento de Ca y Mg a través de la columna resultando en una menor conductividad en el lixiviado y en la conservación de estas bases en el sistema.

PALABRAS CLAVES: *encalado, palmito, subproductos, fertilización, residuos de cosecha*

CONSECUENCIAS DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE LA CACHAZA EN EL CAMPO SOBRE SU CONTENIDO QUÍMICO Y SU RIQUEZA NUTRICIONAL

Marco Chaves, Álvaro Angulo y Gerardo Guzmán

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)

La producción de cachaza en los ingenios nacionales forma parte obligada del proceso industrial de fabricación del azúcar, motivo por el cual el minimizar su producción e incorporarle valor agregado como residuo orgánico, constituyen dos metas actuales. Con el objeto de verificar el cambio que acontece en la composición de ese residuo, con su estacionamiento a la intemperie en el campo por largos períodos de tiempo, se evaluó periódicamente el contenido de los principales nutrimentos. El estudio se efectuó con cachaza fresca del Ingenio Taboga, la cual se depositó a la intemperie y sin sufrir tratamiento alguno en los terrenos del área experimental de DIECA (9 msnm), ubicada en Cañas, Guanacaste. El experimento inició en abril de 1997 y finalizó en abril del 98. Se efectuaron cinco muestreos consecutivos cada tres meses, a los 0, 3, 6, 9 y 12 meses, cuyos resultados promedio se muestran en el cuadro adjunto. Para la evaluación se tomó cuatro muestras compuestas representativas que se analizaron en los laboratorios del MAG. El análisis estadístico empleando un diseño irrestricto al azar, revela que hubo diferencias significativas entre nutrimentos, muestreos y su interacción, excepto en el Fe que no marcó diferencias. Se observa un comportamiento diferencial por nutrimento en el tiempo, no existiendo una tendencia generalizada. En el caso del Mn, Cu y la humedad hay alternancia entre aumentos (3 y 9 meses) y reducciones (6 y 12 meses) de las concentraciones; contrario a lo acontecido con el K, el Ca y el Mg que aumentaron sus contenidos a los 6 y 9 meses, contrario a lo sucedido con el Zn. El pH se elevó hasta los seis meses para luego disminuir. El P por su parte, disminuyó su contenido inicialmente, incrementándolo luego de los nueve meses; algo semejante a lo ocurrido con el Fe. El Al fue bastante estable en sus concentraciones durante los muestreos. Tanto la materia orgánica como el N mostraron una reducción sistemática en sus contenidos hasta los doce meses, cuando hubo un significativo repunte. Se evidencia alguna interferencia de la humedad sobre la disponibilidad de los nutrimentos en sus formas útiles intercambiables. La edad de la cachaza es importante y determinante en la interpretación de su riqueza nutricional, por lo que no debe generalizarse su contenido, pues el período de descomposición marca diferencias significativas en la disponibilidad de los elementos.

VARIABLE	ABRIL 97	JULIO 97	OCTUBRE 97	ENERO 98	ABRIL 98	PROMEDIO	CV (%)
pH	6,7 b	7,8 ab	8,2 a	7,6 ab	7,6 ab	7,6	3,23
Al	0,1 b	0,18 a	0,15 ab	0,15 ab	0,15 ab	0,15	9,75
Ca	11,87 b	4,05 c	11,3 b	17,32 a	17,27 a	12,36	12,23
Mg	5,07 cd	3,78 d	6,9 ab	8,5 a	6,32 bc	6,11	9,94
K	3,11 d	2,74 d	7,15 b	3,96 c	21,6 a	7,71	2,09
P	847 a	350 bc	340 c	440 bc	677 ab	531	21,49
Zn	10,4 ab	11,5 a	9,3 ab	8,1 b	9,8 ab	9,8	8,07
Mn	48,7 bc	53,5 b	26,2 d	79,7 a	36,2 cd	48,9	11,37
Cu	1,2 c	2 bc	1,7 bc	3,5 a	2,7 ab	2,2	20,69
Fe	128 a	162 a	148 a	162 a	175 a	155	11,45
Humedad (%)	65,85 b	152,12 a	41,62 b	135,77 a	56,63 b	90,40	15,68
M.O (%)	51,88 a	45,56 b	29,46 d	20,07 a	40,63 c	37,52	3,28
N (%)	0,7 c	0,9 b	1,1 a	1,2 a	1,0 b	1,0	3,57

PALABRAS CLAVES: caña de azúcar, fertilización, cachaza, subproductos

COMPORTAMIENTO DE LA LOMBRIZ *Eisenia foetida*, ALIMENTADAS CON MEZCLAS DE ESTIÉRCOL Y FOLLAJE

Danilo Hernández, Cecilia Villalobos y Paulina Montes de Oca

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional., Apto 86 Heredia 3000, Fax: 261-0035,
E-mail: jherman@una.ac.cr

El trabajo se realizó en la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional, situada en Barva de Heredia, con una altura promedio de 1250 m.s.n.m, precipitación media de 2371 mm y temperatura media mensual de 19.2 °C.

Se establecieron seis tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño irrestricto al azar. Los mismos fueron estiércol de Vacunos+*Erythrina* spp, *Inga* spp, *mucuna* spp respectivamente, así como estiércol de ganado caprino más cada uno de los follajes anteriores.

Se utilizaron mezclas de los estiércoles y los forrajes en una proporción de 50% de cada uno de los materiales. Estos se ubicaron en macetas plásticas. La inoculación se hizo con 50 lombrices dando una relación de 11 lombrices (litro de sustrato). Las macetas se colocaron en un sombreado, manteniendo una humedad aproximada del 75%.

A los 105 días se hicieron conteos de lombrices y huevos, posteriormente se evaluó la calidad de las lombricompostes obtenidos por medio de plantas de maíz como indicadoras de fertilidad. Para esto se midió altura de planta, peso fresco y peso seco de la parte aérea.

Al analizar los resultados se encontró diferencias estadísticas entre el tratamiento estiércol de cabra+vacuno con 1188.9 lombrices por litro y los demás tratamientos cuyos valores oscilaron entre 749.1 para estiércol de bovino+mucuna y 576.5 de estiércol de bovino+poró. Con respecto al número de huevos promedio no se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, variando entre 55.0 huevos/litro utilizando estiércol de cabra+mucuna y 9.0 huevos/litro en bovino+Inga.

En cuanto a precocidad de composteo los materiales que fueron más rápidamente composteados estuvieron en los estiércoles de bovino y cabra+mucuna e Inga y los más lentos en compostear fueron los mismos estiércoles con follaje de *Erythrina*. Con relación la evaluación de calidad de los lombricomposts obtenidos no se encontró diferencias entre los sustratos evaluados.

Se concluye que las mezclas de estiércoles con follajes de leguminosas resultan materiales muy efectivos para la reproducción de la lombriz de tierra y producen compostes de características física y químicamente adecuadas para utilizarse como abono orgánico.

PALABRAS CLAVES: lombrices, lombricompost, estiércol, compost, subproductos

FERTILIZACIÓN DE CAFÉ EN ALMÁCIGO CON LOMBRICOMPOST

Danilo Hernández, Cecilia Villalobos y Mario Vega

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional., Apto 86 Heredia 3000,

Fax: 261-0035, E-mail: jherman@una.ac.cr

El trabajo se realizó en la Finca experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional, en Santa Lucía de Barva, Heredia, con una altura promedio de 1250 m.s.n.m. y temperatura media de 19°C. El ensayo se realizó en un suelo Andisol.

El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto del lombricompost de estiércol de bovino en almácigos de café variedad caturra en condiciones de campo.

Los tratamientos evaluados fueron dos dosis de lombricompost (16000 y 32000 Kg/ha) y una dosis de fertilización química de 780 Kg N/ha, 1066 Kg/ha P_2O_5 y 453 Kg/ha de K_2O /ha.

Los tratamientos se ubicaron en un diseño irrestricto al azar en parcelas de 7.5 m². La dosis de lombricompost se subdividió en cuatro aplicaciones parciales. La fertilización química se subdividió en tres aplicaciones. Se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo a la horqueta y número total de horquetas.

Los resultados obtenidos demostraron que hubo diferencias significativas en altura promedio por planta, entre la dosis mayor de lombricompost con relación a los otros tratamientos. En el diámetro por planta hubo diferencia entre la dosis alta de lombricompost y el tratamiento químico; igual situación se presentó para el número total de horquetas (cuadro).

Se puede deducir de los análisis realizados que la concentración de nutrientes en las hojas de café se encontró dentro de los ámbitos considerados como adecuados para el cultivo.

Concluyéndose en este trabajo, que el lombricompost aún en dosis menor provoca una respuesta favorable en crecimiento y desarrollo de plantas de café comparadas con el manejo tradicional con fertilización química.

Altura de planta, diámetro del tallo y número de horquetas en plantas de almácigo

Tratamiento	Altura planta (cm)	Diámetro (cm)	# Horquetas (cm)
Lombricompost 32000 Kg/ha	40.0 a	0.79 a	6.13 a
Lombricompost 16000 Kg/ha	31.4 b	0.68 ab	5.25 b
Fertilización Química	31.4 b	0.63 b	4.88 b

* Tratamientos con igual letra no difieren estadísticamente según Duncan ($\alpha = 0.05$).

PALABRAS CLAVES: lombricompost, café, almácigo, abonos orgánicos

EFFECTO DE 6 ABONOS ORGÁNICOS EN ALMÁCIGOS DE CHILE DULCE Y TOMATE

Paulina Montes de Oca, Danilo Hernández y Diego Aguirre

Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Apdo. 86-3000 Heredia-Costa Rica.

Fax 261-00-35

Con el objetivo de evaluar la respuesta del chile dulce y tomate a la aplicación de 6 sustratos orgánicos y suelo se llevó a cabo el presente experimento en la finca Santa Lucía de la Universidad Nacional en Costa Rica, localizada a una altura de 1250 m.s.n.m., con una precipitación promedio de 2303.1 mm anuales y una temperatura media de 19.5° C.

El suelo utilizado clasificó como Dystric Haplustand caracterizado por una fijación de fósforo del 92.5%, una sumatoria de bases más acidez de 14.9 cmol (+) y una densidad aparente de 0.70 g/ml.

Los abonos empleados fueron: lombricompost proveniente de broza de café descompuesto bajo techo, lombricompost de broza de café a la intemperie, lombricompost de vacuno bajo techo, lombricompost de restos de helecho en mezcla por partes iguales con broza de café (bajo techo), compost elaborado con paja de frijol, broza de café y estiércol de cabra, bocashi utilizando en su preparación gallinazam granza de arroz, semolina, melaza y carbón vegetal.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar de 7 tratamientos, 3 dosis: 25; 50 y 100% de abono, con cuatro repeticiones.

Al efectuar la prueba de Medias de Duncan se encontró que el bocashi al 50% en mezcla con el suelo, presentó la mayor altura y el mayor peso fresco aéreo en las plantas de tomate. Los sustratos: bocashi, lombricompost de helecho de broza y compost fueron estadísticamente iguales en la dosis del 25% en lo que altura de planta se refiere. Es interesante anotar que al utilizar el bocashi al 100% disminuyó notablemente el crecimiento de las plántulas y el lombricompost de broza a la intemperie obtuvo los mayores promedios tanto en altura como en el peso fresco de la parte aérea.

Con el sustrato bocashi al 25% en mezcla con el suelo presentó la mayor altura y peso fresco de la parte aérea de las plántulas de chile dulce, encontrándose diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos.

PALABRAS CLAVES: abonos orgánicos, almácigo, chile, tomate

FACTORES QUÍMICOS DE SUELO QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Carlos Henríquez

Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica

Floria Bertsch, Floria Ramírez y Gerardina Umaña

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

El término “calidad” de los productos de origen agrícola, ha sido usado tradicionalmente para caracterizar principalmente a los productos de consumo directo –vegetales y frutas-; pese a ello es cada vez más común aplicar este concepto a productos que no se comercializan frescos y que más bien están a punto de sufrir un proceso agroindustrial previo a la elaboración de un subproducto de mayor valor agregado. Un ejemplo muy ilustrativo para lo anterior es que igualmente es valorado un melón de buena apariencia y sabor, como lo es una carga de caña de azúcar con un alto contenido de sacarosa que está a punto de entrar al ingenio. Aunque los cultivos son totalmente diferentes, se habla de una temática muy similar: el grado de calidad del producto cosechado.

Por otro lado, mientras las variables relacionadas al concepto de rendimiento -la cantidad producida de algo-, son fácilmente medibles y entendidas, la calidad en tanto, es un término a veces ambiguo, poco definido y cuyo significado ha variado sustancialmente en el tiempo y de acuerdo también a diferentes segmentos de la población (Deckard, *et al.* 1984).

Es un hecho que el consumidor de productos frescos por ejemplo, siempre preferirá un producto de buen aspecto y agradable a la vista, y en la medida de lo posible, nutritivo y carente de sustancias nocivas (Finck, 1988). La priorización de unas u otras características puede variar de acuerdo al mercado, como por ejemplo, el caso de los productos orgánicos. Algunas variables vinculadas a calidad son por ejemplo el sabor, el contenido de sustancias elaboradas tales como proteínas, grasas y otros, color externo, aroma, consistencia, apariencia externa e interna, forma, la ausencia de sustancias y elementos nocivos, etc. (Crisosto *et al.*, 1997). Todas estas características definen un buen producto cuyo valor de venta puede ser sustancialmente mayor en el mercado.

Con base en esto y para efecto de este artículo, es necesario definir previamente el término.

“La calidad es el conjunto de características químicas y físicas, relacionadas con el mejor valor nutritivo-sanitario, industrial y comercial del producto agrícola que puede ser dedicado para alimentación humana o animal” (modificado de Malavolta, 1994 y Finck, 1988)”

Esta situación crea finalmente la necesidad de tener una serie de normativas o “estándares” de calidad que categorizan cada producto y que rigen el precio de compra-venta en el proceso de comercialización; estas han venido siendo aplicadas con más firmeza en los últimos tiempos. Es claro que cuando existe abundancia en cantidad y diversidad de cualquier producto en el mercado, en otras palabras una mayor oferta, se generan las pautas por parte de los consumidores y comercializadores, de “proponer” estándares de calidad o criterios que definen, cuando el producto es bueno o no, de acuerdo a los gustos del cliente. Debido a la amplia gama de productos que

existen en el mercado, es imposible mencionar la totalidad de estas características, siendo que en muchos casos son muy específicas a cada uno (Munson, 1976).

Finck (1988) menciona que la calidad puede ser clasificada de dos formas:

- **Calidad comercial:** definida como todas aquellas características óptimas externas y organolépticas, de apariencia, carente de defectos y malformaciones, buen sabor, color, aroma y consistencia.
- **Calidad nutritiva:** todas aquellas características internas deseables que están relacionadas a un óptimo contenido de minerales y otros componentes elaborados y con carencia de sustancias nocivas a la salud.

En tanto que la calidad comercial puede ser evaluada fácilmente, la calidad nutritiva requiere herramientas más sofisticadas de análisis. Son muchas las pruebas que evidencian que el manejo adecuado de las variables relacionadas a la calidad, es un punto medular de la buena comercialización de los productos agrícolas no solo para los mercados de exportación sino también para los de consumo interno; el punto central de esta discusión es que buena parte estas variables provienen de la integración adecuada de los factores de producción en la etapa de precosecha (Crisosto, *et al.*, 1997; Weston y Barth, 1997).

A pesar de que el manejo poscosecha de una buena cantidad de productos agrícolas representa un eslabón vital en su buena comercialización (condiciones controladas de almacenamiento, manejo cuidadoso, uso de antitranspirantes, empaques adecuados, etc.), la calidad final obtenida luego de la cosecha solo puede ser mantenida pero no mejorada (Crisosto, *et al.*, 1997; Weston y Barth, 1997); la anterior aseveración implica que para tener un producto de excelente calidad, es necesario proveer previamente las condiciones óptimas en el campo (Crisosto, *et al.*, 1997).

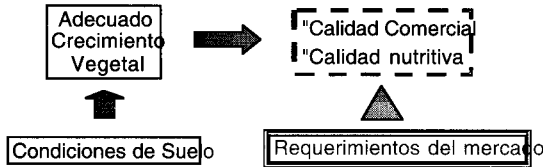
La mayoría de autores concuerdan en que los principales factores de precosecha que afectan la calidad son los siguientes -modificado de Duarte, (1991) y Weston y Barth (1997)-:

- **Ambientales o externos:** temperatura, humedad relativa, radiación lumínica, viento, altitud, lluvia y propiedades del suelo.
- **Internos:** variedad, requerimientos de factores de producción propios de cada cultivo, eficiencia fotosintética y de translocación.
- **Manejo agronómico:** nutrición mineral, manejo del suelo, protección de los cultivos, poda, raleo, reguladores de crecimiento, patrones de densidad de plantación, riego y drenaje, etc.

Aunque todos ellos afectan en la obtención del máximo rendimiento y de la mejor calidad de los productos, parece difícil cuantificar el impacto de cada uno en forma individual (Duarte, 1991). El aspecto medular del manejo agronómico es hacer coincidir la mayoría de estos factores para obtener la combinación óptima que brinde los mejores resultados y que sea, al mismo tiempo, económicamente rentables.

Con referencia particular a las variables de suelo y del manejo agronómico del mismo, merece aclarar que tanto los aspectos de la fertilidad del suelo como los aspectos físicos, deben ser integrados con los aspectos biológicos; por ejemplo, muchos fenómenos ligados a la dinámica que ocurre en la rizosfera, están definidos por el tipo de fertilizante utilizado (Marschner, 1997). En todo caso, los aspectos a los cuales se referirá este artículo, contemplará los siguientes factores:

- La fertilidad propia del suelo
- Los requisitos específicos del cultivo
- Aplicación balanceada de fertilizantes tanto inorgánicos como orgánicos



Efecto particular de las condiciones de suelo sobre los componentes de la calidad de los productos agrícolas

Es indiscutible que un abonado bien realizado, no solo en su cantidad sino en su proporción relativa con otros nutrientes, provee productos de mejor calidad. Pese a ello también es indudable que la práctica mal realizada, podría impactar negativamente el objetivo de obtener productos mejores y de mayor valor agregado. El uso de abonos simples (incluyendo los nitrogenados) debe ser efectuado muy cuidadosamente debido a los desbalances potenciales de nutrientes que pueden ocurrir. En este caso las fórmulas completas permiten efectuar un abonado más equilibrado que los abonos simples y con menos riesgos. Algunos abonos minerales y orgánicos, reúnen también características relacionadas a este aspecto (Finck, 1988). De Sousa y Fernández (1994), mencionan que a pesar de lo anterior, en algunos casos para alcanzar algunas características deseables de calidad, es necesario aplicar cantidades de nutrientes muy superiores a las cantidades necesarias para alcanzar los mayores rendimientos.

Con relación al uso de metodologías no convencionales de producción, no está plenamente establecido si el tipo de abono (orgánico o inorgánico) está relacionado directamente con la calidad nutritiva de los productos agrícolas. Se conoce ampliamente que las plantas absorben sales o sustancias minerales las cuales provienen tanto del suelo mismo como de los abonos que pueden ser de origen orgánico y/o mineral, y que éstas son utilizadas para producir otros compuestos más elaborados, sin que en el proceso fisiológico vegetal se evidencie diferencia alguna por su origen (Finck, 1988; Marschner, 1997). El aspecto diferenciador de los productos orgánicos, podría ser la incorporación de otras sustancias estimulantes (hormonas, reguladores, vitaminas, compuestos semiprocessados), los cuales incidirían diferencialmente sobre la calidad del producto.

El análisis foliar y las curvas de absorción de nutrientes como herramientas de diagnóstico del estado nutricional de la planta y manejo de la calidad de los productos

Como se verá más adelante, es cada vez más fuerte la idea de que lo importante para una buena nutrición de los cultivos y de una buena calidad de los productos, es además de adecuados contenidos de nutrientes en la planta, un balance idóneo entre ellos (Malavolta, 1994; Marschner, 1997). Para esto se requieren dos herramientas: el análisis de contenido de nutrientes en el tejido y el conocimiento de las curvas de absorción de nutrientes.

Si bien es cierto que el análisis foliar ha sido utilizado ampliamente para diagnosticar estados de deficiencia o toxicidad en los tejidos vegetales y en ciertos casos estudiar el balance adecuado entre ellos (DRIS), también es cierto que en algunas condiciones, esta herramienta ha presentado serias limitaciones para llevar a cabo una adecuada recomendación agronómica a nivel de campo, excepto en casos de una muy buena calibración de campo (Nelson y Martin, 1986). Martin y Mills (1991), apuntan el hecho de la poca correlación de esta herramienta con el rendimiento.

A esto se une el hecho de que la variación estacional de las concentraciones de nutrimentos a través del año, imprime otro elemento importante que limita su completa aplicabilidad, por lo cual lo más recomendable con relación al análisis foliar, continúa siendo el llevarlo a cabo en los mismos puntos del ciclo fenológico y comparar de acuerdo a las tablas de niveles adecuados para cada cultivo.

A pesar de los inconvenientes mencionados anteriormente, el análisis foliar puede resultar de gran utilidad si se complementa adecuadamente con el valor de biomasa con lo cual es posible conocer los contenidos absorbidos por los cultivos en una unidad de área. Las curvas de absorción de nutrimentos a través del ciclo fenológico de los cultivos, se vuelven una herramienta de mucha importancia, no solo porque permite conocer las cantidades requeridas por la planta, sino también porque permite hacer la correspondiente dosificación en función del tiempo y en forma balanceada entre elementos (Korndorfer, 1994).

Efecto del nitrógeno sobre la calidad de los productos

Uno de los elementos que más se ha ligado negativamente a ciertos aspectos de la calidad de los productos agrícolas -sobre todo de frutas y vegetales- ha sido el nitrógeno, visión no del todo acertada, ya que más bien su adecuado suplemento mejora la calidad al aumentar el desarrollo de área fotosintética y su deficiencia produce plantas de poco crecimiento con poco potencial productivo (De Sousa y Fernández, 1994; Crisosto *et al.*, 1997; Weston y Barth, 1997). De lo anterior nace el hecho que el balance adecuado en su aplicación ha sido un verdadero reto para la mayoría de productores agrícolas.

El N tiene la particularidad de promover el desarrollo vegetativo, aumenta la cantidad de agua en la planta haciendo más succulenta la planta y favorece un retardo en la maduración normal (Korndorfer, 1994). Un contenido adecuado, favorece la buena producción y los rendimientos cuantitativos son mejores. Un exceso en su aplicación puede echar al traste el esfuerzo de muchos meses, ya que puede afectar negativamente la resistencia al almacenamiento, aumentar la incidencia de enfermedades poscosecha, disminuir los grados brix y la acidez de los jugos (De Sousa y Fernández, 1994).

El efecto del N está asociado principalmente con cantidad más que con el mejoramiento de la calidad de los productos (Deckard *et al.* 1984). Malavolta (1994) apunta que al incrementar la producción, disminuye el tamaño de los frutos aunque el número es mayor, debido seguramente a un menor aborto. En uva para vino se ha encontrado que los fertilizantes nitrogenados aumentan el volumen del fruto y del peso relativo de la cáscara y que la forma tanto la forma del fertilizante como el método de aplicación debe ser tomado en cuenta con algunas variables de calidad (Arutyunyan, 1978).

Alleyne y Clark (1977), reportan que para el cultivo de la mora, dosis crecientes de N, aumentaron el pH del jugo y el contenido de N en los frutos, pero no modificaron la concentración de sólidos solubles y la relación de azúcares/acidez. Con relación a esto, Fritz (1974) citado por Korndorfer (1994), apunta que en el cultivo de la caña de azúcar, el N redujo el contenido de sacarosa en el jugo pero no afectó el % total del mismo con respecto al % de materia seca total, básicamente por un efecto de dilución. Ligado a lo anterior, Rao y Srinivas (1990) mencionan que en algunas condiciones particulares de deficiencia de P y K, el N puede provocar un efecto antagónico sobre la concentración de estos elementos en los tejidos, lo cual se explica por un efecto rápido de dilución, debido a la mayor tasa de crecimiento a que la planta es sometida con un buen suplemento de N.

Pese a lo anterior Nelson y Martin, (1986), informan que en el cultivo de la mora, se encontró un efecto sinérgico de N y K, cuando estos son aportados en forma integral, produciendo una fruta más grande y con mejores cualidades; reportan también la falta de correlación entre los contenidos foliares de estos elementos y las variables de rendimiento medidas.

El "consumo de lujo" en las plantas sólo en casos excepcionales produce un aumento de los componentes de la calidad y esto frecuentemente también relacionado a la disminución de otros factores (Finck, 1988). El mismo autor menciona que en el caso de los cereales una fertilización intensa con nitrógeno, aumenta la calidad de la harina panificable, pero reduce a la vez la calidad de la proteína obtenida.

Otra particularidad negativa del exceso en la aplicación de N, sobretodo en vegetales y frutas, es la inevitable acumulación de nitratos y la disminución de otros componentes como el ácido ascórbico en los tejidos, lo cual se presenta especialmente cuando hay desbalances con K y Mg; ello provoca además de problemas potenciales en la salud humana, un desbalance en los aminoácidos esenciales a expensas de la calidad de las proteínas (Weston y Barth, 1997; Maynard, 1984; Mantin y Mills, 1991).

El nitrato absorbido por la planta, -el cual en todo caso es preferido a las formas amoniacales-, es reducido a amonio para la formación de proteínas, este proceso puede ser afectado por una deficiencia de K y/o Mg, favoreciendo su acumulación en los tejidos (Martin y Mills, 1991; Tianxiu *et al.*, 1994). De Sousa y Fernández (1994), apuntan que para el caso del cultivo de la papaya, un aumento en la cantidad de nitratos, afecta negativamente en forma especial a la fruta de enlatado, por su reacción con el envase. En cultivo de flores, la aplicación tardía de fuentes amoniacales, provoca un efecto negativo en la calidad de las mismas, ya que hay una retranslocación de compuestos elaborados para metabolizar las formas amoniacales aplicadas (Mills, 1990).

Vigier y Cutcliffe (1984), citados por Weston y Barth (1997), mencionan que el problema "hollow stem" -conocido en Costa Rica como "Tallo Hueco" en crucíferas-, ocurre no solamente por una deficiencia de B, sino también por un desbalance importante con respecto al N. Los autores enfatizan el hecho de que estos efectos ocurren bajo condiciones de exceso en la aplicación del elemento y no cuando este es utilizado en forma adecuada.

Al elevar el contenido de N en las plantas se producen las siguientes modificaciones:

- Se eleva el contenido de proteína bruta
- Se eleva el contenido de proteína pura
- Al aumentar la proteína pura aumenta el de albúmina

- Los excedentes de N como consumo de lujo, son almacenados como amidas (partes verdes de plantas jóvenes) y como prolamina en los granos (un aumento en la calidad de la panificación)
- El valor biológico de las proteínas aumenta normalmente hasta el óptimo y luego disminuye por efecto de la dilución con otros productos de reserva de menor valor
- Aumento de otros compuestos nitrogenados:
- Nitrito: no debe sobrepasar los 50 ppm de nitrógeno nítrico pues induce la formación de nitritos
- Nitrosaminas
- Betaína: reduce la producción de azúcar en algunas plantas

Compuestos de N en las plantas relacionados indirecta y directamente a la calidad:

- Nitrito
- Nitrito
- Proteína Bruta (Nx6,25)
- Proteína Pura
- Aminoácidos esenciales
- Amidas
- Aminas
- Compuestos cíclicos (clorofila, tiamina, alcaloides, etc.)

Efecto del fósforo y el potasio sobre la calidad de los productos:

Tanto el P como el K, promueven la acumulación de azúcares en los frutos y de compuestos aromáticos y antocianinas en la cáscara de los mismos. Lo anterior va en relación indirecta con el tamaño de los frutos, el cual en una condición de suplemento integrado de elementos, es aumentado por el nitrógeno causando en consecuencia una disminución en la concentración de estos compuestos (Arutyunyan, 1978).

De Sousa y Fernández (1994), mencionan que en piña, la falta de P afectó severamente la fructificación y que su aplicación favoreció el peso y longitud de los frutos pero no tuvo efecto sobre los grados Brix ni en la acidez.

En el proceso industrial de la caña de azúcar, buenas cantidades de P en la planta, son requeridas para un óptimo proceso de purificación, ya que permite la adecuada precipitación o floculación y la posterior remoción de impurezas (Korndorfer, 1994).

En naranja, la deficiencia de P produce un engrosamiento del mesocarpo ya que hay un desvío de los compuestos carbónicos para formar polisacáridos de mayor peso molecular, en lugar de acumular sólidos solubles (Malavolta, 1994).

Rodríguez (1987) reporta un aumento en el peso, largo y diámetro del fruto de naranja "Valencia" debido a la aplicación de P, así como un congruente aumento en el contenido foliar del elemento. La transformación de nitratos a amonio en la planta, se inhibe cuando el contenido de K es bajo (Tianxiu et al., 1994).

En el caso del cultivo del banano, se encontró que el K mejoró la calidad de la fruta debido al aumento de las sales solubles y tuvo un efecto antagónico con la acidez del fruto y sinérgico con los sólidos solubles totales (Rodríguez, 1987, Chattopadhyay y Bose, 1986; Mustaffa, 1987 y 1988). Pese a lo anterior, Malavolta (1994) apunta que en cítricos un exceso de K provoca un aumento de la acidez ya que activa enzimas del ciclo de ácidos tricarbónicos, aumentando la síntesis de ácido cítrico. Lo mismo apuntan De Sousa y Fernández, (1994) quienes en piña encontraron que la carencia de K afectó negativamente la cantidad de sólidos solubles, la acidez y la concentración de ácido ascórbico. El K en particular, ha sido fuertemente ligado a la acumulación de sólidos solubles totales en la planta, debido a su íntima participación en el transporte de azúcares vía floema (Rao y Sriniva, 1990).

En tomate, el K ha sido relacionado a la acumulación de vitamina C (Weston y Barth, 1997). Malavolta (1994) menciona que una carencia de K provoca menor tamaño de frutos, debido a un ineficiente transporte de asimilados y de agua.

Korndorfer (1994) reporta que el exceso de K en el cultivo de la caña de azúcar produce un incremento en el contenido de cenizas, lo cual aumenta la acción melasigénica, afectando negativamente la cristalización, al formar falsos núcleos. Pese a esto en el proceso de la fabricación de alcohol, los constituyentes de la ceniza del jugo, actúan como fuente de nutrientes, lo que acelera la fermentación y la posterior conversión de azúcar a alcohol. Ramírez y Vásquez (1998) por otro lado, encontraron que el exceso de aplicación de K en plantas de café en producción, de más de 200 kg/ha de K₂O, afectaron negativamente el rendimiento de beneficiado, por lo que no recomiendan aplicaciones mayores a esta dosis.

Efecto del calcio sobre la calidad de los productos

En la literatura se menciona el efecto del calcio principalmente en las características de almacenamiento de muchas frutas y vegetales. Estas características están muy ligadas obviamente al manejo nutricional previo a la cosecha, en interacción directa con otros elementos, como por ejemplo el nitrógeno (Duarte, 1991). Su deficiencia se relaciona con muchos desórdenes fisiológicos pre y pos-cosecha como rajaduras, ablandamiento terminal, mancha corchosa, pudrición de frutos y otras (Shear, 1975; Weston y Barth, 1997; Fallahi, *et al.*, 1997).

Debido a la limitada movilidad de este elemento dentro de la planta, se plantea el hecho de que es necesario que el Ca esté disponible en los momentos de mayor requerimiento por parte de la planta, lo cual puede ser muy difícil en cierto tipo de suelos, sin un manejo adecuado. Pese a esta condición, Anderson (1987) advierte que el mejoramiento del Ca en el suelo, sobre todo en suelos ácidos o de baja fertilidad, también podría provocar problemas secundarios, como un efecto antagónico con N, K y Mg (de este último cuando no se utiliza dolomita).

Malavolta (1994) apunta que los efectos negativos por la deficiencia de Ca, se deben a una menor activación de la ATPasa (via calmodulina) de la membrana implicada en la acumulación iónica, hay menos puentes de Ca y poca regulación de la poligacturonasa (la cual es inhibida por el Ca), produciendo la consecuente degeneración de la pared celular.

Factores nutricionales en dosis altas que afectan algunos variables de calidad de las frutas cítricas (modificado de Duarte, 1991 y Malavolta 1994)

Variable/elemento	N	P	K	Mg	Zn
Sabor	-	-	+	+	+
Peso	-	-	+	+	-
Número	+	-	-	-	-
Tamaño	-	+	-	+	-
Madurez	-	-	-	-	-
Espesor corteza	+	-	+	-	-
Textura corteza	+	+	-	-	-
Sólidos solubles	-	-	-	+	+
Acidez titulable	-	-	+	-	-
Proporción sólidos	-	-	-	+	-
Acido ascórbico	-	-	+	+	+
Volumen jugo	-	+	-	+	-
Color amarillo	-	-	-	-	-
Color verde	+	+	+	-	-

CONCLUSIONES:

- El término "calidad" puede variar sustancialmente entre un producto agrícola y otro, debido a que está relacionado a diversas características tanto físicas o de presentación, como de contenido, las cuales pueden variar sustancialmente entre los diversos productos y las demandas del mercado.
- En cuanto al término "calidad nutritiva", este es un término bastante complejo de cuantificar debido a la alta cantidad de componentes deseables y no deseables que la determinan y que requieren de herramientas de análisis para valorarlo adecuadamente.
- La calidad de los productos agrícolas depende de muchos factores principalmente de pre cosecha, los cuales deben ser valorados y manejados integralmente, con el fin de obtener los mejores resultados.
- La calidad relacionada desde el punto de vista nutricional, solo puede ser lograda con base en plantas bien nutridas y con un balance adecuado de nutrimentos absorbidos, los cuales deben ser suplidos en la proporción y el momento adecuado con base en las curvas de absorción.
- Al igual que la falta de abonado, el exceso puede producir una disminución en la calidad sobretodo en los macroelementos. Podría en algunos casos causar un aumento de sustancias negativas o perjudiciales.
- La función de cada uno de los nutrimentos en la calidad de los productos agrícolas es de impacto variable de acuerdo a la naturaleza del mismo.

Literatura Consultada

- Alleyne, V.; Clark, J.R. 1997. Fruit composition of 'arapaho' blackberry following nitrogen fertilization. HortScience 32(2):282-283.
- Anderson, C.A. 1987. Fruit yields tree size and mineral nutrition relationships in "Valencia" oranges trees as affected by liming. Journal of Plant Nutrition. 10(9/16):1907-1916.
- Arutyunyan, A.C. 1978. Optimun regime for the mineral nutrition of vineyards. Vestnik-Sel'sckokhoz- yaistvennoi Nauki, Moskva. No8:72-77 (CAB abstracts 1978).

- Chattopadhyay, P.K.; Bose, T.K. 1986. Effect of N P K nutrition on growth yield on quality of Dwarf Cavendish Banana (*Musa Cavendish*). *Indian Agriculturist* 30(3):213-222. (CAB abstracts 1986)
- Crisosto, C.H.; Johnson, R.S.; Dejon, T. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience* 32(5):820-823.
- De Sousa, C. Fernández, F.M. 1994. Importancia da adubacao na qualidades de frutas tropicais (abacaxi e mamão). En. M. Eustaquio de Sá e S. Buzzeti. Importancia da adubacao na qualidade dos productos agricolas. Sao Paulo, Icone. 1994.
- Deckard, E.L.; Tsai C.Y.; Tucker, T.C. 1984. Effect of nitrogen nutrition on quality of agronomic crops. In *Nitrogen in Crop Production*. Ed. Roland Hauck, ASA. P601-616.
- Duarte, M.A. 1991. Factores de precosecha que afectan la fisiología y manejo de postcosecha de frutas y hortalizas. In *Memorias Simposio Nacional de Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas en México*. Edi.Limusa, México. 351p.
- Fallahi, E.; Conway, W.S.; Hickey, K.D.; Sams, C.E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32(5):831-835.
- Finck, A. 1988. *Fertilizantes y Fertilización*. Editorial Reverté, Barcelona. 436p
- Fritz, I. 1974. Effect of fertilizer application up on sucrose % cane. In *Congress of International Society of Sugar Cane Technologist*, 15, 1974. Durhan, Proceeding. V2:630-633.
- Korndofer, G. 1994. Importancia da adubacao na qualidade da cana-de-acucar. En. M. Eustaquio de Sá e S. Buzzeti. Importancia da adubacao na qualidade dos productos agricolas. Sao Paulo, Icone. 1994.
- Malavolta, E. 1994. Importancia da adubacao na qualidade dos productos -funcao dos nutrientes na planta. En. M. Eustaquio de Sá e S. Buzzeti. Importancia da adubacao na qualidade dos productos agricolas. Sao Paulo, Icone. 1994.
- Marti, H.R.; Mills, H.A. 1991. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. *Journal of Plant Nutrition*. 14(11):1165-1175.
- Marschner, H. 1997. *Mineral nutrition of higher plants*. 2^a Edition, Academic Press, London. 889p.
- Maynard, D. N. 1984. Fruit and vegetable quality as affected by nitrogen nutrition. *Proc. Amer. Soc. Agron.* 617-626.
- IMills, H.A. 1990. Curso sobre nutrición y fertilización vegetal. CINDE, San José Costa Rica. 150p
- Munson, R.D. 1976. Role of fertilizer nutrients in crop quality. *Communications in soil and plant analysis*. 7(5):497-511.
- Mustaffa, M.M. 1987. Growth and yield of robusta banana in relation to potassium nutrition. *Journal of potassium reseach* 3(3):129-134.
- Mustaffa, M.M. 1988. Studies on growth, yield and quality of banana as a result of potassic fertilizer use. *Journal of potassium reseach* 4(2):75-79.
- Nelson, E.; Martin, L.W. 1986. The relationship of soil-applied N and K to yield and quality of 'Thonless Evergreen' blakberry. *HortScience* 21(5):1153-1154.
- Ramirez, G.; Vásquez, R. 1998. Efecto del potasio sobre el rendimiento de beneficiado y algunas características del grano del café. In *III Seminario de Resultados y Avances de Investigación del ICAFE*. Ed. Luis Zamora, San José Costa Rica, 130p.
- Rao M.H.; Srinivas, K. 1990. Effect of different levels of N, P, K on petiole and leaf nutrients and their relationship to fruit yield and quality in muskmelon. *Indian Journal of Horticulture* 47(2):250-255. (CAB)
- Rodriguez, A. 1987. El estado nutrimental y su influencia sobre la calidad de la naranja "Valencia Late" (*Citrus sinensis*). *Ciencia y Técnica en la agricultura, Cítricos y otros Frutales* 10(1):995-113.
- Shear, C.B. 1975. Calcium related disorders of fruits and vegetables. *HortScience* 10:361-365.
- Tianxiu, H.; Chenghui, H.; Hardter, R. 1994. Effect of K and Mg fertilizers applied to cabbage on yield quality and economic. *Potash Review* (2):1194. Basel, Wwitzerland.
- Vigier, B.; Cutcliffe, J.A. 1984. Effect of boron and nitrogen on the incidence of hollow stem in brocolí. *Acta. Horti.* 157:303-309.
- Weston, L.A.; Barth, M.M. 1997. Preharvest factors affecting postharvest quality of vegetables. *HortScience*, 32(5):812-816.

PALABRAS CLAVES: *suelo, factores quimicos, fertilización, calidad de productos*

LA APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA “AGRICULTURA DE PRECISIÓN” EN EL MANEJO NUTRICIONAL DE PLANTACIONES COMERCIALES DE ZONAS TROPICALES

Floria Bertsch y Floria Ramírez

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica
ASOCIACION COSTARRICENSE DE LA CIENCIA DEL SUELO
fbertsch@cariari.ucr.ac.cr

Bajo el término “agricultura de precisión” o “agricultura por sitio específico” se engloba toda una filosofía y una serie de procedimientos tecnológicos para el manejo de la agricultura intensiva. Filosóficamente, en su contexto más amplio, la “agricultura de precisión” consiste en el manejo de las plantaciones en forma diferenciada de acuerdo a las características específicas de cada sitio, con el fin de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos y minimizar los efectos de contaminación, usando como unidad de manejo, el área más pequeña para la cual se cuenta con información de respaldo.

Metodológicamente, propone la incorporación de las herramientas tecnológicas disponibles en la actualidad, especialmente aquellas que contemplan la referenciación geográfica de sitios vía satélite unido a bases de datos de información o registros de esos sitios concretos, como sustento sobre la cual se apoyen las decisiones para el manejo de las diferentes unidades de las plantaciones. El proceso implica la recolección de la información para cada sitio, su proceso y análisis y, finalmente, la ejecución de las recomendaciones para dichos sitios.

Aunque esta tendencia al manejo de las fincas por lotes o secciones es algo que venía fortaleciéndose gradualmente en la agricultura tanto de zonas templadas como tropicales, esta nueva corriente que carga al concepto de un fuerte componente tecnológico en el manejo de la información, tuvo su origen en las homogéneas, planas y extensas llanuras centrales de los Estados Unidos, lo que indudablemente obliga a un ajuste significativo para su aplicación en zonas tropicales de relieve heterogéneo y condiciones socioculturales diferentes.

Dentro de las actividades de manejo integral de una plantación comercial, la nutrición es uno de los aspectos susceptibles de contemplarse bajo este enfoque.

Mediante ejemplos prácticos en plantaciones comerciales de diferentes cultivos como café, caña de azúcar, y helecho ornamental, se analizan las posibilidades reales de la aplicación de estos conceptos para el manejo de la nutrición, las limitantes más frecuentes con las que hay que enfrentarse (nivel de precisión, desconocimiento de áreas, falta de registros anteriores, falta de equipo sofisticado) y las ventajas de su implementación (manejo más técnico de la plantación, nivelación u homogenización del estado nutricional de la plantación, mejor aprovechamiento de los mismos recursos existentes) bajo condiciones de relieve heterogéneo de zonas tropicales.

PALABRAS CLAVES: *agricultura de precisión, suelos, fertilización*

SUSTRATOS PARA CULTIVOS SIN SUELO O HIDROPONÍA:

Luis Mora

INDAGRO, San José, Costa Rica

El sustrato constituye el lecho que sirve de sostén y soporte para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Este elemento reviste una gran importancia en el éxito del cultivo, antes que pensar en nombres o tipos de sustratos se debe tener presente la conjugación de una serie de factores o propiedades para optimizar la funcionalidad y el papel que debe desempeñar un sustrato en el sistema de cultivos sin suelo.

Propiedades generales que debe reunir un sustrato para cultivo hidropónico.

- * Debe ser un sustrato estéril o que permita su esterilidad.
- * Que sus propiedades físicas no se alteren en corto tiempo.
- * Permitir una buena oxigenación.
- * Debe poseer excelente drenaje.
- * Buena capacidad de retención de humedad, de forma homogénea.
- * Debe ser de fácil manejo.
- * Debe permitir guardar una relación entre sus fases, sólido, líquido, oxigenación estable (30:40:30) y fácil de recuperar.

La retención de humedad por el sustrato, determina la posibilidad de las plantas de utilizar el agua como medio de obtención de los nutrimentos para procesos productivos.

La retención de humedad por sustratos esta en dependencia de la granulometría (tamaño de las partículas) y de su porosidad (espacios en la partícula).

Existen dos conceptos relacionados con la capacidad de retención de humedad de un sustrato.

La capacidad de campo: Se refiere a la cantidad de agua que el sustrato puede retener después de que el agua ha sido eliminada.

Capacidad de retención de humedad máximo: Es la máxima cantidad de agua que es capaz de absorber un sustrato en una saturación del 100%.

La capacidad de campo es de vital importancia, ya que determina la cantidad de humedad que se mantiene alrededor de las raíces y su relación con la circulación del oxígeno.

En términos generales la partícula del sustrato retienen la humedad en dos formas, lo que la retienen en su superficie (arena) y los que almacenan el agua en su interior, en los espacios porosos (piedra pómez, carbón) Fibra de coco, etc.

La retención de humedad en el sustrato, debe ser tomada en cuenta según el recorrido del agua en el sistema de cultivo. Cuando el recorrido es vertical y corto se debe seleccionar un sustrato con mayor retención de humedad, con el fin de que esta se mantenga por más tiempo alrededor de la raíz. Si los recorridos son largos y horizontales (canales) se requieren sustratos de buena permeabilidad (escorias gruesa, gravilla, etc.).

fase gaseosa del sustrato: La oxigenación de las raíces de la planta para una adecuada respiración, es esencial en el éxito de los cultivos hidróponicos. La capacidad de drenaje del sustrato tiene una estrecha relación con la oxigenación del mismo.

En nuestro país existen una serie de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de cultivos hidróponicos, estos se utilizan solos o en mezcla, en busca de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas,

En términos generales estos sustratos se podrían clasificar en tres grupos.

1. Sustrato inorgánicos inertes
2. Sustratos orgánicos
3. Sustratos Sintéticos.

SUSTRATOS INORGÁNICOS

En este grupo podemos indicar, las gravas (partículas de más de 2 mm de diámetro) que incluye la roca volcánica, polvo de piedra, escoria de ladrillo, carbón, etc. Y las arena.

Piedra Pómez:

La piedra pómez es un material disponible en nuestro país, su origen es volcánico. Posee muy buena retención de humedad, se obtiene en distinta granulometrias, posee además buena estabilidad química y durabilidad, desde el punto de vista biológico es completamente estéril siempre y cuando las velas no estén combinadas con otros materiales.

Propiedades Físicas:

Granulometría:	2.00 mm	3.7%
	850 um	88.9%
Conductividad Hidráulica:	4.19 x 10 ⁻³ (medio)	
Capacidad Saturación:	53.70	
Capacidad de campo:	36.20%	
Punto de marchitez:	18.70%	
Total agua disponible	28.70%	
Porosidad:	24.2	

Propiedades Químicas:

pH	6.4	
Conductividad	0.07 milisimens	
Nitrógeno	16	ppm
Fósforo	19	ppm
Potasio	60	ppm
Calcio	240	ppm
Magnesio	570	ppm
Hierro	0.9	ppm
Manganeso	4.3	ppm
Zinc	0.3	ppm
Cobre	0.4	ppm
Boro	0.1	ppm
Azufre	21	ppm
Aluminio	1.0	ppm

Grava:

Son partículas que se obtiene de triturados de materiales procedentes de depósitos naturales o canteras que son triturados y que por sus características ofrecen condiciones para el cultivo de plantas, por lo general su partícula de va de 2 a 20 mm. son adecuadas para hidroponía, su capilaridad es baja por lo que no presentan buena distribución horizontal, tiene excelente drenaje. Por lo general la granza requiere alta frecuencia de riego.

Roca Volcánica:

Es un material rojizo, de origen volcánico, con características similares al pómez, en nuestro país este sustrato es utilizado con éxito, sin embargo posee partículas muy pequeñas, las cuales deben ser eliminadas mediante lavados, para evitar el encharcamiento en el medio de cultivo. Los mejores tamaños de partículas de este material esta entre 5 y 15 milímetros

Escoria de Ladrillo y Teja:

Son sustratos obtenidos de la expansión por calor de materiales arcillosos. Retienen buena humedad, por su gran porosidad, sus mejores tamaños oxilan entre 0.5 y 2 cm, tienden a degradarse o perder su estabilidad física, produciendo encharcamientos.

Carbón Vegetal:

Este material, tanto sus partículas finas como gruesas poseen características ventajosas para ser utilizadas como sustrato, para cultivos sin suelos, poseen una retención de humedad similar a la pómez, una buena estabilidad y excelente oxigenación, pero bajo capilaridad.

Arena:

De la gran variedad de arenas existentes, la de río ofrece las mejores características para ser empleados en cultivos sin suelos el tamaño de las partículas esta comprendido entre 0.5 y 2mm. La procedencia de estas arenas debe ser de ríos no contaminados ni mezcladas con materiales arcillosos, Un aspecto a tener en cuenta es que la arena de río no debe tener niveles altos de carbonato de calcio, pues alterarían la solución nutritiva.

SUSTRATOS ORGÁNICOS

En este grupo se ubican una serie de sustratos de producción e importados de otros países, los más comunes son: cascarilla de arroz, fibra de coco, cascarilla de pergamino de café, concha de coco, concha de macadamia etc.

Fibra de coco:

Constituye un excelente sustrato, por su buena capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos. En Costa Rica en los últimos tiempos se ha iniciado la producción de este sustrato, sin embargo faltan algunos controles en la calidad, ya que existen materiales derivados de fibra "joven" que se ofrece a la venta sin previo tratamiento en la eliminación de sustancias tóxicas. La fibra de coco empleada en hidroponía debe tener una alta relación carbono/nitrógeno, para que se mantenga estable químicamente en el sustrato.

Propiedades Físicas:

Tamaño:	0.25 a 2 mm
espacio Poroso:	86-90%
capacidad de retención de Humedad:	7-9 veces su peso

Propiedades Químicas:

Conductividad eléctrica:	0.06-2.9 milisiemens
PH (mg/100 g):	39-130
Carbono orgánico:	60-70%
Nitrogeno:	5.6-6.9
Fósforo:	17 ppm
Potasio:	15 ppm
Calcio:	253 ppm
Magnesio:	70 ppm
Zufre:	460 ppm
Hierro:	25 ppm
Manganeso:	1.2 ppm
Cinc:	1.1 ppm
Cobre:	0.7 ppm
Plomo:	0.4 ppm
Mercurio:	0.1 ppm
Aluminio:	1.0 ppm
Cloro:	26-1000 ppm

Cascarilla de arroz:

Es un sustrato utilizado para mezcla fundamentalmente con gravas, es liviano, de baja capacidad de retención de humedad, de los sustratos orgánicos una de las más lentas en descomponerse. La principal función de este en la mezcla es favorecer la oxigenación del sustrato. Cuando se utiliza cascarilla de arroz debe de mantenerse un proceso de desinfección química o anaeróbico, con el fin de eliminar partículas pequeñas, así como hongos o larvas de insectos.

Cascarilla de pergamino de café:

Es un sustrato de baja capacidad de retención de humedad, buena para oxigenar sustratos, pero de muy corta vida pues se descomponen en pocos días.

Aserrines:

El aserrín y la viruta de madera son sustratos menos utilizados en nuestro país, dado el desconocimiento que se tiene de la procedencia del material, no todos los aserrines ofrecen buenas condiciones para el cultivo hidropónico, salvo que hayan sido sometidos a un proceso de desinfección de las sustancias tóxicas (taninos) de algunas maderas. Los aserrines tienen una gran capacidad de humedecimiento por su partícula fina, la mejor granulometría se encuentra entre 4 y 10 min. Entre los aserrines probados con buen éxito tenemos: Pino, Eucalipto, teca y poro.

Turba:

(Pits Moos). La turba es un material importado a nuestro país procedente por lo general de Canada, posee características similares a la fibra de coco, viene completamente elaborado y no requiere de ningún proceso para ser utilizado, ofrece excelentes condiciones para el cultivo sin suelo.

Lana de Roca:

Es un medio poco utilizado en Costa Rica, se obtiene de pequeñas fibras hechas de roca, posee un espacio poroso de más de 95%, es muy absorbente y ligero.

SINTÉTICOS

Espuma de poliestireno:

Se utiliza como material de relleno, para oxigenar y alivianar el peso de los sustratos.

Espuma de poliuretano:

Se emplea en la confección de semilleros y es mezclado con otros sustratos livianos.

Como se planteo al inicio el sustrato debe reunir una serie de características que ofrezcan excelentes condiciones para el desarrollo de la planta a cultivos. No siempre un sustrato posee en conjunto estas propiedades, el conocimiento de las mejores propiedades inherentes a un sustrato permite seleccionar mezclas de materiales diferentes en busca de reunir propiedades y condiciones que en conjunto ofrezcan la características buscadas en el sistema de cultivo.

Todos los sustratos mencionados anteriormente ofrecen condiciones para el cultivo sin suelo, sin embargo es de suma importancia conocer su procedencia y si ha recibido previamente algún proceso de lavado o esterilización, única garantía para evitar trastornos en las plantas ocasionados por sustratos contaminados.

Cuidados a tener en cuanto a la utilización de sustratos.

1. Debe conocer la procedencia del sustrato.
2. Todo sustrato inorgánico (roca volcánica, polvo de piedra, piedra pómez, etc) debe ser lavado o tratado previamente, para garantizar la eliminación de impurezas que alteren el sistema de cultivo.
3. Cuando se consiguen sustratos preparados deben contar con información a cerca de sus principales características físicas y químicas (granulometría, retención de humedad, pH, etc).
4. Los sustratos orgánicos (granza de arroz, Fibra de coco, aserrín) necesitan un proceso de tratamiento de eliminación de residuos procedentes del cultivo (arroz). Taninos (aserrines).
5. Los sustratos orgánicos con una alta relación carbono, nitrógeno ofrece mejor es condiciones y más estabilidad.

SUSTRATO	RETENCIÓN HUMEDAD	ESTABILIDAD	OXIGENACIÓN	CAPILARIDAD
Arena de Río	Buena	Excelente	Media	Buena
Pómez	Buena	Buena	Buena	Regular
Roca Volcánica	Buena	Regular	Media	Regular
Esc. Carbón de Leña	Buena	Buena	Buena	Regular
Aserrín	Alto	Regular	Bajo	Buena
Cascara de Arroz	Baja	Regular	Buena	Mala
Cascara de café	Baja	Mala	Buena	Mala
Fibra de Coco	Alta	Buena	Bajo	Buena
Polvo de Piedra	Buena	Excelente	Media	Regular

ESTERILIZACION DE SUSTRATOS

Después de utilizar cualquier tipo de sustrato hidropónico, durante 6 meses a un año, puede tener lugar una progresiva acumulación de microorganismos patógenos (hongos, bacterias, nematodos, etc.), ya sea por que han sido acarreados por el viento, insectos o el hombre por lo que es conveniente la esterilización periódica del sustrato y los recipientes.

Formas de esterilización.

- agua caliente
- vapor de agua
- Hipoclorito de calcio y sodio, etc.

PALABRAS CLAVES: hidroponía, subproductos, sustratos

EVALUACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES Y NUTRICIONALES QUE DETERMINAN EL RENDIMIENTO DE HELECHO HOJA DE CUERO (*Rumohra adiantiformis*) EN UNA PLANTACIÓN COMERCIAL

Floria Ramírez y Floria Bertsch

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

Con el objetivo de valorar los factores que afectan la producción de helecho hoja de cuero, en una finca de Sarchí de Valverde Vega, se procedió a estudiar la relación existente entre la producción, el clima y los contenidos nutricionales. Como base para este estudio se registró en orden cronológico y para cada lote de muestreo la siguiente información: producción (frondas/m²), análisis químicos foliares mensuales (%N, %P, %Ca, %Mg, %K, %S, mg Fe/kg, mg Cu/kg, mg Zn/kg, mg Mn/kg y mg B/kg), precipitación (mm medidos en la finca), humedad relativa promedio (%), brillo solar (horas) y temperatura media (°C), mensuales.

Se seleccionaron datos de análisis foliar y climáticos que correspondientes a períodos de 0 a 20 días antes de las cosechas. Un estudio exploratorio de los datos indicó que existía mayor número de correlaciones cuando se separaron los datos por época del año, por lo tanto, se realizaron 2 bloques de datos, uno para la época lluviosa (junio a noviembre) y otro para verano (diciembre a mayo).

La precipitación y la humedad relativa afectan negativamente la producción durante la época lluviosa; la humedad relativa lo hace también en verano pero con menor intensidad. El brillo solar y la temperatura aumentan la producción de manera importante en invierno, sólo la temperatura favorece la producción durante el verano.

Altos contenidos foliares de N, P, Mg, K y Ca en verano están asociados a una mayor producción, mientras que en invierno un aumento de estos nutrimentos en el follaje no tiene repercusiones, salvo en el caso del Mg; por el contrario un aumento de S en invierno parece estar ligado a una disminución en producción. Para el caso de los micronutrimentos su aumento en el contenido foliar no parece incidir de manera importante sobre la producción en ninguna de las dos épocas, sólo en el caso del Mn que parece correlacionar negativamente con la producción durante el invierno.

PALABRAS CLAVES: fertilización, helado, *Rumohra adiantiformis*, factores ambientales

LA SOLARIZACIÓN DEL SUELO AUMENTA EL NITRÓGENO DISPONIBLE

Carlos Ramírez

Centro de Investigación en Protección de Cultivos

Marco Vinicio Gutiérrez y Franklin Herrera

Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno

La siembra de cultivos hortícolas en suelos solarizados es seguida de un crecimiento muy vigoroso y gran sanidad radical lo que sugiere un aumento de la disponibilidad de nutrimentos y de un efecto adverso sobre los propágulos de patógenos de raíz. Para investigar los efectos de la solarización sobre parámetros de fertilidad del suelo, en un Ultisol (cita en la Estación Fabio Baudrit Moreno, La Garita, Alajuela, Costa Rica) se probó el efecto de diversos períodos de solarización con plástico transparente (2,4,6,8,10 y 12 semanas) sobre el nitrógeno disponible (NO_3 y NH_4 extraíbles), índice de disponibilidad de N (incubación anaeróbica a 45°C seguida de extracción de NH_4) y biomasa microbiana inducida mediante la adición de glucosa. Los contenidos de NO_3 y NH_4 y los índices de N disponible aumentaron considerablemente sobre el testigo expuesto en un 400%-600%, después de la segunda semana de solarización. Estos resultados fueron confirmados mediante los incrementos de la biomasa microbiana. Se concluye que la solarización del suelo no inhibe la nitrificación, el NO_3 se acumula porque aparentemente no es lixiviado por la lluvia debido al efecto protector del plástico. Además, es posible que debido a las altas temperaturas se movilizan las reservas orgánicas de N del suelo debido a un aumento en la mineralización, lo cual resulta en un incremento considerablemente del N disponible.

PALABRAS CLAVES: solarización, nitrógeno disponible, suelos

ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN DOS TIPOS DE CHILE (*Capsicum annuum*), EN ALAJUELA

Alvaro A. Azofeifa

Agropecuaria AzoDel S.A. Apto. 93-3007. Flores, Heredia

Marco A. Moreira

Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica

El objetivo del experimento fue determinar la absorción de nutrientes mayores y secundarios por las plantas en dos tipos de chile: dulce cv. UCR 589 y jalapeño, cv. Hot.

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Fabio Baudrit, UCR. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Se realizaron 13 muestreos a intervalos de 14 días. La muestra analizada consistió de 8 plantas a las cuales se les determinó el peso seco y se analizó el contenido de N, P, K, Ca, Mg y S en el laboratorio de suelos del CIA, UCR. Con base en el peso seco y la concentración de nutrientes en cada muestra, se estimó la absorción de los elementos en la planta a través del ciclo de cultivo, además, se calculó la extracción de los nutrientes con una densidad de siembra de 20833 plantas/ha y un rendimiento de 46.3 t/ha de fruta comercial fresca.

El orden de extracción de nutrientes en chile dulce fue $K_2O > N > P_2O_5 > CaO > SO_4$ y MgO; con valores de 216.6, 39.37, 58.68, 32.66, 44.49 y 21.41 Kg/ha, respectivamente. La relación N:P₂O₅:K₂O:MgO:SO₄:CaO sería 6:3:10:1:2:1. Por su parte, en el chile jalapeño el orden de absorción fue de $K_2O > N > CaO > SO_4 > P_2O_5$ y MgO; con valores de 95.55 > 60.00 > 44.62 > 24.81 > 17.17 y 12.21 Kg/ha, respectivamente. La relación N:P₂O₅:K₂O:MgO:SO₄:CaO sería 5:1:8:1:2:4.

En general, la absorción de los nutrientes es creciente hasta el final del ciclo de cultivo, con ligeras variaciones en los momentos de máxima absorción. La absorción de nutrientes está relacionada al crecimiento de la planta. El principal evento fenológico que modula estas fluctuaciones es la fructificación. Las mayores tasas de absorción ocurren al inicio de la formación y llenado de fruta.

PALABRAS CLAVES: *Capsicum annuum*, nutrición, absorción, chile

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS EN MELÓN (*Cucumis melo*) "HONEY DEW" Y SANDÍA (*Citrullus lanatus*) "CRIMSOM JEWEL"

Floria Ramírez y Floria Bertsch

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

Se realizó una curva de absorción de nutrimentos para las variedades "Honey Dew" de melón y "Crimson Jewel" de sandía, en una finca de Parrita, como parte de las asesorías nutricionales del Centro de Investigaciones Agronómicas, con el fin de determinar la secuencia de necesidades nutricionales a lo largo del ciclo.

Se tomaron muestras de plantas de melón, de diferentes lotes, de las siguientes edades: 12, 22, 33, 40, 46, 54 y 61 días después de la siembra (dds). Para sandía se tomaron plantas de las siguientes edades: 15, 33, 40, 45, 50 y 65 dds, también de diferentes lotes. Para cada edad se seleccionaron 3 repeticiones ya fuera de plántulas o de un área definida de biomasa (1 m²). Las plantas o biomasa de cada repetición se separó en tejido vegetativo, tejido radical y tejido reproductivo (flores y frutos). A cada tejido se le midió el peso fresco (en el campo), peso seco y se le hizo un análisis de contenido químico.

Se obtuvo que una ha de melón que produce 43.5 t de fruta fresca (95% de humedad) consume: 114 kg Ca, 97 kg K, 83 kg N, 24 kg Mg y 15 kg P; mientras que una ha de sandía con una producción de 44 t de sandía (98% de humedad) consume: 108 kg Ca, 89 kg K, 57 kg N, 23 kg Mg y 8 kg P. Las cantidades consumidas en general son moderadas en comparación con otros cultivos. Solo el consumo de Ca es inusualmente elevado, incluso mayor que el de K y N, y este elemento se queda acumulado en el tejido vegetal. Los elementos que más consumen los frutos son K (66% y 56%) y P (60% y 50%, para melón y sandía, respectivamente).

En melón, las dos etapas con necesidades más fuertes de nutrimentos son la de emisión de guías (12-33 dds) y la de llenado de frutos (46-54 dds). A los 33 días se ha consumido, o lo que es lo mismo, debe ser aplicado antes de ese momento, aproximadamente el 50% del N, el K y el Ca, y entre el 35-40% del P y el Mg. En el K es importante la translocación que ocurre de los tejidos vegetativos hacia los frutos (65%).

En sandía, los momentos de máxima absorción coinciden con la emisión de guías e inicio de floración (33-40 dds) y después de la máxima floración e inicio de llenado de frutos (45-50 dds). El 60% del N se consume antes de los 40 dds; el P sufre una absorción más gradual y el K se consume más tardíamente que en melón (a los 45 dds sólo se ha consumido el 35%).

PALABRAS CLAVES: curvas de absorción, melón, sandía, *Cucumis melo*, *Citrullus lanatus*

FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa*)

José Hernán Rodríguez
FERTICA

INTRODUCCIÓN

Importancia económica del cultivo

En Costa Rica el arroz es un alimento básico de la dieta alimentaria, consumiendo aproximadamente 52 Kg. per cápita en forma anual de arroz oro. En otros términos se afirma que el arroz constituye el 40% de la fuente de calorías para la población mundial. Es considerado como un alimento de subsistencia que contiene 7% de proteínas, 80% de carbohidratos, 0.5% de grasas y alrededor de 1.5% de minerales.

La actividad arrocerera en Costa Rica constituye un renglón de mucha importancia dentro del sector agrícola, en donde la necesidad de lograr altos rendimientos sin un incremento desmedido en los costos de producción ha obligado a mantener activa la investigación en las prácticas culturales del cultivo, dependiendo cada vez más de la utilización de insumos y tecnologías modernas, ocupando la fertilización uno de los rubros más importantes.

Zonas en las que se ubica en el país

Según estadísticas suministradas por la Oficina del Arroz, para la temporada 1997-98, el total de hectáreas sembradas en Costa Rica fue de 59.333, con la siguiente distribución en porcentaje por zona:

ZONA	AREA (Ha)	PORCENTAJE
CHOROTEGA	24.826	42.0
BRUNCA	13.514	22.8
HUETAR NORTE	13.760	23.2
PACIFICO CENTRAL	7.105	12.0

Dentro de la región CHOROTEGA se encuentran los cantones de Abangares, Bagaces, Cañas, Carrillo, La Cruz, Liberia, Nandayure, Nicoya y Santa Cruz.

En la región BRUNCA se encuentran los cantones de Corredores, Osa y Golfito.

En la región HUETAR NORTE, los cantones de San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso.

En la región PACÍFICO CENTRAL, los cantones de Aguirre, Parrita, Puntarenas, Garabito, Orotina, San Mateo y Esparza.

Es importante anotar que en los dos últimos años se ha sembrado en la zona HUETAR ATLÁNTICA, Sarapiquí, no más de 125 Ha.

Rendimiento nacional promedio del cultivo en los dos últimos períodos

PERÍODO	AREA (Ha)	PRODUCCIÓN (TM granza) *	Rendimiento (TM/Ha)	Rendimiento (sacos 73.6Kg/Ha)*
1996/97	58,395	242,433	4.15	56.35
1997/98	59,333 **	240,653	4.06	55.11

*Granza húmeda y sucia.

**No se incluye el área perdida en este período (3,494 Ha).

Requisitos climáticos del cultivo

Los factores climáticos de mayor importancia para el adecuado desarrollo y producción de la planta de arroz son la luminosidad, temperatura y precipitación.

- Luminosidad: es un cultivo bastante exigente que requiere luminosidad alta.
- Temperatura: puede variar entre 18 y 35°C, sin embargo dentro de estos límites son más adecuadas las temperaturas mayores. Las temperaturas más bajas durante la floración pueden causar debilitamiento de las plantas y predisponerlas al ataque de plagas y enfermedades.
- Precipitación: es quizá el factor más importante por ser una planta hidrófila. Requiere un buen suministro de agua durante la germinación, macollamiento, prefloración, floración, y en la primera mitad del período de maduración. Es por esta razón que las plantaciones anegadas (inundadas) producen mejores rendimientos. Esta planta puede crecer en terrenos inundados con la ventaja de poder almacenar el oxígeno producido en la fotosíntesis, en sacos especiales localizados en las raíces.
- Vientos: los vientos fuertes perjudican el cultivo, especialmente durante la formación y maduración del grano, pues provocan volcamiento de las plantas y caída de granos.
- Altitud: en Costa Rica el arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 850 m.

Requisitos particulares de suelos

Los suelos ideales para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa, de topografía muy plana si se va a sembrar anegado, o con una ligera pendiente en caso de sembrarse en seco.

Es recomendable evitar la acidez excesiva (pH menor o igual a 4,5) y la alcalinidad elevada (pH mayor o igual a 8). El pH óptimo para el cultivo se encuentra entre 5,5 y 6,5. Una gran cantidad de sales es perjudicial para la planta, por lo que deben evitarse los terrenos afectados por el movimiento de mareas. De igual manera los suelos arenosos no son aconsejables, pues tienen poca capacidad para retener agua y producen pérdida de nutrientes por lavado.

Para el caso de la siembra en seco, los suelos muy arcillosos como los vertisoles, son también inconvenientes, ya que durante los períodos de sequía temporal se contraen en exceso, agrietándose de tal forma que provocan rotura de raíces.

Esquema general del ciclo de vida del cultivo

El desarrollo progresivo de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo desde la germinación de la semilla hasta la maduración. A nivel varietal existe un patrón general que puede variar dependiendo de las características genéticas y el ambiente dentro de lo que se destaca la temperatura y el fotoperíodo.

El ciclo de vida de una planta de arroz en el trópico varía entre los 110 y 150 días. Variedades con ciclos superiores a los 150 días por lo general son sensibles al fotoperíodo y normalmente no se siembran.

El ciclo de vida del cultivo de arroz se divide en tres etapas principales:

- 1. Fase Vegetativa.** Se extiende desde la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula. Esta etapa se considera como una de las principales debido a que es donde se va a desarrollar el macollamiento, y además se ubica la mayor parte de la fertilización, buscando el inicio del primordio floral. Esta etapa puede variar dependiendo de la variedad desde 55-60 días, como el caso de la CR 5272, hasta una duración de 70-75 días para el caso de la CR 1821. En esta etapa de formación de la panícula son de vital importancia el Nitrógeno y el Potasio.
- 2. Fase Reproductiva.** Desde la iniciación de la panícula hasta la floración. En condiciones normales, esta etapa tarda 30 días en todas las variedades, y es aquí donde deben estar disponibles los nutrientes que se aplicaron en la fase anterior. En algunas ocasiones se incluye un poco de nitrógeno con el fin de darle un mayor vigor para lo que falta. Esta etapa es de mucha importancia para asegurar un buen amarre de la flor y el espigamiento, de ahí que se busca proteger mucho de insectos y enfermedades, así como el complemento con la nutrición foliar en el adecuado suministro de Fósforo y micronutrientes, con el fin de prepararse para un excelente llenado del grano.
- 3. Fase de Maduración.** Desde la floración hasta la madurez. Al igual que la anterior, esta etapa también dura aproximadamente 30 días.

Descripción y características especiales del sistema radical

El sistema radical de la planta de arroz es abundante y bastante superficial. En condiciones normales, el 95% de las raíces se encuentra en los primeros 15 cm de suelo. Esta planta tiene dos tipos de raíces: las seminales y las adventicias. Las raíces *seminales* son las desarrolladas a partir de la germinación de la semilla y mantienen a la planta durante los primeros estados de desarrollo, son de corta duración porque luego son sustituidas por las raíces *adventicias* permanentes que salen del cuello o corona de la planta (zona

de transición entre la parte aérea y la subterránea). Inicialmente estas raíces son blancas y suaves, y luego se vuelven duras, lignificadas y de color pardo; estas raíces contienen los pelos absorbentes que afectan la absorción de nutrientes y agua. Existen además las raíces adventicias producidas en los nudos inferiores del tallo.

Las raíces *permanentes* se desarrollan más cuando el arroz se cultiva en secano, mientras que si se cultiva anegado, son las raíces *adventicias* de los nudos las que se desarrollan más.

NUTRICIÓN DEL CULTIVO

Absorción de nutrimentos

La cantidad de nutrimentos removidos del suelo por una cosecha de arroz varía con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo. De esta forma se pueden encontrar diferencias muy grandes de extracción de nutrimentos por el arroz en diferentes condiciones y latitudes.

Específicamente en lo que respecta a absorción de nutrimentos, variedades modernas de alta producción (un promedio de 5 t/ha de grano) en general pueden remover del suelo 110 Kg N, 34 Kg P₂O₅, 156 Kg K₂O, 23 Kg MgO, 20 Kg CaO, 5 Kg S, 2 Kg Fe, 2 Kg Mn, 200 g Zn, 150 g Cu, 150 g B, 250 Kg Si y 25 Kg de Cl por hectárea. La extracción de Si y K₂O es particularmente alta en las panículas y paja que se saca de la plantación al momento de la cosecha. Sin embargo, si sólo se remueve el grano y la paja es devuelta e incorporada de nuevo al suelo, la extracción de Si y K₂O se reduce considerablemente, aunque cantidades significantes de N y P₂O₅ sean removidos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de la remoción de N, P, K y Si por la paja y el grano de arroz en variedades de alto rendimiento.

PRODUCTO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Si
Paja	34	15	89	81
Grano	66	85	11	19

Fuente: Calculado de S.K De Datta, 1989 (Filipinas).

La información del cuadro anterior nos dice que el grano remueve el mayor porcentaje de N y P, pero no así para K y Si, siendo esto de mucha importancia para el manejo adecuado de la fertilización.

Diagnóstico foliar

Cuando se hace un muestreo foliar es de mucha importancia identificar el período exacto de crecimiento para hacer el ajuste respectivo con base en los períodos de mayor absorción según el nutrimento.

Cuadro 2. Niveles críticos foliares para el análisis foliar de arroz.
Técnicas de muestreo de análisis foliar

NUTRIMENTO	DEFICIENTE	BAJO	ADECUADO	TÓXICO
N(%)	<1.8	1.8-2.6	2.6-4.2	
P(%)	<.15	0.15-0.25	0.25-0.48	>1
K(%)	<1	1-1.5	1.5-4	>5
Ca(%)	<0.2	0.2-0.25	0.25-0.4	>0.65
Mg(%)	<0.12	0.17-0.2	0.17-0.3	>0.3
S(%)	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.6	>0.6
Fe(mg/kg)	<50	50-70	70-300	>300
Zn(mg/kg)	<10	10-20	20-150	>500
Mn(mg/kg)	<20	20-30	30-600	>1000
B(mg/kg)	<15	15-20	20-100	>200
Cu(mg/kg)	<4	4-5	5-20	>30

Técnicas de muestreo de análisis foliar

1. En estado de plántula se debe utilizar toda la planta (sin incluir la raíz), ya que los síntomas de deficiencia o toxicidad en arroz usualmente ocurren cuando las plantas están jóvenes, y las hojas no están lo suficientemente desarrolladas.
2. Antes o a inicios de floración se debe usar la segunda o tercera hoja verdadera sin contar la hoja bandera. Para ambos casos es necesario un mínimo de 15 a 20 hojas por muestra.

Síntomas de deficiencia y toxicidad particulares.

NITRÓGENO

- Función: muy importante para el desarrollo de la planta, debido a que forma parte de la estructura molecular de las proteínas, de la clorofila, de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) de los citocromos y de las coenzimas.
- Deficiencia: en Costa Rica la deficiencia de nitrógeno es bastante común ya que muchos productores no suministran cantidades adecuadas de fertilizante nitrogenado. El problema de deficiencia de nitrógeno se acrecienta cuando hay deficiencias o mal manejo de agua, como en arroz de secano.
 1. Provoca plantas atrofiadas con un limitado macollamiento.
 2. Clorosis de hojas viejas.
 3. Hojas pequeñas, angostas y erectas.
 4. Disminuye número de panojas, macollas y granos.
- Exceso: incide directamente sobre el volcamiento y la enfermedad conocida como *Pyricularia*.

FÓSFORO

Función: es muy importante para el desarrollo radicular, crecimiento, floración y desarrollo del grano. Es componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, así como de las membranas celulares. Cumple una función importante en el metabolismo energético, debido a que es parte constituyente de la molécula de ATP (adenosín trifosfato). Es parte integral de las coenzimas NAD (nicotinamida adenín dinucleótido) y NADP (nicotinamida adenín dinucleótido fosfato), que cumplen una función importante en la fotosíntesis, glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos. Este elemento se encuentra en altas concentraciones en los puntos de crecimiento, debido a la influencia que tiene en la división celular.

Deficiencia: es poco frecuente ya que normalmente se usa adecuadas cantidades de fertilizantes fosforados. La deficiencia de fósforo es más severa en suelos ácidos y terrenos de secano, ya que la inundación favorece su disponibilidad. Cuando el fósforo es deficiente, el arroz no responde a las aplicaciones de nitrógeno y potasio.

1. Color verde oscuro sucio en hojas viejas, tornándose luego de color amarillo-anaranjado.
2. Plantas atrofiadas con un limitado macollamiento.
3. Reduce la longitud de las hojas y el número de panojas.
4. Puede aparecer un color rojizo púpura en las hojas de variedades que tienden a producir el pigmento antocianina.

POTASIO

Función: en el cultivo de arroz su función principal es la regulación hídrica de la planta y aumento de la resistencia a plagas y enfermedades como *Pyricularia* y *Heminthosporium*. En forma general, el potasio está relacionado con procesos muy importantes como la fotosíntesis, respiración, formación de clorofila, metabolismo de carbohidratos y activador de enzimas necesarias en la síntesis de proteínas.

Deficiencia: en forma general son poco frecuentes, con excepción de las plantaciones en vertisoles, que además de tener un desbalance con respecto al Ca y al Mg, tienen arcillas de retículo expandible (tipo 2:1) como la montmorillonita, con una alta capacidad de fijación de potasio.

1. En general las plantas se atrofian con una baja capacidad de formación de hijos.
2. Es difícil diagnosticar en plantas jóvenes, ya que el único síntoma es un cambio de color (verde oscuro) en las hojas más bajas.
3. A medida que los días avanzan se presenta una clorosis en las internervaduras así como en las hojas inferiores de la planta, empezando en la punta y finalmente secándolas hasta adquirir un color café claro.
4. Tallos cortos y delgados, menor peso y número de granos.

AZUFRE

- **Función:** es importante para el aprovechamiento del Nitrógeno por la planta (efecto sinérgico). Forma parte estructural de las proteínas y constituye los aminoácidos cistina, cisteína y metionina. Además forma parte de algunas vitaminas como la tiamina y biotina, de la coenzima A y de varias enzimas.
- **Deficiencia:** es muy similar a la deficiencia de N., lo cual hace difícil su identificación; un factor que la diferencia es que los síntomas se van a presentar en hojas más nuevas.
 1. Al inicio se manifiesta en las vainas foliares, tornándose amarillas, avanza hacia las láminas de las hojas y provoca un amarillamiento general de la planta durante la etapa de formación de hijos.
 2. Las plantas son de menor tamaño y con un menor número de hijos.
 3. Las panículas son más pequeñas, en menor cantidad, y menor número de espiguillas por panícula en la etapa de madurez.

HIERRO

- **Función:** interviene en la síntesis de proteínas del cloroplasto, y a la vez juega un papel importante en la síntesis de clorofila y de los citocromos.
- **Deficiencia:** esta deficiencia es más común en suelos neutros a alcalinos, pero también puede ocurrir en suelos ácidos durante períodos con lluvias muy escasas o nulas. Suelos que fueron plantados con banano (como en la zona Sur del país), pueden mostrar deficiencia de hierro debido a la toxicidad de Cobre por la aplicación del Caldo Bordelés a través de muchos años.
 1. Se puede presentar como un amarillamiento intervenal principalmente en plantas jóvenes.
- **Exceso:** se manifiesta como un bronceado o anaranjamiento del arroz. En Costa Rica ha sido observado en arroz de secano favorecido, donde las condiciones de humedad prevalecen por mucho tiempo y los contenidos de hierro soluble se incrementan. En los últimos años, con el incremento del arroz bajo riego los problemas de toxicidad de hierro se han intensificado.
 1. Manchas diminutas café en hojas inferiores, que aparecen primero en las puntas y se extienden hacia la base. En general las hojas permanecen de color verde.
 2. En casos graves, todas las hojas se vuelven de color café púrpura.Es importante mencionar que en Inceptisoles y Vertisoles de la zona de Guanacaste, esta toxicidad se ha asociado con deficiencias de Manganeso y Cobre, presentándose en este caso la sintomatología con un amarillamiento blanquecino.

MANGANESO

- Función: su principal función es la de agente activador enzimático en procesos como respiración y metabolismo del N. Es activador de las reductasas e interviene en el ciclo de Krebs (respiración en la mitocondria) y ciclo de Calvin (fotosíntesis en el cloroplasto).
- Deficiencia: como se mencionó anteriormente, ha estado relacionada con la toxicidad de Hierro.
 1. Franjas longitudinales de color verde claro en hojas jóvenes. Cuando la deficiencia es severa el color puede ser totalmente blanco.

ZINC

- Función: actúa en la síntesis de proteínas. Participa en la síntesis del ácido indol acético (AIA), es activador de una serie de enzimas.
- Deficiencia: normalmente el Zinc se encuentra en la sección de la materia orgánica de los suelos. Deficiencia se presenta cuando se remueve la capa superficial, ya sea por erosión o movimiento de tierra. Por esta razón, una práctica que aumenta en forma importante la deficiencia de este elemento es la nivelación (movimiento de tierra utilizado para el adecuado manejo del agua). Además esta deficiencia es más común en suelos alcalinos o calcáreos, en donde el alto contenido de carbonatos inhibe la utilización de zinc por las plantas. Los síntomas de deficiencia pueden ser más evidentes luego de aplicaciones de N ó P.
 1. Las nervaduras de las hojas obtienen una decoloración herrumbrosa debajo de las puntas de las hojas, afectando tanto la zona venal como intervenal.
 2. Una deficiencia no muy severa puede provocar baja respuesta a la aplicación nitrogenada y al riego.

COBRE

- Función: forma parte de varias enzimas y es activador de otras reacciones. Es componente de la plastocianina (proteína con cobre), la cual interviene en la reducción del nitrito. Es promotor de la vitamina A y está involucrado en la biosíntesis de la lignina. Además, es un componente del sistema de transporte de electrones en la fotosíntesis. En arroz lo más usual puede ser una toxicidad.
- Exceso: como se mencionó anteriormente, en la zona Sur de Costa Rica el problema se ha dado como resultado de un uso continuo del Caldo Bordelés que fue utilizado durante muchos años en el cultivo de Banano para el control de enfermedades fungosas.
 1. Clorosis blanquecina de hojas nuevas y adultas.
 2. Desarrollo pobre de raíces.

TOXICIDAD DE SAL

Normalmente va a ocurrir en regiones áridas de irrigación durante los períodos de baja precipitación. Los problemas de salinidad en los suelos arroceros de Costa Rica son poco frecuentes. El problema se centra en algunas áreas costeras donde hay influencia del agua de mar o que en su origen estuvieron expuestas a su acción y acúmulo.

1. Atrofiamiento de las plantas con poco crecimiento y macollamiento débil.
2. Los extremos de las hojas se tornan blancuzcos y en algunos casos las hojas pueden presentar clorosis.

MANEJO DE LA NUTRICIÓN

Encalado

Los suelos donde se cultiva arroz en Costa Rica, que son mayoritariamente Inceptisoles, Vertisoles y Mollisoles, prácticamente no tienen problemas de acidez, por lo que no es una práctica acostumbrada dentro del cultivo. Los suelos con características ácidas (como por ejemplo algunos Ultisoles de la zona de San Carlos), deben ser encalados de acuerdo con su grado de acidez, con el fin de neutralizar los iones ácidos de esta forma mejorar el aprovechamiento de los nutrientes primarios.

Fertilización

Una parte importante de los productores de arroz manejan la fertilización principalmente con N, P, K, S y Zn, en donde las fuentes y épocas dependen de los tipos de suelo así como las condiciones del clima.

Para definir el manejo nutricional de una variedad determinada se debe tener un claro entendimiento de las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo, y las necesidades nutricionales para cada una de estas etapas.

Fuentes

NITRÓGENO y AZUFRE

• **Urea:** es la fuente de N más comúnmente usada con 46%. Este producto toma más importancia en condiciones inundadas, ya que el nitrógeno amoniacal es retenido por las arcillas en la zona de reducción, liberándose lentamente para que sea disponible por la planta de arroz, y por el contrario, una fuente nítrica se pierde por desnitrificación al transformarse en N_2 , perdiéndose en forma de gas. Es importante considerar que en condiciones de humedad limitada como el secano favorecido, la Urea podría perderse en forma importante en forma amoniacal. También existen en el mercado la Urea con *Azufre* en forma química 41-0-0-0 (5%S) o las mezclas físicas de Urea con Sulfato de Amonio en la relación que se requiera, como por ejemplo: 39-0-0-0 (6.7%S), 33.5-0-0-0 (12%S).

• **Nitrato de Amonio:** este producto con 33.5% de N, se utiliza principalmente en condiciones de secano, ya que la fracción nítrica es aprovechada en forma

inmediata por la planta, y la fracción amoniacal queda disponible para ser aprovechada en forma posterior. En esta modalidad se utiliza también, en suelos con deficiencias de azufre, una modalidad de Nitrato de Amonio con Sulfato de Amonio en forma química conocido como Nitrosulfato de Amonio 27-0-0-0 (8%S).

Sulfato de Amonio: su utilización como fuente de N ha ido disminuyendo, ya que su mayor potencial es para la elaboración de mezclas físicas en combinación con Urea y Cloruro de Potasio.

FOSFORO

La materia prima para la fabricación de los fertilizantes fosforados es la Roca Fosfórica (32% P_2O_5), la cual no es utilizada en su forma original debido a su baja solubilidad.

- **TSP:** el Triple Super Fosfato con 46% de P_2O_5 es un fosfato cálcico muy utilizado sólo o en mezcla con otras materias primas como Sulfato de Amonio y Cloruro o Sulfato de Potasio.
- **MAP:** el Fosfato Monoamónico tiene un 10% N y 50% P_2O_5 , presentando la ventaja de ser la materia prima con mayor concentración de P_2O_5 , haciéndola muy atractiva para disminuir el número de sacos por unidad área.
- **DAP:** el Fosfato Diamónico, con un 18% N y 46% P_2O_5 es una de las fuentes más utilizadas debido a que su contenido mayor de N hace que el fósforo sea más soluble que las otras fuentes, además de tener la misma ventaja del MAP con respecto a la alta concentración de P_2O_5 .

Los productos utilizados para siembra como 10-30-10 pueden presentarse en el mercado como mezclas físicas (mezcla de diferentes materias primas) o productos químicos que tienen una concentración uniforme sin problemas de segregación.

POTASIO

La mayoría de las fuentes son solubles en agua y de reacción neutra en el suelo.

- **KCl:** el Cloruro de Potasio contiene un 60% K_2O , y es la fuente más utilizada, con la concentración más alta y de más bajo costo.
- Otras fuentes como el Sulfato y el Nitrato de Potasio son también productos de muy buena calidad, pero no se utilizan debido a su alto costo.
- **ZINC.** La fuente de mayor utilización es el Sulfato de Zinc, con un 31% de Zn y 17% de S. Ultimamente se ha utilizado una fuente en forma quelatada, con un 12% de Zn, teniendo el inconveniente de un costo más alto.

Epocas de aplicación

En términos generales, la fertilización del cultivo de arroz está fundamentada en 4 épocas de aplicación.

- I. Siembra.** Los nutrientes que se incluyan al momento de la siembra van a depender del resultado de análisis de suelo, así como del gusto del productor. En la mayoría de los casos se incluye todo el fósforo, que puede venir acompañado por una fracción del nitrógeno (hasta un 10% del total) y una parte del potasio (desde un 20 a un 30%). En esta modalidad podría variar según el gusto o las condiciones de clima imperantes al momento de la siembra:

- Semilla y fertilizante en seco (día 0). Dentro de esta modalidad se pueden dar varias opciones:
 - 1) Al voleo, que puede ser manual o con voleadora mecánica, incorporando semilla y fertilizante inmediatamente con una rastra de discos, sin o con muy poco ángulo.
 - 2) Cero labranza. Se quema y se siembra con sembradora sobre la paja quemada. Es una práctica muy interesante para reducir costos.
- Semilla pre-germinada, en donde el fertilizante se puede utilizar antes (incorporado en la preparación de terreno) o después de la siembra, principalmente en cultivo de secano cuando ya hay una lámina de agua. En este último caso se busca que el fertilizante se ponga en contacto con el suelo cuando la planta haya desarrollado sus primeras raíces, y así lograr un mayor aprovechamiento.
- II. **15 a 25 días.** Normalmente se incluye un 20 a 25% del nitrógeno y un 30 a 35% del potasio. En caso de que el análisis denote necesidad de otros elementos como Mg, Zn y S, se puede aplicar el total en el caso de Zn, y dependiendo de la condición del suelo, una parte o el total de Mg y S, con el fin de proteger el período de mayor absorción de estos nutrientes por la planta.
- III. **35 a 40 días.** En esta etapa se busca suplir un 25% del nitrógeno y lo que queda de potasio, así como cualquier otro elemento secundario como el azufre, en caso de encontrarse limitado en el suelo.
- IV. **50 a 55 días.** En esta etapa se busca completar el total de las necesidades de nitrógeno, que en algunos casos se complementa con potasio para aumentar la eficiencia en el llenado del grano y la resistencia a enfermedades.
Es importante anotar que en algunos casos, como el cultivo en suelos pesados (vertisoles), donde la capacidad de fijación de cationes (K^+ , NH_4^+) por las arcillas es alta, se incluye una fertilización extra con el fin de fraccionar y buscar un mejor aprovechamiento.

Dosis

La dosis de fertilizante es un factor que depende enteramente de algunas condiciones como la época, la variedad, las condiciones de clima, disponibilidad de agua de riego y manejo de cultivo.

En términos generales, con las variedades de alto rendimiento utilizadas recientemente en Costa Rica, las dosis se pueden enmarcar de la siguiente forma.

1. NITRÓGENO.

- Arroz Inundado: para el período de verano la dosis puede variar desde 80 hasta 140 Kg de N/ha. En el período invernal, desde 80 a 115 Kg/ha.
- Arroz de secano: puede variar desde 90 hasta 150 Kg/ha.

Un aspecto de mucha importancia es el ajuste de la dosis que se pueda llevar a cabo a través de la utilización del análisis foliar.

2. FÓSFORO Y POTASIO**Cuadro 3. Niveles de fertilización (Kg/ha) con Fósforo y Potasio tomando como base los niveles del elemento en el suelo.**

Fósforo (mg/L)	Potasio cmol(+)/L		
	BAJO (<0.2)	MEDIO (0.2-0.5)	ALTO (>0.5)
	Kg/ha P ₂ O ₅ - K ₂ O		
BAJO (<10)	60-60	60-40	60-30 *
MEDIO (10-15)	30-60	30-40	30-30
ALTO (>15)	0-60	0-40	0-30

* Debido a la importancia que ha adquirido el elemento K en el cultivo de arroz (balance hídrico, resistencia a enfermedades y llenado del grano), se busca aplicar siempre una dosis de mantenimiento de al menos 30 Kg/ha.

Es importante hacer notar que este cuadro sirve como guía general pero en el caso del K es de mucha importancia tomar en cuenta el balance con los otros cationes básicos Ca y Mg

3. AZUFRE**Cuadro 4. Niveles de fertilización azufrada (Kg/ha), tomando como base los niveles del elemento en el suelo**

CATEGORÍA	VALOR (mg/L) *	Kg/ha de S
Bajo	0-10	30
Medio	10-15	15-20
Alto	> 15	0

* Azufre extraído con solución de CaH₄ (PO₄)₂H₂O

4. ZINC

En Costa Rica se ha encontrado respuesta a la aplicación de Zn al suelo, cuando los contenidos son menores a 3 mg/L extraíble por el método Olsen modificado.

Cuadro 5. Niveles de fertilización con Zinc al suelo (Kg/ha), tomando como base los niveles del elemento en el suelo.

CATEGORÍA	VALOR (mg/L) *	Kg/ha de Zn
Muy Bajo	0-1.5	5
Bajo	1.6-3	3
Adecuado	> 3	0

* Zinc extraído con solución de Olsen Modificada.

Métodos

1. Manual. La forma más accesible por la mayoría de productores. Presenta el inconveniente de la poca uniformidad de aplicación.
2. Mecánica.
 - Voleadora: esta modalidad es muy utilizada por su bajo costo y disponibilidad para los productores, garantizando una alta uniformidad de aplicación.
 - Sembradora: este implemento normalmente trae compartimentos para regar el abono conjuntamente con la semilla.

3. **Avión.** Esta modalidad es muy apropiada por su eficiencia, uniformidad y rapidez, sin embargo tiene un alto costo.

Abonos Orgánicos

En cualquier condición donde halla disponibilidad para utilizar abonos orgánicos como compost, desechos animales (gallinaza, boñiga, cerdaza, conejaza), debe complementarse la fertilización mineral. El uso de este tipo de complemento no debe sólo considerarse como suplidor de nutrimentos; juegan también un papel de mucha importancia en el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo de los suelos arroceros, a través del mejoramiento de las propiedades físicas y biológicas del suelo. Cerca de 5-10 t/ha/año de material puede ser aplicado regularmente en suelos arroceros, preferiblemente durante la temporada de lluvias con el fin de poder obtener los mejores resultados de los fertilizantes minerales. Es importante tomar en cuenta que los lugares donde se cultiva el arroz inundado en dos cosechas por año, el material que se utilice no debe afectar la eficiencia de la preparación del suelo.

Fertilización Foliar

En términos generales, la nutrición foliar solamente puede complementar, y en ningún caso sustituir la fertilización al suelo, principalmente debido a que las dosis que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas. Por esta razón, la fertilización foliar es una excelente alternativa para aplicar micronutrimentos, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas por las plantas. Además, puede servir de complemento para el suministro de elementos mayores durante ciertos períodos definidos de crecimiento, aunque en este caso la aspersión foliar no puede sustituir la fertilización al suelo como sí sucede con los micronutrimentos.

La fertilización foliar nos puede brindar efectos adicionales como, el incremento en la eficiencia fotosintética, cambios en la fisiología de la planta, disminución de la senescencia y prolongación de la capacidad fotosintética de la hoja.

La aplicación foliar de micronutrimentos en arroz es algo relativamente reciente, en donde la información existente es escasa, y se utiliza en este cultivo mayormente para suplir las siguientes necesidades:

- Una de las deficiencias principales presentes en los suelos arroceros es la de Zinc, reportada inclusive desde principios de los años 80 por Murillo y González, que además ha sido encontrada en otros países de Asia y América. Estos problemas de Zn están asociados con pH tendiendo a neutro, en órdenes de suelo como mollisoles, algunos inceptisoles y principalmente vertisoles, que contienen altos contenidos de carbonatos libres en la solución, provocando la insolubilidad de este elemento.
- Necesidad de suplementar un elemento como Fósforo en una etapa crítica como post-floración, debido a un aumento en la demanda en este período, siendo más económica la suplementación a nivel foliar. Las fuentes utilizadas son MAP, DAP o Polifosfatos; el TSP no es útil debido a su escasa solubilidad en agua.
- El Manganeseo es otro elemento importante para el cultivo que con frecuencia es deficiente cuando el pH se acerca a la neutralidad.

- En la etapa de maduración se hace muy importante complementar foliarmente a la espiga con nutrientes como K, Mg, S, Zn y B, con el fin de darle las mejores condiciones para un alto rendimiento con limpieza de grano.
- En la zona Sur del país ha sido frecuente encontrar la deficiencia de Hierro, causada principalmente por la toxicidad del elemento Cobre.

Actualmente hay una gran diversidad de opciones en productos para la fertilización foliar; dividiéndose básicamente en Sales y Quelatos.

Las Sales fueron los primeros fertilizantes foliares que se utilizaron y están constituidos principalmente por cloruros, nitratos y sulfatos. De estos los sulfatos son la fuente más utilizada debido a su menor Índice Salino, disminuyéndose así el riesgo de quema en el follaje.

Los que mejor han respondido a las aplicaciones foliares de arroz son los Quelatos, que son compuestos orgánicos de origen natural o sintético, que acomplejan en su interior a un catión metálico formando una estructura heterocíclica, resultando más fácilmente absorbidos y translocados que las sales. Su principal característica para facilitar su absorción es que son compuestos con carga neta 0, y al ser no iónicos no hay atracciones ni repulsiones al entrar a la planta, protegiendo al catión de otras reacciones químicas como oxidación-reducción, inmovilización y precipitación.

En términos generales, las aplicaciones foliares en arroz se pueden enmarcar de la siguiente forma:

NUTRIENTE	15 a 25 días	65-75 días
Zn	X	
N, P, K, Mg, S, Zn, B		X

LITERATURA CITADA

- Bertsch, F.;Raun, W.;Smith,T. 1991. La fertilización del cultivo de arroz bajo riego, trabajo presentado durante el II Taller sobre Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica, San José, Costa Rica, 9-13 Julio, 1990.
- Cordero, A. 1991. La fertilización del cultivo de arroz bajo riego en Costa Rica, en Segundo Taller Latinoamericano de Manejo de suelos tropicales. San José, Costa Rica.
- Cordero, A. 1993. Fertilización y nutrición mineral del arroz. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Cordero, A.;Miner, G.S. 1975. Programa de calibración de análisis de suelo para la fertilización de arroz y maíz en Costa Rica. En Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en América Tropical (1974 Cali, Colombia. Manejo de Suelos en América Tropical. San José, Costa Rica.
- De Datta. S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Productions. John Willey & Son. New York.
- International Rice Resarch Institute. 1979. Nitrogen and Rice. IRRI. Los Baños, Laguna, Philippines.
- León, L. 1981. Química de Suelos Inundados. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia.
- Pasos, M.A. 1990. Efecto de dosis sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa L.*) cv. CR1821, creciendo bajo aniego en un vertisol de Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Costa Rica, sede Regional de Guanacaste.

PALABRAS CLAVES: arroz, cultivo, fertilización, abonos orgánicos, fertilización foliar

INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS Y FOLIARES EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa* AAA, CV. Valery) EN COSTA RICA. ANÁLISIS DE UN CASO Y FACTORES INVOLUCRADOS

Antonio López

Sección Suelos y Drenajes, Corporación Bananera Nacional S.A.

Apdo. 3907210. Pococi, Limón, Costa Rica. Tel. 7633257, Fax 7633055, E-mail:

investigaciones@corbana.com

RESUMEN

Se estudió el contenido de nutrimentos foliares y del suelo en relación con el estado y productividad del cultivo de banano en finca Diamantes en Guápiles, de Pococi, Limón, Costa Rica. Se establecieron seis estaciones de muestreo con diferentes tipos de suelo en los que se realizaron análisis químicos de suelos y foliares, descripciones detalladas del suelo, evaluaciones de la productividad del área y registros de la densidad de población y calidad de plantas, la cantidad de raíces y la población de nematodos. No se encontró una clara relación entre los resultados de los análisis de suelos y foliares y el estado de la plantación. Los suelos con mayor porcentaje de arcilla presentaron el mejor desarrollo de la plantación y el menor ataque de nematodos. Para fertilizar se recomienda tomar muy en cuenta el tipo de suelo y el estado de la plantación, además de los análisis químicos de suelos y foliares.

INTRODUCCIÓN

Los análisis de suelos y foliares han sido utilizados corrientemente en el cultivo de banano en todo el mundo como herramientas muy útiles para manejar la fertilización de este importante cultivo y obtener rendimientos altos, sostenidos y económicamente rentables.

Para la interpretación de los resultados de los análisis de suelos y foliares, se utiliza el concepto de "niveles críticos". Según la redefinición hecha por Malavolta *et al.* (1962), citados por Sarasola y Rocca (1975), el nivel crítico es una faja de tenores de un elemento debajo del cual la producción es limitada y encima del cual el empleo de fertilizantes ya no resulta económico.

Lahav y Turner (1992) mencionan que el análisis foliar permite no sólo el diagnóstico de deficiencias sino también de toxicidades y que la utilidad del análisis de suelo consiste en proveer de una medida de los nutrimentos disponibles en el suelo, pero el análisis foliar es, en última instancia, el que indica si los elementos están siendo absorbidos. Asimismo, la toma de nutrimentos no solo depende del nivel de un elemento en el suelo sino del estado de la raíz (Instituto del Fósforo y la Potasa, 1993), por esta razón se debe llevar un seguimiento muy estrecho de la condición radical de la planta de banano, lo cual depende mucho del tipo de suelo y del ataque de enfermedades y plagas. Turner (1988), citando a Lahav y Turner (1983), menciona que los niveles críticos deben ser interpretados cuidadosamente, evitando interpretaciones rígidas, pues son tentativos. Es más acertado definir ámbitos de concentraciones dentro de las cuales se obtienen rendimientos económicos máximos (Instituto del Fósforo y la Potasa, 1993).

Con respecto a los niveles críticos en el suelo donde se siembra banano, es muy importante mencionar que, debido a la amplia zona de exploración que poseen las raíces de este cultivo, de acuerdo con lo investigado por diferentes autores (Beugnon y Champion, 1966; Lassoudiere, 1971; Walmsley y Twyford, 1968 y Mohan y Madhava Rao, 1986), la profundidad de muestreo para el análisis de suelo deber ser revisada buscando una mejor interpretación del análisis de

suelos y su influencia en la planta. En este sentido, Lahav y Turner (1992) mencionan que el sistema radicular del banano en realidad no es superficial por naturaleza (aún cuando esto se acepta generalmente) y la profundidad de las raíces es una función de las condiciones del suelo. Cabe señalar aquí que los clones "Valery" y "Gran enano", base del comercio mundial bananero, son muy exigentes en suelos y solo producen de manera rentable en las mejores condiciones, aunque se considera que el segundo se adapta mejor a suelos de texturas pesadas (Soto, 1992). Turner *et al.* (1988) al estudiar las relaciones entre los análisis de suelos, foliares y la productividad del cultivo de banano en Australia Oeste encontraron asociaciones muy pobres entre estas variables. Esto no es de extrañar pues anteriormente Twyford y Walmsley (1974) demostraron que la concentración foliar de un elemento y la cantidad total tomada por la planta no están necesariamente asociadas. López y Solís (1991) encontraron que, para las diferentes zonas bananeras de Costa Rica, existen fuertes diferencias en los niveles de elementos en el suelo y en el tejido foliar, lo cual no necesariamente repercute en un mal estado de la plantación en las zonas de suelos menos fértiles.

Por último, es importante conocer las relaciones que existen entre los análisis de suelos, análisis foliares, tipo de suelo y la productividad del cultivo de banano debido a las repercusiones que estas relaciones tienen en cuanto al estado de raíces y al manejo de la fertilización; por lo tanto, el objetivo de este trabajo es sentar las bases para proponer una estrategia del manejo racional y oportuno de estas variables buscando una mejor nutrición de la planta y un uso más eficiente de los fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron seis estaciones de muestreo en la finca de banano de la Estación experimental Los Diamantes, propiedad del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica y ubicada en Guápiles de Pococí, Limón, Costa Rica. Esta finca, en el momento del estudio, tenía aproximadamente 175 ha sembradas de banano y se encuentra a una altura promedio de 210 msnm.

Las estaciones de muestreo se ubicaron tratando de abarcar suelos con propiedades diferentes. El clon utilizado en la finca es el "Valery" que se cultiva en un promedio de 1750 plantas/ha.

Las prácticas de cultivo que se realizan en la finca incluyen la aplicación de nematicidas, fertilizantes y fungicidas como normalmente se realiza en las fincas bananeras de Costa Rica. Estas prácticas se efectuaron de manera similar en todas las estaciones de muestreo. De hecho, las estaciones no recibieron ningún tratamiento especial, excepto la toma de datos.

En cada estación de muestreo, y en diferentes épocas se realizó una calicata de 1 m x 1 m de boca y 1,2 m de profundidad en la que se describió detalladamente el perfil del suelo (Cuadro 1).

La clasificación de la aptitud de los suelos para banano se hizo utilizando la metodología propuesta por Jaramillo y Vázquez y revisada por ASBANA, S.A. (1990). Esta clasificación considera cinco clases de suelos de acuerdo con su aptitud para el cultivo de banano. Ugalde *et al.* (1988), en el estudio de clasificación de tierras para banano de la Estación Experimental Los Diamantes, mencionan que existen 31,0 ha de los suelos de clase II (S_2), 55, 8 ha de suelos de clase III (S_1, S_2) y 88,2 ha de suelos de clase IV (d_1, S_1, S_3). Estos autores recomiendan la eliminación de esta última área debido a la baja productividad de estas tierras.

Los suelos de esta finca se enmarcan dentro de la "Zona Bananera al Oeste del Río "Reventazón", los cuales son químicamente poco fértiles, volcánicos, y con buen drenaje, natural y poco riesgo de inundaciones. (López y Solís, 1991).

Se tomaron muestras de cada perfil para realizar los análisis químicos y texturales de cada horizonte en el Laboratorio Químico de Suelos de CORBANA, S.A.

Paralelamente se tomaron muestras de suelo en la zona de fertilización de las plantas a 30 cm de profundidad (análisis convencional) en cada estación de muestreo. Para la interpretación de estos análisis de suelos se utilizó la guía de Díaz-Romeu y Hunter (1978), citada por Bertsch (1986).

Esta guía utiliza los siguientes niveles críticos: Ca= 2,2 cmol (+) kg⁻¹, Mg=0,8 cmol (+) kg⁻¹, K=0,2 cmol (+) Kg⁻¹, P= 12 mgkg⁻¹, Mn= 5 mgkg⁻¹, Zn=3 mgkg⁻¹ Cu= 1 mgkg⁻¹ y Fe= 10 mgkg⁻¹. Para la interpretación de los valores de pH y acidez extractable se usó la guía del Ministerio de Agricultura y Ganadería (1982), citada por Bertsch (1986), que considera valores de pH de menos de 5 y niveles de acidez de más de 0,3 mgkg⁻¹ como inadecuados para los cultivos.

Se seleccionaron quince plantas alrededor de los sitios donde se ubicaron las calicatas con el fin de realizar el respectivo análisis foliar, el cual se efectuó siguiendo el método propuesto por Martín-Prevel (1974). Se tomó la porción central de la lámina de la tercera hoja en orden descendente en plantas próximas a parir. Para la interpretación del análisis foliar se usó como referencia los niveles foliares críticos para banano presentados por Soto (1992) en los que se resumen los trabajos de varios autores. Según esta guía, se consideran los siguientes niveles como normales: N=2,60 a 3,50%, P= 0,18 a 0,29%, K=2,70 a 4,53% Ca= 0,71 a 1,00 % Mg= 0,18 a 0,36, S= más de 0,30% Fe= 70 mgkg⁻¹ Cu= 11 a 24 mgkg⁻¹, Zn= 18 a 43 mgkg⁻¹ y Mn= 650 mgkg⁻¹.

Se tomaron datos fenológicos y de producción de quince plantas seleccionadas al azar alrededor de las calicatas. Estos datos incluyen la circunferencia del pseudotallo medida a 1 m. de altura, la altura de la planta, el número de manos, el período de cosecha de la madre o cosecha del hijo (conocido como retorno). También se tomaron datos del número de plantas /ha y de la calidad de plantas para conocer el número de plantas efectivas /ha. Las plantas no efectivas incluyeron resiembras pobres o plantas pobres con racimos de menos de seis manos.

La relación caja/racimo ("ratio") se estimó con base en el número de manos. La productividad se estimó considerando el número de unidades productivas reales/ha. El retorno y el "ratio".

Se utilizó una clasificación arbitraria para medir el estado de la plantación en cada sitio basada en el número promedio de manos. Las categorías fijadas fueron: 1. Excelente (Más de 10 manos) 2. Muy bueno (9 a 9,9 manos), 3. Bueno (8 a 8,9 manos), 4. Regular (7 a 7,9 manos), 5. Pobre (6 a 6,9 manos) 6. Muy pobre (Menos de 6 manos).

También se tomaron datos del peso de la raíz y de la incidencia de nematodos en el área.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

DESCRIPCION DE PERFILES

El Cuadro 1 incluye la descripción detallada del perfil de suelo para cada una de las seis estaciones de muestreo.

Todas las estaciones están ubicadas en suelos aluviales clasificados taxonómicamente como Andosoles (estaciones 1 a 5) y Entisoles (estación 6). Aunque dichos suelos comparten algunas características en común, presentan importantes diferencias entre sí, sobre todo en cuanto a las características texturales del perfil.

Las estaciones 1 y 2 presentan drenaje bueno. Los niveles freáticos se encuentran profundos (más de 2,00 m en el momento del muestreo). No existe presencia de tonalidades grisáceas en ningún horizonte del perfil, lo cual es indicativo de buen drenaje natural del suelo producto del adecuado estructuramiento de los horizontes.

En el caso de las estaciones 3 y 4 sobre todo en las 5 y 6, el drenaje es más bien excesivo debido a la presencia de texturas livianas o de horizontes a poca profundidad compuestos de arena, grava y cantos rodados.

Esta es precisamente una de las principales limitantes en este tipo de suelos de la finca, ya que en el período seco (meses de febrero, marzo y abril) la falta de humedad afecta fuertemente el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

Las estaciones de muestreo se ordenaron a propósito de acuerdo con la condición del cultivo (de la mejor a la peor condición). El cultivo en esta finca se desarrolla mejor en los suelos con mayor porcentaje de arcilla (estación 1) llegando a tener hasta 41,89 y 46,08% de arcilla en los horizontes Bw2 y Bw3. La estación 2, segunda en calidad de plantación, también presente suelos relativamente pesados en su perfil lo cual permite un buen desarrollo de las plantas. De la estación 3 en adelante

se produce un desmejoramiento en la condición del cultivo la cual está muy estrechamente ligada con la presencia de texturas livianas. La estación 3 presenta texturas franco arenosas desde 0 hasta 84 cm y la estación 4 tiene texturas franco arenosas a partir de los 40 cm y aún textura arenosa a partir de 110 cm. En el caso de las Estaciones 5 y 6, la situación es más limitante pues existen básicamente solo texturas franco arenosas con estratos internos de arena, grava y cantos rodados.

La condición textural liviana no solo limita el crecimiento normal de la planta desde el punto de vista del déficit hídrico, sino también tiene que ver con la baja superficie de absorción de la raíz para la toma de nutrimentos.

Cuadro 1. Descripción del perfil del suelo de cada estación de muestreo

Estación y fecha de muestreo	Horizonte	Profundidad (cm)	Color de la Matriz	Estructura y grado de agregación (*)	Total (%)			Nombre textural (**)	Clasificación (***)	
					Arena	Limo	Arcilla		Actual	Potencial
1 17 julio 92	Ap	0-5	10 YR 2/2	BSA Mod.	28,18	39,49	32,33	FA	III (s2)	III (s2)
	Bw1	5-40	10 YR 2,5/2	BSA Deb.	28,16	35,96	35,88	FA		
	Bw2	40-81	10 YR 5/3	BSA Deb.	19,98	38,13	41,89	A		
	Bw3	81-92	10 YR 2,5/2	SE	24,69	29,23	46,08	A		
	BC	92-120+	10 YR 4/4	SE	46,66	27,02	26,32	F		
2 30 abril 92	Ap1	0-5	10 YR 2,5/2	BSA Mod.	43,25	31,18	25,57	F	II (s2)	II (s2)
	Bw1	5-75	10 YR 4/3	BSA Mod.	46,77	26,30	26,93	FA a		
	Bw2	75-89	10 YR 4,5/4	BSA Mod.	34,94	35,81	29,25	FA		
	Bw3	89-110	10 YR 5/4	BSA Deb.	48,42	34,34	17,24	F		
	A2	110-120+	10 YR 3/2	BSA Deb.	41,75	27,02	31,23	FA		
3 30 abril 92	Ap	0-5	10 YR 2,5/2	BSA Mod.	63,13	23,03	13,84	Fa	II (s2)	II (s2)
	Bw1	5-40	10 YR 3,5/3	BSA Mod.	58,88	21,18	19,94	Fa		
	Bw2	40-84	10 YR 4,5/4	BSA Deb.	60,09	25,38	14,53	Fa		
	Bw3	84-120	10 YR 2/1	BSA Deb.	34,91	62,55	3,26	FL		
	C	>120	Arena + GyCR****							
4 17 julio 92	Ap	0-5	10 YR 2,5/2	BSA Mod.	54,17	26,36	19,47	FA a	II (s2)	II (s2)
	Bw	5-40	10 YR 3,5/2	BSA Mod.	47,91	26,08	26,01	FA a		
	C1	40-100	10 YR 3,5/2	BSA Deb.	62,21	23,82	13,97	Fa		
	C2	110-120+	10 YR 2/2	BSA Deb.	90,21	2,29	7,50	A		
5 04 mayo 92	Ap	0-5	10 YR 3/2	BSA Mod.	67,21	25,11	7,68	Fa	IV (d1, s1)	IV (d1, s1)
	Bw1	5-25	10 YR 3/2	BSA Mod.	65,88	31,16	2,96	Fa		
	Bw2	25-60	10 YR 2/2	BSA Deb.	67,77	30,34	1,89	Fa		
	C	>60	Arena + GyCR****							
6 04 mayo 92	Ap	0-4	10 YR 3/2	BSA Mod.	70,41	18,14	11,45	Fa	IV (d1, s2)	IV (d1, s2)
	C1	4-18	10 YR 3/2	SE	70,06	15,64	14,30	Fa		
	C2	18-56	10 YR 3/2, 5	SE	74,52	21,74	3,74	Fa-aF		
	C3	56-90	10 YR 3/2, 5	SE	71,69	17,81	10,50	Fa		
	C4	90-110	10 YR 3/2	SE	56,56	26,84	16,60	Fa		
	C5	110-120	10 YR 2/2	SE	76,80	14,04	9,16	Fa		
	C6	>120	Arena + GyCR****							

*BSA = Bloques subangulares, SE= Sin estructura.

** F= Franco, A= Arcilla, L= Limoso, a= arena.

*** d1 = limitación en factor drenaje excesivo. s1= limitación en factor profundidad efectiva. s2= limitación en factor textura.

**** Gy CR= Grava y cantos rodados.

En el Cuadro 1 también se presenta la clasificación actual y potencial de los suelos de cada estación de acuerdo con el manual de clasificación para banano. La estación 1 se clasificó como de clase III (S_2) (moderadamente apropiada, debido a limitaciones en el factor textura- S_2), sin embargo, es la estación de mejores condiciones de las estudiadas y se comporta como Clase I. La estación 2 se clasificó como II (S_2) (apropiada, con ligeras limitaciones en el factor textura- S_2) y en realidad se comporta como una tierra de Clase II. Se aprecia que bajos las condiciones de esta finca en particular, no existe una relación clara entre la clasificación actual y potencial del área y el estado productivo de la plantación (Cuadro 6) como se mencionó anteriormente, en suelos con excelente drenaje (estaciones 1 y 2) es preferible tener texturas ligeramente pesadas (aunque bien estructuradas) las que permiten un mejor y más sostenido suplemento de agua y nutrimentos a la planta a través de todo el año. Además, en el caso de este tipo de suelos la adecuada profundidad del perfil favorece la presencia de raíces profundas que forman, junto con las raíces superficiales, una gran red de absorción en todo el perfil.

El ejemplo contrario a esto lo constituyen las estaciones 3 y 4, las cuales se clasifican como de clase II actual y potencial (apropiadas, con ligeras limitaciones en el factor textura- S_2) pero se comportan en la realidad como de Clase III.

En las estaciones 5 y 6 la clasificación teórica, según manual, se acopló plenamente a lo encontrado en el campo. Estas tierras se clasificaron como IV (d_1, S_1, S_2) y IV ($d_1 S_2$) (poco apropiadas, debido a fuertes limitaciones por drenaje excesivo- d_1 , profundidad efectiva- S_1 y textura- S_2).

INTERPRETACION DE LOS ANÁLISIS QUIMICOS DE SUELOS

ANALISIS QUIMICO DE CALICATAS

En el aspecto químico (Cuadro 2) también existen fuertes diferencias entre los datos de las diferentes estaciones de muestreo.

Se observa como los suelos químicamente más ricos son los que presenta el mejor estado de la plantación. Los horizontes superficiales de las cuatro primeras estaciones (las mejores) son las que presentan los mayores contenidos de Ca, Mg, K, P, Zn y mayor CICE. Además, especialmente en el caso de las tres primeras estaciones, no solo se tienen horizontes superficiales ricos sino que otros horizontes internos presentan adecuada fertilidad natural. En la estación 1 los horizontes arcillosos Bw2 y Bw3 (de 40 a 92 cm de profundidad) presentan niveles muy significativos de Ca y Mg que definitivamente deben estar afectando positivamente la nutrición de las plantas.

En la estación 2 también se da la presencia de horizontes subsuperficiales con alto contenido de Ca y Mg (horizontes Bw3 y A2 de 89 a 150 cm) que aunque no pueden influir tanto en el cultivo, como lo hacen el Bw2 y Bw3 en la estación 1, si pueden tener cierto efecto positivo en las plantas a pesar de su profundidad. Aún en el caso de la estación 3, existe un horizonte Bw3 (84 a 120 cm) con alto contenido de Ca y Mg que también puede tener un efecto positivo.

La condición química de los suelos obviamente está ligada a la capacidad de cambio de cada tipo de textura. Los suelos más pesados (primeras estaciones) tienen mayor capacidad de intercambio de cationes, debido a la alta superficie de exposición de las arcillas y limos que los suelos más livianos (últimas estaciones) en lo que predomina la fracción arena que se caracteriza por su baja capacidad de intercambio de cationes. Obviamente, se espera mayor respuesta a la fertilización en los suelos con mayor capacidad de intercambio que los suelos con baja capacidad de intercambio. Esto está además muy ligado a las pérdidas de fertilizante por lixiviación.

Cuadro 2. Características químicas de los horizontes del perfil del suelo de cada estación de muestreo.

Estación de muestreo	Horizonte	Profundidad (cm)	PH Agua	Cmol kg ⁻¹ de suelo					mg kg ⁻¹ de suelo					Saturación de		Materia orgánica
				A.E.	Ca	Mg	K	CICE	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Ba-ses	Acidez	
1	Ap	0-5	7,20	0,06	1,50	3,10	1,03	20,09	56	77	15	6,2	22	99,70	0,30	8,24
	Bw1	5-40	5,54	3,08	1,20	0,52	0,46	5,06	13	286	8	2,3	16	39,13	60,87	7,53
	Bw2	40-81	6,52	0,30	10,30	2,73	0,16	13,69	17	201	6	0,5	10	97,81	2,19	1,72
	Bw3	81-92	6,80	0,08	10,30	2,31	0,17	12,86	9	303	14	1,4	6	99,38	0,62	5,15
	BC	92-120+	6,86	0,06	3,30	0,84	0,14	4,34	11	98	2	0,4	2	98,62	1,38	1,72
2	Ap1	0-5	6,28	0,02	21,30	5,18	1,04	27,54	77	85	6	10,6	41	99,93	0,17	10,66
	Bw1	5-75	5,82	0,76	2,80	1,07	0,83	5,46	5	176	3	0,3	8	86,08	13,92	4,17
	Bw2	75-89	5,46	1,40	4,70	2,52	0,30	8,92	15	139	3	0,1	7	84,30	15,70	0,31
	Bw3	89-110	5,73	0,40	11,30	2,87	0,11	14,68	14	109	2	T	2	97,28	2,72	0,15
	A2	110-120+	5,95	0,06	12,70	2,78	0,09	15,63	14	281	11	0,9	4	99,62	0,38	1,08
3	Ap	0-5	6,72	T	22,00	5,66	1,12	28,78	53	37	3	10,1	29	100,0	0,00	10,66
	Bw1	5-40	5,30	1,30	3,10	0,97	0,38	5,75	48	219	5	0,4	13	77,39	22,61	4,94
	Bw2	40-84	6,30	0,26	2,30	1,26	0,30	4,12	19	103	2	0,1	3	93,69	6,31	1,08
	Bw3	84-120	6,45	0,04	18,40	2,13	0,14	20,71	6	197	6	0,2	3	99,81	0,29	6,18
	C	>120														
4	Ap	0-5	7,20	0,12	14,6	1,94	1,18	17,84	14	57	3	4,1	24	99,33	0,67	5,93
	Bw	5-40	6,01	0,88	1,0	0,17	0,33	1,38	10	154	3	0,3	9	36,23	63,77	3,93
	C1	40-100	6,45	0,42	1,4	0,27	0,58	2,67	10	88	1	0,3	3	84,27	15,73	1,72
	C2	110-120+	7,29	0,16	3,1	0,42	0,69	1,27	8	23	1	T	2	87,40	12,60	0,31
5	Ap	0-5	6,00	0,04	9,5	2,45	0,33	12,32	15	117	3	3,0	9	99,68	0,32	8,50
	Bw1	5-25	5,70	0,44	2,1	0,55	0,22	3,31	5	197	4	0,8	9	86,71	13,29	3,97
	Bw2	25-60	5,70	0,16	3,2	0,60	0,12	4,08	5	179	4	0,4	5	96,08	3,92	2,32
	C	>60														
6	Ap	0-4	6,21	T	13,3	1,40	1,06	15,76	10	46	1	1,6	12	100,0	0,00	10,71
	C1	4-18	6,25	0,18	3,5	0,47	1,20	5,35	3	175	3	0,4	10	96,64	3,36	6,49
	C2	18-56	5,90	0,14	1,4	0,33	0,47	2,34	3	120	2	0,1	5	94,02	5,98	6,64
	C3	56-90	6,85	0,20	0,7	0,35	0,32	1,57	2	76	1	T	2	87,26	12,74	0,93
	C4	90-110	6,30	0,02	9,2	2,23	0,38	11,83	2	87	3	0,4	2	99,83	0,17	0,46
	C5	110-120	6,60	0,10	4,6	1,81	0,25	6,76	14	61	2	0,7	3	98,52	1,48	0,31
	C6	>120														

En el caso de los suelos livianos, la mayoría del fertilizante rápidamente se pierde y la planta no puede aprovecharlo. En estos casos se recomienda utilizar un fraccionamiento máximo de los fertilizantes a través del año para mejorar los índices de aprovechamiento de éstos.

ANÁLISIS QUÍMICO CONVENCIONAL

En el cuadro 2 se presenta el análisis químico de suelos siguiendo la metodología normalmente utilizada. Comparando esta información con la procedente de las calicatas, se aprecia que no existe una relación clara entre la caracterización química de cada estación de muestreo y el estado de la plantación.

En general se presentan valores altos de acidez extractable (entre 1,08 y 1,76 cmol(+)/Kg⁻¹) y bajos de pH (entre 4,67 y 4,89) debido sobre todo al efecto acidificante de algunos fertilizantes nitrogenados usados en el cultivo de banano. A pesar de lo anterior, estos valores no parecen estar afectando significativamente el estado del cultivo pues el banano se desarrolla bien en suelos relativamente ácidos. Los niveles de Ca, Mg y K de todas las estaciones se consideran adecuados para el desarrollo del cultivo. Los contenidos de P de las estaciones 1, 2 y 3 se tienen también como niveles adecuados, no así en el caso de las estaciones 4, 5 y 6 en donde se consideran como deficientes. Con respecto a los niveles de Zn, también se presentan niveles considerados como deficientes para las estaciones 3, 4, 5 y 6, mientras que los contenidos para

las otras dos estaciones son buenos. Estos dos elementos podrían ser críticos en los suelos de las estaciones de mal crecimiento. Los demás elementos menores (Fe, Cu y Mn) se consideran como adecuados para el cultivo en todas las estaciones de muestreo.

Exceptuando las diferencias encontradas en cuanto al P y al Zn, se puede concluir que la información suministrada con la metodología convencional de muestreo debe ser complementada con una buena descripción del perfil del suelo y así tener una base sólida para conocer la disponibilidad de nutrientes que puede tener la planta para su normal crecimiento y desarrollo. Es importante conocer no sólo la condición química de los primeros 30 cm del suelo sino también la condición química y física de horizontes subsuperficiales que también son explorados por las raíces de banano.

INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS FOLIARES Y ESTADO DE LA PLANTACIÓN

De acuerdo con los análisis foliares realizados para las diferentes estaciones de muestreo (Cuadro 3) se observa que tiende a existir gran variabilidad en los contenidos de los elementos exceptuando los casos de Mg y P los cuales se mantienen muy constantes en todas las estaciones muestreadas. Con base en la guía de interpretación se concluye que, en general, existen niveles bajos de N, Ca, Mg y S en todas las estaciones de muestreo. Esta tendencia es normal para la Zona al oeste del Río Reventazón y ha sido informado por otros autores (López y Solís, 1991) y tiene su explicación en el hecho de que, en general, los suelos de esta zona no tienen una fertilidad natural alta. Los demás elementos caen dentro de niveles considerados como apropiados para el cultivo.

Cuadro 3. Caracterización química de cada estación de muestreo.

Estación de muestreo	pH (H ₂ O)	cmol kg ⁻¹ de suelo				mg kg ⁻¹ de suelo					Materia Orgánica	Estado de la plantación
		A.E.	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn		
1	4,89	1,32	4,4	2,4	0,51	13	322	17	2,1	32	5,93	Muy buen
2	4,71	1,64	5,0	3,1	0,73	18	372	10	3,4	24	5,15	Bueno
3	4,67	1,64	3,7	2,0	0,72	17	232	6	0,7	32	7,33	Bueno
4	4,85	1,76	5,6	2,5	0,56	4	170	5	0,9	37	8,89	Regular
5	4,74	1,08	2,1	1,3	0,35	5	190	5	T	13	6,86	Pobre
6	4,74	1,08	3,2	2,1	0,63	8	249	6	0,5	22	8,58	Muy pobre

Se encontró, concordando con otras investigaciones (Twyford y Walmsley, 1974 y Turner *et al.*, 1988), que no existe una relación clara entre los contenidos de elementos foliares y el estado de la plantación (Cuadro 4). La Estación 1, de mayor tamaño de racimo y mayor productividad, no necesariamente presenta los mayores contenidos de elementos a nivel foliar. De la misma forma, las estaciones de menor tamaño de fruta y menor productividad no presentan los niveles más bajos de todas las muestras analizadas.

Cuadro 4. Análisis químico foliar para cada estación de muestreo.

Estación de muestreo	%					mg kg ⁻¹					Estado de la plantación
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	
1	2,22	0,16	4,40	0,51	0,24	0,09	117	63	32	266	Muy bueno
2	2,34	0,16	4,30	0,52	0,23	0,12	168	9	33	180	Bueno
3	2,31	0,16	4,30	0,49	0,23	0,11	200	8	31	149	Bueno
4	2,54	0,14	4,70	0,66	0,23	0,12	97	22	28	247	Regular
5	2,60	0,14	4,30	0,60	0,25	0,14	110	28	31	159	Pobre
6	2,22	0,15	3,54	0,54	0,24	0,10	159	14	35	172	Muy pobre

Esto confirma lo encontrado por Twyford y Walmsley (1974) quienes mencionan que la concentración del elemento en la hoja y la cantidad total del elemento en la planta no están necesariamente asociados. Debido a esto, es muy importante tomar en cuenta el estado de la plantación para definir la condición nutricional de la planta.

Lo anterior no indica de ninguna forma que no se debe utilizar el análisis foliar como guía para conocer los requerimientos nutricionales de la planta sino que no debe ser usada como una herramienta rígida de interpretación lo cual, ya ha sido recomendado por otros autores (Turner, 1988).

Por otro lado, vale la pena señalar que, como se observa en el Cuadro 5, la productividad no solo depende del estado individual de las plantas sino del número de plantas efectivas por ha que se manejen en una plantación para el caso de finca Diamantes se puede observar que el número de unidades reales (plantas efectivas) por área es bastante bajo, lo cual limita mucho la productividad de la finca.

Para la evaluación del estado de la plantación, se recomienda la utilización de la variable número de manos debido a que es muy fácil de determinar en el campo y correlaciona altamente con el peso de la fruta.

Cuadro 5. Datos fenológicos y de producción de cada estación de muestreo.

Estación de muestreo	Circunferencia del pseudotallo (cm)	Altura de la planta (cm)	Número total de plantas por ha	Número de unidades reales por ha	Retrono anual (Racimos por cepa)	Número de manos	Relación caja/Racimo	Productividad estimada (cajas ha ⁻¹ Año ⁻¹)	Estado de la plantación
1	79.2	395	1800	1428	1.48	9.6	1.44	3043	Muy bueno
2	85.4	416	1720	1343	1.48	8.6	1.21	2405	Bueno
3	82.1	398	1640	1258	1.52	8.1	1.10	2103	Bueno
4	67.1	368	1720	1428	1.48	7.0	0.98	2071	Regular
5	57.7	298	1840	1088	1.38	6.0	0.69	1036	Pobre
6	55.0	302	1720	612	1.43	5.3	0.69	604	Muy pobre

ANÁLISIS DE RAÍCES

Como punto interesante de este trabajo, también se realizaron análisis de raíces y nematodos para las estaciones de muestreo (Cuadro 6). Se observa que la cantidad de raíces es baja en todas las estaciones de muestreo debido a la alta infección por nematodos. Sin embargo, cabe acotar que los mejores suelos de este estudio toleraron poblaciones altas de nematodos sin que existiese un efecto marcado en el crecimiento y desarrollo de las plantas o que existiera volcamiento de las plantas, como si parece ocurrir en las áreas de suelos más pobres. Esto posiblemente está relacionado con una mayor cantidad de raíces totales en los mejores suelos que le permite absorber más agua y nutrimentos a la planta.

Cuadro 6. Análisis nematológico y estado de la raíz de cada estación de muestreo.

Estación de muestreo	Estado de las raíces			Nematodos (100g de raíz)				Estado de la plantación
	Total	Funcionales (%)	No Funcionales (%)	Re. Jopholus	Helicotylenchus	Meloidogyne	Pratylenchus	
1	64	59	43	11600	4000	400	800	Muy bueno
2	53	58	42	22000	4400	1600	0	Bueno
3	65	50	50	30000	2400	0	0	Bueno
4	38	18	82	27200	6400	0	0	Regular
5	51	50	58	6400	400	400	0	Pobre
6	37	59	41	13600	800	400	800	Muy pobre

CONCLUSIONES

La clasificación de los suelos de las estaciones de muestreo de Finca Diamantes no se ajustó a lo encontrado en la práctica. Se encontró que los suelos pesados o ligeramente pesados, pero bien estructurados, permiten un mejor desarrollo de las plantas.

No se encontró una relación clara entre el análisis químico de suelos convencional, el análisis foliar y estado de la plantación. De acuerdo con esto. Los niveles críticos de suelos y foliares no deben ser usados rígidamente para interpretar el nivel de fertilidad de un suelo y el estado nutricional del cultivo.

Si es posible, se recomienda, para interpretar el estado nutricional y productivo del cultivo, tomar muy en cuenta las características químicas y físicas del suelo hasta 120 cm ya que las raíces de banano pueden explorar hasta esa profundidad.

Se encontró que los mejores suelos permiten una mejor capacidad de respuesta de la planta al ataque de nematodos. La guía de interpretación de niveles críticos de Díaz-Romeu y Hunter (1978) funcionó bien para la interpretación de niveles críticos de suelos en Finca Diamantes. Se reconfirmó la capacidad del cultivo de banano de adaptarse a condiciones químicas de suelos limitantes como es el caso de Finca Diamantes con suelos con pH bajo y acidez extractable alta. Por último, para la interpretación de los resultados de los análisis foliares se recomienda tomar en cuenta todos los factores que puedan estar influyendo en estos resultados como lo son el tipo de suelo, el clon utilizado, el clima, el estado de sanidad de la raíz, problemas de drenaje, etc.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco al Ing. Agr. Greivin Delgado Solórzano, Exgerente de Finca Diamantes, y al Sr. Mario Fallas González, Exasistente de Investigaciones de Finca Diamantes, por su valiosa colaboración para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 81 p.
- BEUGNON, M. Y CHAMPION, J. 1966. Etude sur les racines du bananier. *Fruits* 21 (7):309-327.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO. 1993 Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. INPOFOS. Quito, Ecuador. 55 p.
- JARAMILLO, R. Y VAZQUEZ, A. 1990. Manual de Procedimientos para Presentación y Realización de Estudios Detallados de Suelos y Clasificación de Tierras para el Cultivo del Banano. Mimeografiado. Departamento de Investigaciones Agrícolas, ASBANA. Edición revisada. 29 p.
- LAHAV, E. Y TURNER, D. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. 71 p.
- LASSOUDIERE, A. 1971. La croissance des racines du bananier, *Fruits* 26 (8): 501-502.
- LOPEZ, A. Y SOLIS, P. 1991. Contenidos e interacciones de los nutrimentos en tres zonas bananeras de Costa Rica. *CORBANA* 15 (36) : 25-32.
- MARTIN-PREVEL, P. 1974. Les méthodes d'échantillonnage par l'analyse foliaire du bananier. *Fruits* 29 (9): 583-588.
- MOHAN, N. Y MADHAVA RAO, V. 1986. Tracer studies to determine the active root zone in banana. Memorias. IV Reunión sobre Agrofisiología del Banano. San José, Costa Rica. 155 p.
- SARASOLA, A. Y ROCCA, M. 1975. Fitopatología. Curso Moderno Tomo IV. Fisiogenéticas-Prácticas en Fitopatología. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 285 p.
- SOTO, M. 1992. Bananos, Cultivo y Comercialización. Segunda Edición, Imprenta Lil S.A. San José, Costa Rica. 674 p.
- TURNER, D. 1988. The interpretation of leaf analysis results in bananas. Separata. Primer Seminario-Taller sobre nutrición y Fertilidad en Banano. San José, Costa Rica. 5 p.
- TURNER, D.; KORAWIS, C. Y ROBSON, A. 1988. Soil analysis and its relationship with leaf at Carnarvon, W.A. Separata. Primer Seminario-Taller sobre nutrición y Fertilidad en Banano. San José, Costa Rica. 17 p.
- TWYFORD, I. Y WALMSLEY, D. 1974. The mineral composition of the Robusta Banana Plant. III. Uptake and Distribution of mineral constituents. *Plant and Soil*. 41 (3): 471-491.
- WALMSLEY, D. Y TWYFORD, I. 1968. The Uptake of 32 P by Robusta Banana. *Tropical Agriculture*. 45 (3): 223-228.

PALABRAS CLAVES: *banano, análisis químico, suelos*

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN EN CAFÉ

Victor Chaves

Coordinador Nutrición Mineral. CICAPE. ICAFE

INTRODUCCIÓN

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ

Hacia finales del siglo XX, la producción cafetalera continua jugando un importante papel en la economía de numerosas naciones; es así como 80 países producen anualmente alrededor de 95 millones de sacos de 60 kg, de los que un 75% es destinado a la exportación; constituyéndose después del petróleo en el principal generador de divisas de los países en vías de desarrollo.

En Costa Rica se estima el área sembrada de café en 110 000 hectáreas, lo que representa un 3% del área de labranza nacional y en las que se produce anualmente alrededor de 2 500 000 sacos de 60 kg, para un promedio de 23 sacos/ha (30 fanegas/hectárea); destacándose este rendimiento entre los mayores a escala mundial.

Por otra parte cabe mencionar que las labores de asistencia a las plantaciones así como la recolección y procesamiento del fruto, son responsables de un 20% del empleo generado por el sector agropecuario nacional.

REQUISITOS CLIMÁTICOS Y DE SUELO

Agronómicamente pueden considerarse zonas óptimas para el cultivo del café aquellas que presenten temperaturas medias entre los 18 y 23°C y precipitaciones de 1800 a 2500 mm, con una distribución que permita un periodo seco bien definido de 3 a 5 meses en donde se concentre las floraciones y las cosechas. En relación al suelo si bien el café presenta una notable adaptación a diferentes condiciones edáficas, son de esperar los mejores resultados productivos, en suelos profundos (>1.5m.) de una acidez moderada (pH5 a 6,5), altos contenidos de materia orgánica (>5%), elevados porcentajes de saturación de bases, adecuados contenidos de macro y micronutrientes y ausencia de elementos en niveles tóxicos. Todo esto acompañado de texturas medias (Francas a Franco Arcillosas) que junto a buenas condiciones estructurales favorezcan un apropiado balance entre el drenaje del suelo y su capacidad de retener agua.

ZONAS DE CULTIVO DE CAFÉ EN COSTA RICA

En Costa Rica las condiciones climáticas y de suelo más favorables para el cultivo del café se encuentran en áreas del Valle Central (Área comprendida entre San Ramón y Cartago), ubicadas entre los 800 y 1600 msnm; por ello no es de extrañar que históricamente sea el Valle Central la principal región productora y si bien su participación relativa a nivel nacional ha venido disminuyendo, aun representa un 50% de la cosecha total. Con condiciones un tanto menos favorables, por limitaciones de clima o suelo, en la actualidad el restante 50% es producido principalmente en la zona de Los Santos (Tarrazú, Dota, Coto Brus) y en los Valles del General, Coto Brus y Turrialba.

NUTRICIÓN MINERAL DEL CAFÉ

SUELOS DEDICADOS AL CULTIVO DE CAFÉ EN COSTA RICA

Las principales regiones cafetaleras de nuestro país se encuentran asentadas sobre suelos que de acuerdo a la taxonomía del USDA (United States Department of Agriculture) se ubican dentro de los órdenes de los Andisoles, Ultisoles, Inceptisoles o Alfisoles.

Los Andisoles ocupan un importante área dentro de la caficultura nacional, siendo los suelos predominantes en las zonas cafetaleras del Valle Central, Coto Brus y la Cordillera de Guanacaste. Estos suelos tienen su origen a partir de la deposición de cenizas y lavas volcánicas, las que a través de su descomposición producen coloides amorfos como la alofana que les imprimen características muy particulares, entre ellas su alta capacidad de fijación de aniones, baja densidad aparente y facilidad para la formación de complejos organominerales estables con alta capacidad de retención de agua. El predominio de texturas medias (Franca a Franco Arcillosas) en la mayoría de los Andisoles, junto con sus buenas condiciones estructurales y una adecuada retención de agua por parte de sus coloides, se combinan para presentar un ambiente físico muy favorable para el desarrollo de los cafetos.

Los Andisoles en nuestro país normalmente presentan altos porcentajes de saturación de bases y su fertilidad es variable dependiendo de la antigüedad y origen de las deposiciones volcánicas.

Bajo condiciones ambientales adecuadas para los cafetos, se encuentran entre los suelos más productivos dedicados al café en Costa Rica.

Los Ultisoles se localizan sobre posiciones geomorfológicas viejas que han estado sometidas a un intenso proceso de meteorización, como es el caso del Valle del General y la zona de Los Santos. La coloración rojiza de estos suelos es producto de la concentración de óxidos de hierro junto con bajos contenidos de materia orgánica; en general predominan los suelos de texturas pesadas, ácidos, de baja fertilidad y altos porcentajes de saturación de aluminio. Dadas las limitaciones edáficas que presentan; en una explotación cafetalera intensiva adquieren especial relevancia la utilización de enmiendas calcáreas y orgánicas, que permitan minimizar los problemas ligados a la acidez y los bajos contenidos de materia orgánica; todo esto sin descuidar el manejo de una adecuada y oportuna fertilización mineral.

Suelos pertenecientes al Orden de los Inceptisoles se encuentran frecuentemente asociados a los Andisoles en el Valle Central, de los cuales se diferencian por presentar un perfil menos desarrollado y una menor influencia de cenizas volcánicas. Además, es el Orden de suelos predominante en el Valle de Turrialba en donde se han desarrollado a partir de materiales aluviales de origen volcánico, al igual que en el sector de Venecia y Aguas Claras de San Carlos.

Los Alfisoles son menos comunes y se encuentran principalmente en los cerros de la Península de Nicoya. Al igual que los Ultisoles se trata de suelos viejos, de coloraciones rojizas (óxido de hierro), texturas pesadas y bajos contenidos de materia orgánica. No obstante se diferencian de ellos al presentar mayores contenidos de bases, una menor acidez y bajo porcentaje de saturación de aluminio.

ELEMENTOS ESENCIALES

Los elementos minerales que con mayor frecuencia limitan la producción agrícola son: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro y cinc; siendo por ello los más utilizados en programas de fertilización. Para cada uno de estos elementos se presenta a continuación algunas características de interés, tales como su dinámica en el suelo, funciones fisiológicas que desempeñan dentro de las plantas y sintomatologías que su deficiencia causa en el follaje de los cafetos.

NITRÓGENO

El nitrógeno con frecuencia es el elemento más limitante en la producción cafetalera, esto por ser requerido en grandes cantidades por las plantas (solo superadas por las de carbono, hidrógeno y oxígeno) y encontrarse en baja disponibilidad en la mayoría de los suelos agrícolas ya que no es un componente importante de su fracción mineral. La mayoría del nitrógeno total de los suelos (85-95%) se encuentra formando parte de la materia orgánica, en donde una gran proporción no está disponible de inmediato para ser utilizado por las plantas, debiendo de sufrir la degradación (mineralización) por parte de la flora microbiana del suelo para ser transformado a formas inorgánicas aprovechables por las plantas. Este proceso es relativamente lento para satisfacer los requerimientos de los cafetales de mediana o alta producción por lo que sus necesidades deben ser complementadas con periódicas aplicaciones de fertilizantes químicos u orgánicos.

Del suelo los cafetos pueden absorber el nitrógeno en forma catiónica o aniónica, principalmente por medio de iones nitrato (NO_3) o amonio (NH_4).

Ya dentro de las plantas el nitrógeno pasa a formar parte de las proteínas (estructurales y enzimáticas) las que junto con el agua son cuantitativamente los principales constituyentes del protoplasma celular. Además, es parte estructural de ácidos nucleicos, clorofilas, hormonas del crecimiento y alcaloides.

La deficiencia de este elemento afecta drásticamente la formación de clorofila, es por ello característico que se manifieste como una clorosis generalizada en las hojas, que va, desde una tonalidad verde pálido en estados iniciales, a una apariencia blanquecina en casos de deficiencias severas. Los síntomas son más evidentes en hojas viejas y bandolas de alta producción, ya que de aquellas se movilizan formas solubles de nitrógeno hacia frutos y hojas nuevas.

FÓSFORO

Participa en todas las reacciones energéticas del metabolismo de las plantas, al formar parte de las moléculas de ADP y ATP, las cuales intervienen activamente en los procesos de transferencia y almacenamiento de energía, por medio de las llamadas reacciones de fosforilización. Es por ello requerido en importantes funciones metabólicas de las plantas tales como fotosíntesis, respiración y síntesis de grasas y proteínas.

Además los fosfatos son constituyentes de ácidos nucleicos, nucleoproteínas, fosfolípidos y de diferentes enzimas.

Los tejidos con mayores porcentajes de fósforo en sus células son aquellos que demandan un alto consumo de energía, como son las regiones meristemáticas de la parte aérea y radical, y la de frutos jóvenes en pleno desarrollo.

En suelos ácidos ($\text{pH} < 7$) las plantas absorben el fósforo de la solución del suelo principalmente en forma de ion monovalente fosfato (H_2PO_4), el cual puede provenir de la mineralización de la materia orgánica, o meteorización y solubilización de fosfatos de la fracción mineral. Dependiendo de la naturaleza del suelo, la fracción orgánica puede representar entre un 25 a un 75% del fósforo total del suelo.

La indisponibilidad del fósforo, al pasar de formas solubles a formas de baja disponibilidad para las plantas, es conocida como fijación y es un fenómeno de gran importancia dentro de la dinámica del fósforo en los suelos.

POTASIO

A pesar de ser requerido en grandes cantidades por las plantas, siendo de echo el cation más abundante en los jugos celulares; no se conoce ningún metabolito que contenga este elemento en su estructura, encontrándose el potasio en su totalidad en forma iónica y móvil dentro de los tejidos vegetales.

La principal función atribuida al potasio es la de ser activador enzimático de numerosas enzimas involucradas en procesos metabólicos, relacionados con la fotosíntesis, respiración y síntesis de almidones y proteínas; a menudo es también citada su función en el mantenimiento del potencial osmótico de las células, destacando en este sentido su papel en los mecanismos reguladores de la apertura y cierre de estomas; también popular es la teoría de su participación en el transporte de fotoasimilados a través de los conductos floemáticos.

El potasio es absorbido de la solución del suelo en forma de ion monovalente (K^+); dentro de la planta presenta una fácil traslocación por lo que las sintomatologías de deficiencia se marcan principalmente en las hojas de mayor edad; las cuales presentan lesiones de color café oscuro o negruzcas (necrosis) localizadas sobre los bordes de la lámina foliar.

MAGNESIO

Es parte estructural de la molécula de clorofila con la que interviene en la fotosíntesis, de la cual es también activador enzimático al igual que de los procesos de respiración y formación de ácidos nucleicos. Además en combinación con el ATP participa en numerosas reacciones de fosforilación.

Del suelo la planta lo absorbe como ion divalente Mg^{2+} ; ya dentro de la planta presenta una fácil traslocación por lo que los síntomas de su deficiencia en café, se observan con mayor claridad en las hojas más viejas, donde son fácilmente identificables al presentar una típica clorosis intervenal que en forma de franjas abarca gran parte del área comprendida entre las venas laterales secundarias. Normalmente los síntomas de deficiencia de magnesio se agravan a partir del inicio del llenado del fruto, época en que la demanda de nutrientes es grande.

BORO

Si bien la esencialidad del boro para las plantas es universalmente aceptada y son bien conocidas las sintomatologías que su carencia provoca en diversos cultivos, el papel específico de este microelemento dentro de la bioquímica vegetal no está claramente establecido, por lo que sigue siendo materia de investigación. Entre las diversas funciones que se le han atribuido están las de intervenir en el metabolismo de auxinas, sustancias fenólicas, proteínas y ácidos nucleicos, así

como el de participar en la formación y funcionamiento de las paredes y membranas celulares, además se le asocia en el transporte de azúcares, para lo cual se han sugerido diversos mecanismos; es también conocido su efecto sobre la germinación y fertilidad del polen ya que su carencia afecta drásticamente la formación del tubo polínico.

El boro se encuentra en la solución del suelo principalmente como ácido bórico no disociado, de donde es absorbido por las plantas mayoritariamente en forma pasiva; ya establecido dentro de los tejidos vegetales el boro presenta poca movilidad, por lo que su carencia afecta principalmente los tejidos más jóvenes.

Entre los síntomas más característicos de la deficiencia de boro en café se encuentra el desarrollo anormal de las hojas, las cuales en general son más pequeñas con bordes irregulares, asimétricos, un tono opaco y textura coriácea. También es frecuente la formación de bandolas con entrenudos cortos y la muerte de los puntos de crecimiento, lo que estimula el desarrollo de yemas laterales en las bandolas con la consiguiente formación de "palmilla".

CINC

Las plantas deficientes en cinc acumulan en sus células ácido indolacético, por lo que se considera que este microelemento intervendría en la biosíntesis de las auxinas, por otra parte es también conocida su función de activador metabólico de numerosas enzimas.

La solubilidad del cinc en el suelo se ve fuertemente afectada por el pH, siendo mayor en suelos ácidos y mucho menor en condiciones neutras o alcalinas. El cinc es absorbido por las plantas como ion divalente Zn^{2+} o como quelato. De esta forma la materia orgánica juega un papel importante en la dinámica del cinc en el suelo, considerando algunos autores que alrededor del 60% del cinc se encuentra en forma de complejos orgánicos.

Al igual que el boro, una vez establecido en los tejidos vegetales presenta una escasa movilidad. Los síntomas más evidentes que produce la deficiencia de cinc en los cafetos, es la formación de hojas de escasa área foliar, de apariencia lanceolada (alargada), coloración verde pálido y textura áspera al tacto (coriácea). Es también característico el desarrollo de bandolas con internudos de poca elongación y el arrollamiento de algunas hojas que al doblarse sus bordes hacia arriba, forman una especie de cartucho. En hojas poco afectadas el tamaño es normal, no obstante resalta la coloración verde de las nervaduras que forman un retículo sobre el fondo amarillento de la lámina foliar.

FERTILIZACIÓN QUÍMICA

ALMACIGALES

En almacigales tradicionales (poda de raíz y un año de permanencia en el campo) el fertilizante debe fraccionarse en 4 aplicaciones; debiendo de realizarse la primera de ellas cuando las plántulas tengan de 2 a 3 pares de hojas verdaderas y las siguientes a intervalos de aproximadamente 75 días.

Durante el período de 12 meses, el fertilizante debe de suplir el equivalente de 400 kg de nitrógeno/ha lo cual puede lograrse mediante diferentes programas de fertilización; para lo cual debe tomarse en consideración las características propias de cada suelo.

En terrenos de una elevada disponibilidad de elementos como fósforo, potasio y magnesio, es factible obtener almácigos vigorosos con la utilización de tan solo fuentes nitrogenadas. En estos casos se puede emplear el nitrato de amonio (N.A.) a niveles de 250 kg/ha (aproximadamente 15 kg/10000 ptas) en cada una de las 2 primeras fertilizaciones y dosis de 350 kg N.A./ha (aproximadamente 22 kg/10000 ptas) para cada una de las últimas dos.

En aquellos suelos que por su baja disponibilidad de elementos requieren de una fertilización más balanceada, es conveniente realizar el primer abonamiento con un fertilizante de elevado contenido de fósforo; para lo cual se puede emplear la fórmula 10-30-10 a una dosis de 800 kg/ha (aproximadamente 50 kg/10000 ptas), el segundo abonamiento con una fórmula completa como la 18-5-15-6-2 a razón de 450 kg/ha (aproximadamente 28 kg/10000 ptas) y cada una de las últimas 2 con nitrato de amonio a dosis de 350 kg N.A./ha (aproximadamente 22 kg/10000 ptas).

Es necesario advertir que los sistemas de abonamiento indicados anteriormente son recomendaciones muy generales siendo el recurso del análisis de suelo junto a la interpretación del mismo por parte de un especialista en el cultivo, la mejor alternativa para establecer el programa de fertilización más eficiente y económico; además de acuerdo a la evolución del almácigo en el campo deberán realizarse las modificaciones que se consideren apropiadas para corregir cualquier problema nutricional que se presente.

Por otra parte, en almácigos con una permanencia menor a los 10 meses en el campo, puede prescindirse de la última aplicación de fertilizante e inclusive de las dos últimas para el caso de almácigos en bolsa de 6 meses de edad.

Finalmente cabe añadir que la fertilización al suelo, es conveniente complementarla con la aplicación periódica de nutrientes foliares.

CAFÉ EN DESARROLLO

Durante el primer año de establecimiento definitivo en el campo, es recomendable realizar al menos 3 abonamientos, en el primero de ellos se debe preferir el empleo de una fórmula con alto contenido de fósforo, tal como la 10-30-10 (%N, %P₂O₅, %K₂O), la que incorporada al fondo del hoyo de siembra se aplica en dosis de 30 a 45 gr por planta. En las restantes debe fraccionarse el equivalente de 100 a 150 kg de nitrógeno/ha/año, para lo cual pueden utilizarse fertilizantes multinutrientes similares a los empleados en las plantaciones en producción o en su defecto fuentes exclusivamente nitrogenadas como el nitrato de amonio, siempre y cuando los suelos posean contenidos óptimos de potasio, magnesio y boro.

Luego del año de establecimiento, la entrada en producción de los cafetos variará principalmente de acuerdo a los cultivares utilizados y a las condiciones ambientales de la localidad, hasta que ello ocurra es recomendable el empleo de niveles de 400 a 500 kg de fórmula completa/ha, complementados con una fertilización extra nitrogenada de 90 kg de nitrógeno/ha. Las épocas de aplicación y las fórmulas a emplear serán similares a las descritas a continuación para el café en producción.

CAFÉ EN PRODUCCIÓN

Nivel de respuesta del café en producción, a los principales elementos

Nitrógeno

Debido a que es requerido en grandes cantidades por la planta, su escasez en el suelo y la facilidad con que se pierde del sistema por lixiviación o volatilización, la fertilización nitrogenada es la que mayor impacto tiene en la producción cafetalera, no debiendo prescindirse de ella en ninguna plantación de mediana o alta producción.

La investigación en nuestro país ha mostrado que niveles de entre 200 y 300 kg N/ha divididos en 3 aplicaciones, son requeridos en plantaciones de alta producción.

En cuanto a las fuentes, el sulfato de amonio y el nitrato de amonio han igualado o superado a la urea, prefiriéndose tradicionalmente el nitrato sobre el sulfato por tener aquel una mayor concentración de nitrógeno y un menor poder acidificante.

Fósforo

El café parece tener facilidad en la extracción del fósforo del suelo, de tal forma que ha sido difícil encontrar respuesta positiva a la aplicación de este elemento. En nuestro país los pocos ensayos que han respondido a la fertilización fosfórica indica que niveles de 50 a 75 kg P_2O_5 /ha al año, en base a T.S.P. (Triplesuperfosfato) son suficientes para suplir las necesidades del cultivo.

Potasio

El potasio al igual que el nitrógeno es uno de los elementos de mayor demanda por la planta de café, siendo la respuesta a la adición del mismo, dependiente su disponibilidad en el suelo.

En zonas con problemas de potasio la experimentación ha indicado que niveles de 100 a 150 kg K_2O /ha son los más indicados para la obtención de una respuesta económica, no habiéndose encontrado en nuestro país diferencia entre el empleo de sulfato o cloruro de potasio.

Magnesio

En suelos deficientes en este elemento se han obtenido respuestas positivas con el empleo de entre 40 a 80 kg MgO /ha al año; no encontrándose diferencias en suplirlo en forma de sulfato u óxido de magnesio; en el caso del óxido debe utilizarse una fuente finamente dividida que permita compensar su baja solubilidad.

Boro

Los ensayos de campo han indicado que el boro se absorbe en forma muy eficiente al ser aplicado al suelo y es por ello que se ha incorporado a las fórmulas completas utilizadas en café. Las dosis recomendadas de este elemento andan entre 10 y 20 kg B_2O_3 /ha al año y nunca deben sobrepasar los 40 kg B_2O_3 /ha al año ya que pueden presentarse daños por intoxicación.

Las aplicaciones de boro vía foliar son un adecuado complemento a la fertilización al suelo, siendo en este caso los riesgos de intoxicación mucho menores.

Cinc

Debido a los problemas de fijación que tiene este elemento al aplicarse al suelo, se considera que la forma más efectiva para suplir su carencia es por medio de atomizaciones foliares.

Fertilizantes a emplear

Con base a la demanda de nutrientes por parte de la cosecha así como de la respuesta de los cafetos a la fertilización con fuentes puras, se han elaborado las llamadas fórmulas completas cafetaleras (F.C.); las cuales integran en su formulación los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro en proporciones adecuadas a los requerimientos de las plantas. Es así como en ellas los elementos nitrógeno y potasio son los que se encuentran en mayor proporción (15 a 25%) seguidos en su orden por magnesio, fósforo y boro.

Entre las fórmulas completas de tradicional uso por parte del caficultor nacional se encuentran la 18-5-15-6-2; la 18-3-10-8-1,2; la 20-7-12-3-1,2 y la 15-3-22-6-2 (los números indican respectivamente los porcentajes de N, P₂O, K₂O, MgO y B₂O₃). La fórmula más apropiada para cada finca o lote en particular, dependerá del contenido y balance de nutrimentos de cada suelo, para lo cual es de gran utilidad el contar con la ayuda de un análisis químico de suelo.

Para completar la demanda de nitrógeno por parte de los cafetos se debe recurrir también a fertilizantes con altos tenores de este elemento, de los cuales el nitrato de amonio (33,5%N) es el más empleado en nuestro país.

Finalmente debe indicarse que si bien una amplia mayoría de los caficultores nacionales utilizan como base de sus programas de fertilización las fórmulas completas tradicionales de 5 elementos (Nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro); es también factible satisfacer las demandas nutricionales de los cafetos con base en diversas fuentes puras o multinutrientes presentes en el mercado; no es el propósito de este manual el entrar en el detalle de las mismas, no obstante, debe indicarse que para trabajar con ellas es indispensable contar con una adecuada asesoría técnica que permita al agricultor realizar la mejor elección dentro de una amplia gama de productos que difieren en el porcentaje y solubilidad de los elementos que poseen así como en el costo por kilogramo de elemento aplicado

DOSIS: Un nivel de 800 kg F.C./ha/año de alguna de las fórmulas completas tradicionales complementado con una fertilización adicional de 90 kg de nitrógeno/ha/año puede considerarse adecuada para satisfacer la demanda nutricional de cafetales tecnificadas de alta producción; suministrándose con ella cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro que se encuentran dentro de los niveles de respuesta recomendados con base a la investigación de campo; no obstante dependiendo del tipo de suelo y sobre todo de la cosecha esperada, la dosis de fórmula completa ha recomendar puede variar en un rango entre 500 y 1000 kg/ha/año, debiendo en todos los casos ajustarse por medio de una fertilización extra los niveles de nitrógeno hasta completar entre 200 y 300 kg N/ha/año.

Las anteriores recomendaciones se refieren a plantaciones en que todas las plantas se encuentran en producción; dado que la demanda nutricional de los cafetos que han sido podados disminuye drásticamente; es factible reducir o inclusive eliminar la aplicación de fertilizantes al suelo sobre aquellas plantas que han sido sometidas a una poda total. De esta forma una recomendación de 800 kg F.C./ha + 90 kg N/ha, al trasladarse a un lote manejado con una poda cíclica de 4 años, puede reducirse a 600 kg F.C. + 70 kg N/ha.

ÉPOCAS DE APLICACIÓN Y FRACCIONAMIENTO DEL FERTILIZANTE:

Las épocas de aplicación están determinadas en gran medida por el régimen de precipitación ya que este ejerce una fuerte influencia sobre la fenología de los cafetos y es indispensable para mantener una humedad adecuada del suelo que permita un crecimiento activo de las plantas, así como la solubilización de los nutrientes contenidos en el fertilizante. Es por ello que la aplicación de abonos al suelo debe restringirse al período lluvioso; y dentro de él, evitarse la aplicación durante “veranillos” intensos.

Por otra parte, con el propósito de disminuir la pérdida de nutrientes por lixiviación, escorrentía o volatilización, se recomienda el fraccionamiento del fertilizante en 3 épocas.

En aquellas regiones de nuestro país que como el Valle Central presentan un período seco extenso y bien definido (Diciembre-Abril), una primera fertilización a base de fórmula completa debe realizarse con el establecimiento de las lluvias (Mayo-Junio), una segunda también con fórmula completa y a la misma dosis, dos meses después (Julio-Agosto) y finalmente una tercera a base de nitrógeno antes de la finalización del período lluvioso (Octubre-Noviembre). En regiones como Turrialba y San Carlos, en donde como consecuencia de una época seca de menor extensión (Febrero-Abril), los cafetos presentan un período de reposo corto, los intervalos de fertilización deben ampliarse. De esta forma la primera aplicación al igual que en el caso anterior se recomienda efectuarla entre mayo y junio, la segunda 3 meses después (Agosto-Setiembre) y la última posterior a la cosecha y poda de los cafetos (Diciembre-Enero); debiendo realizarse las dos primeras con fórmula completa y la última con una fuente nitrogenada.

FERTILIZACIÓN FOLIAR

La fertilización foliar en café debe verse como un complemento al abonamiento dirigido al suelo y en ningún caso como un sustituto del mismo.

Los micronutrientes boro y zinc, son los elementos de los que cabe esperar una mayor respuesta a la aplicación foliar en café; recomendándose de 2 a 3 aplicaciones durante el período lluvioso para aquellas plantaciones que se encuentren creciendo sobre suelos con limitaciones para suplir estos elementos.

Como fuentes de boro pueden emplearse el ácido bórico o el poliboro, en ambos casos en atomizos al 0,25% (0,5 kg/200 l H₂O). Mientras que para el zinc es preferible el uso de fuentes quelatadas.

De los productos foliares multinutrientes evaluados en Costa Rica, el Metalosato Multimineral en dosis de 0,75 l/ha, el Bayfolan a 2,0 l/ha y el Fetrilon Combi 1 a 0,7l/ha al aplicarse en 3 atomizos durante el período lluvioso han resultado los más efectivos.

BROZA DE CAFÉ COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO

El empleo de broza de café descompuesta, en dosis de 1 kg/planta, resulta un excelente complemento del fertilizante químico; pudiéndose reducir la dosis de este último en al menos un 25% para aquellos lotes en que la broza sea aplicada en forma periódica todos los años.

En el caso de plantaciones en donde las aplicaciones de broza se realizan en forma esporádica, es conveniente aumentar la dosis y concentrar su aplicación sobre aquellos suelos que presenten las mayores limitaciones físicas o químicas.

Una vez descompuesta, la broza puede emplearse en cualquier época del año; no obstante es preferible aplicarla poco antes del inicio del período lluvioso, esto con el propósito de evitar un aumento en su contenido de humedad, lo que encarecería su acarreo y distribución, así como reduciría su riqueza nutricional.

ACIDEZ Y ENCALADO

La acidez del suelo juega un importante papel en el desarrollo de las plantas ya que tiene efectos importantes sobre la vida microbiana del suelo así como sobre la solubilidad de elementos nutritivos y tóxicos presentes en el mismo, siendo de estos últimos tradicionalmente el aluminio el de mayor importancia.

Para bajar la acidez y con ello mantenerla dentro de rangos adecuados para el desarrollo de las plantas, se debe recurrir al empleo de sustancias conocidas como "encalantes" de las cuales el carbonato de calcio (CaCO_3) es la de mayor uso en nuestro país.

Otros materiales comunes son la cal dolomítica ($\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$) la cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y la cal viva (CaO), los cuales si bien a una misma dosis pueden poseer un mayor poder neutralizante, son proporcionalmente más costosos y en caso de la cal viva tiene el inconveniente de provocar problemas al aplicador dado su poder abrasivo.

El mejor criterio para determinar la necesidad de encalar un terreno es el de contar con un análisis químico de suelo. En el caso que el mismo indique un pH inferior a 5, un nivel de aluminio (o acidez intercambiable) superior a 1,5 meq/100 gr o un porcentaje de saturación de bases menor a 75%, se debe recurrir al encalado para lo cual es recomendable utilizar de 1,5 a 2,0 TM CaCO_3 /ha; nuevos análisis de suelo permitirán determinar el efecto del encalado y la necesidad o no de una nueva aplicación.

En zonas de suelos ácidos en las que no se pueda contar con el recurso del análisis de suelo, es conveniente recurrir a encalados preventivos cada 2 o 3 años y en dosis similares a las indicadas anteriormente.

Al elegir el material encalante debe considerarse la calidad del producto, el cual debe ser de una alta pureza (no menor a 85% de CaCO_3) y adecuada molienda.

Para facilitar su distribución, los materiales encalantes tradicionalmente se aplican durante el período seco; no obstante en el caso de hacerlo durante el período lluvioso es conveniente guardar un intervalo de 45 días anteriores y posteriores a una aplicación de fertilizante.

Finalmente, desde el punto de vista nutritivo debe señalarse que por medio de los materiales enclantes suministramos calcio al suelo, así como también magnesio en el caso de las cales dolomíticas.

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO

Por medio del análisis químico es posible obtener información objetiva sobre la capacidad potencial que tiene un determinado suelo para suministrar nutrientes a las plantas, siendo a la vez el medio más preciso para cuantificar su nivel de acidez. Es por ello, un valioso instrumento para la elaboración de un programa de fertilización o corrección de la acidez de un suelo.

En plantaciones de café se recomienda tomar las muestras sobre la banda de fertilización y a una profundidad de entre 0 y 20 cm.

Tradicionalmente se recolecta las muestras al inicio del período seco, lo que permite tener los resultados con suficiente antelación para planear la fertilización a realizar en el período lluvioso; no obstante, las muestras pueden tomarse en cualquier época del año, teniendo el cuidado de esperar al menos un mes y medio después de cada fertilización o aplicación, de enmienda calcarea.

Es importante advertir que en la elaboración de un programa de fertilización, además de los resultados de los análisis de suelo deben considerarse los niveles de respuesta del cafeto a los diferentes elementos y la condición propia de la plantación (edad, productividad, tipo de poda, manejo etc) a que se dirigirá la recomendación.

PALABRAS CLAVES: *café, fertilización, subproductos, abono orgánico, broza de café*

MANEJO DE LA NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DEL CAFÉ ORGÁNICO EN COSTA RICA

Luis Fernando Monge

Grupo Café Britt – Tierra Madre, S.A.

INTRODUCCIÓN

Importancia económica del cultivo

La actividad cafetalera en Costa Rica inicia en la primera mitad del siglo 19, cuando llegaron las primeras semillas a nuestro país provenientes del Caribe y Sudamérica. Desde entonces toda nuestra cultura, estructura política, social y económica ha girado en torno al grano de oro.

Esto queda evidenciado en muchos aspectos de la forma de ser del costarricense y de la vida misma en el país.

Nuestra capital, San José se encuentra situada sobre lo que fue una zona cafetalera en lugar de situarse en la costa como es común en Europa y en muchos otros países del mundo. Esto se debe muy probablemente a que nuestra sociedad nació en el seno de las haciendas de café y no es casualidad que todos los jefes de estado y presidentes que han llevado las riendas de nuestro país han provenido de familias cafetaleras.

Indudablemente, de una forma u otra el cultivo del café ha contribuido al desarrollo económico y social de Costa Rica hasta convertir a nuestro país en el más próspero de la zona.

Desde los inicios de la actividad cafetalera, los costarricenses nos abocamos a la tarea de producir calidad. Es así como se convirtió en ley de la república la prohibición de reproducir y sembrar materiales genéticos que no sean arábicos, quedando entonces la producción de robustas, libéricos y demás sancionada por la ley. Con todas estas sabias decisiones tomadas por nuestros abuelos, nuestro grano de oro adquirió una merecida distinción internacional y es como nació aquello de que *nuestro café es el mejor del mundo*.

Sin embargo, a raíz del triunfo del comunismo en Nicaragua a finales de los años 70 y al sentirse amenazadas las democracias en Centroamérica, la comunidad mundial fomenta un programa para el desarrollo del sector agrícola, especialmente de Honduras, El Salvador y Costa Rica. Se capacitaron muchos agrónomos y se aportaron recursos para salvaguardar la soberanía de estos países. Con este programa y con la aparición

de la llamada Revolución Verde en los años 60; llegan a Costa Rica una gran cantidad de nuevas técnicas de producción acompañadas de muchísimos agroinsumos de síntesis química, que vienen a colaborar significativamente con la adopción de nueva tecnología.

Es entonces cuando aquel afán por producir calidad se pierde un poco de vista y se vuelve la mirada hacia la productividad, producir la mayor cantidad posible de café por hectárea.

A partir de este momento se empiezan a eliminar los árboles de sombra, las prácticas culturales y se comienza a trabajar con el nuevo paquete tecnológico, el cual disminuye la contratación de mano de obra en las haciendas cafetaleras, pues la innegable eficiencia de los químicos ocupa el lugar de los jornaleros.

Como consecuencia de este fenómeno, el entorno del cafetal cambia en forma radical. Ya no se ven aquellas plantas altas de café Bourbon o de cafés híbridos que producían la mejor calidad de taza, pues fueron sustituidas por las variedades mejoradas, que dicho sea de paso mejoraron el volumen de producción pero no la calidad. Ya no se ven los árboles de Poró o de Guaba o tantos otros, porque según los expertos capacitados por el programa de cooperación internacional, la sombra disminuye la productividad del café.

El uso de herbicidas, de abonos nitrogenados, de insecticidas y nematicidas, empieza poco a poco a deteriorar la calidad del suelo. La microflora y microfauna edáficas desaparecen o se ven severamente disminuidas. Las fuentes de agua se empiezan a ver contaminadas por las sustancias utilizadas en los cafetales, la salud humana en general desmejora y toda aquella biodiversidad abundante y linda del cafetal desaparece para darle espacio al majestuoso escenario del monocultivo.

Después de más de dos décadas de producir químicamente, el caficultor costarricense toma conciencia de que sus costos de producción son cada vez mayores y no así la rentabilidad de su sistema de producción.

El principal problema no es la resistencia que han generado plagas, enfermedades y malezas a los plaguicidas, ni las equivocaciones con la selección de variedades mejoradas, el principal problema ha sido el uso irracional que hemos hecho del suelo. Por el tipo de crecimiento poblacional, hemos tenido que sembrar café ya no en los planos y fértiles valles, convertidos hoy en complejos urbanísticos o ciudades, sino en laderas y pendientes sin tomar en cuenta la conservación de nuestro principal recurso productivo, el suelo.

Pretendemos entonces, sembrar en suelos más malos y con más pendiente de una manera idéntica a como lo hacíamos en las parte planas y fértiles. Los suelos cafetaleros

permanecen desnudos y expuestos a la erosión la mayor parte del año. Este problema crece cada vez más, peores suelos, más insumos, menor vida, menor fertilidad, menor rentabilidad, menor calidad.

La situación descrita anteriormente y los años de bajos precios internacionales del café durante los inicios de los 80, obligan a muchos productores a buscar formas alternativas de producción, con menor inversión en insumos y con mejor utilización de los recursos de la finca. Esta necesidad coincide con el movimiento ecologista que se empezaba a gestar a nivel mundial y así nace el sistema orgánico de producción de café, en el cual básicamente no se utilizan insumos de síntesis química, ni nitrógenos ureicos, ni amoniacales y que además tiene toda una serie de requisitos que varían conforme a lo que estipule la agencia certificadora con la que se trabaje. En este sistema se busca recuperar las antiguas prácticas de cultivo sin dejar de lado los nuevos conocimientos. En la caficultura orgánica, el principal recurso de producción es el suelo y como tal, los programas de manejo van enfocados a su conservación y mejoramiento. Se tiene conciencia que las enfermedades del café están estrechamente ligadas al estado nutricional de la planta y que no son solamente un problema sanitario. Se sabe que los efectos de las acciones a tomar para el mejoramiento de su fertilidad se verán mayoritariamente a mediano y largo plazo, pero que tendrán un efecto más permanente que la simple adición de una sustancia química para la corrección casi inmediata pero momentánea de una deficiencia específica.

El café orgánico viene a ser la respuesta ante los problemas cada vez mayores de contaminación de fuentes de agua por el uso de abonos nitrogenados, a la disminución de la biodiversidad del cafetal y a las necesidades económicas de los pequeños y medianos productores quienes habían sido mayormente afectados por la crisis mundial de precios del café.

A nivel mundial el precio del café varía conforme a la oferta y la demanda del mismo, pero más que eso depende de la cantidad de café que Brasil produzca. Cada vez que hay una helada en ese país, el resto del mundo cafetalero obtiene excelentes precios, se da el caso inverso cuando Brasil saca mucho café al mercado. Si el caficultor costarricense sigue empeñado en producir cantidad de café, abandonando la calidad, inevitablemente seguirá dependiendo de la suerte de Brasil; en cambio si se da una transformación en la mentalidad nuestra y nos abocamos como en el pasado a producir calidad, a volver a ser el mejor café del mundo y más aún si empezamos a producir un café especial, como el orgánico, empezariamos a percibir mayores ingresos por los premios por calidad y por la especialización del café, porque no se trata únicamente de producir en forma orgánica ya que el valor de un café estará directamente determinado por su calidad. Nadie paga un proceso libre de químicos por un producto de calidad deficiente.

Producir café orgánico no es ni más barato, ni más fácil, pero con un adecuado programa de manejo, en un mediano plazo, no menor a la cantidad de años que conlleve el estabilizar el agroecosistema, se puede llegar a igualar los costos de producción o incluso a disminuirlos. Además los premios en los precios del café orgánico, los cuales dependen de factores tales como la demanda, la calidad de taza y la habilidad negociadora del comercializador, favorecen la rentabilidad y sostenibilidad del sistema orgánico de producción.

El futuro del sector cafetalero nacional en un clima de globalización, dependerá de nuestra capacidad de mercadeo y negociación, pero sobre todo de la calidad y especialización de café que produzcamos. Si producimos un café de una calidad comparable al de países con mayor volumen de producción, estaremos en desventaja competitiva. Nuestra meta debe ser producir una calidad y especialización de café inigualables, lo cual con las condiciones edafoclimáticas de nuestro país es completamente realizable si se tiene la visión y la voluntad de realizarlo.

Zonas en las que se ubica en el país

El café orgánico se puede ubicar en todas las zonas del país donde se siembra café convencional, es decir principalmente en las partes altas de la península de Nicoya, en las montañas de Monteverde, Tilarán y Abangares, en Montes de Oro, en el Valle Central, en las partes altas de San Carlos y Sarapiquí, en Juan Viñas, en la Zona de los Santos y en la Zona Sur hasta la frontera con Panamá.

Rendimiento nacional promedio

Como se mencionó anteriormente, la producción orgánica de café conceptualizada como tal, es bastante reciente, aislada y poco documentada, por lo tanto, hablar de rendimientos nacionales es bastante arriesgado y más bien bastante inexacto. Además hay que tomar en cuenta que existen varios tipos de fincas que son consideradas como orgánicas, uno de ellos lo constituyen aquellas fincas de antiguos hacendados que gracias a la actividad del café contaron con los recursos económicos suficientes como para enviar a sus hijos a la universidad, éstos se convirtieron en doctores, abogados y profesionales que no quieren dedicar su tiempo a la producción agrícola, por lo tanto aquel próspero feudo de antaño ha pasado a ser un futuro complejo urbanístico que espera la muerte del cabeza de familia para dar paso al crecimiento de las zonas urbanas. Dichas fincas tienen un manejo mínimo y sus volúmenes de producción son muy bajos, se hacen rentables porque su gran extensión y su bajísimo costo de producción lo permiten. Un segundo tipo son aquellas fincas de mediana extensión que producto de la crisis de precios del café en los años 80, fueron abandonadas y desde entonces reciben un manejo mínimo, generalmente cultural, las cuales tienen también niveles de producción muy bajos.

Un tercer y último tipo a mencionar son aquellas fincas propiedad de gente decidida a todo por un ideal, que están dispuestos a hacer un esfuerzo enorme durante un periodo de tiempo cercano a los tres años para transformar su finca, que generalmente tiene un tamaño de entre 1 y 15 hectáreas, a un sistema de producción orgánico bien manejado y bien documentado. Estas fincas en su mayoría reportan niveles productivos aceptables y con el paso del tiempo tienden a ser mejores.

En el caso de las fincas orgánicas de la zona de El Dos de Tilarán y de la Finca El Gato en San Rafael de Poás se han podido documentar producciones de 27 a 30 quintales de café oro por hectárea, sin embargo, actualmente, la mayor cantidad de café orgánico es producida en la Zona Sur del país y en el Valle Central, donde se estiman producciones anuales medias de 6000 a 6500 quintales de café oro en cada zona.

Las demás regiones productoras de café orgánico del país tienen producciones anuales que no superan los 250 quintales de café oro.

Es difícil precisar el área real de producción orgánica en el país. Han existido esfuerzos bien intencionados de levantar un censo a nivel nacional, sin embargo los datos recopilados no reflejan muy bien la realidad, debido a que no todas las empresas u organizaciones que se dedican a esta actividad están dispuestas a divulgar una información completa y veraz por temor a la competencia desleal que lastimosamente existe en el medio. Aún así, se han publicado trabajos que presentan datos que no se acercan a la realidad del asunto.

Es importante hacer notar que la producción anual media de café en Costa Rica es de unos 3 millones de quintales oro, de los cuales sólo unos 12 mil son orgánicos, es decir el 0.4% de la producción nacional.

Requisitos climáticos del cultivo

El café es un cultivo muy rústico que se adapta a una gran variedad de condiciones agroclimáticas, sin embargo si lo que se quiere es señalar las condiciones óptimas de clima para el cultivo de café la literatura señala lo siguiente:

ALTURA

El café en Costa Rica debe cultivarse en alturas mínimas de 900 m.s.n.m. y máximas de 1600 m.s.n.m. Esto por tratarse del rango de alturas en el que se obtienen los mejores rendimientos de beneficiado y mejores calidades de taza y por hallarse en ese rango los suelos con mejores características para el cultivo de café.

TEMPERATURA

Las temperaturas deben estar en el rango de 12 a 33 grados Celsius. Se ha demostrado que una hoja de café fotosintetiza mucho menos cuando está expuesta a plena luz solar que cuando se expone a una luz indirecta o difusa de menor intensidad. Se ha encontrado que por cada grado de aumento de temperatura, arriba de los 24 °C, se favorece un incremento de 20 ppm/cm² en la concentración interna de CO₂, lo que ocasiona el cierre de estomas en la hoja. Fotosintéticamente el café era considerado como un tipo de

planta C3 y que además experimentaba fotorrespiración, luego se encontró que la fijación de CO₂ es diferente al de las plantas C3 y que más bien podía tener alguna semejanza con las C4 y con las CAM.

LUMINOSIDAD

Se han realizado muchos estudios sobre los efectos del cultivo bajo sombra y a plena exposición solar tanto en Costa Rica como en Colombia, Brasil y otros. En ninguno de ellos se han obtenido resultados consistentes y más bien el método de trabajo que se adopta en cada uno de ellos, tiene una influencia marcada en los resultados finales. Sin embargo conclusiones de otras investigaciones señalan que el cultivo de café a pleno sol es bastante más demandante de fertilización para ser económicamente productivo.

HUMEDAD RELATIVA

Lo más deseable es que se trate de zonas con moderada humedad relativa para que la presión de inóculo de enfermedades fungosas sea menor, sobre todo para disminuir la incidencia de ataque de Ojo de Gallo, que es sin lugar a dudas, el principal limitante de la producción orgánica de café.

PRECIPITACIONES

Se ha determinado que un régimen de precipitaciones entre 1600 y 1800 mm es lo ideal para el café. Precipitaciones superiores a 3000 mm anuales resultan negativas para el cultivo del café, pues presentan correlaciones negativas respecto a la cosecha.

VIENTO

El viento tiene un efecto desecante y es siempre adverso a la producción de café. Provoca daños en las hojas y ramas así como la malformación de las mismas, tanto en el café como en los árboles de sombra.

El viento es el principal limitante de las plantaciones de la zona de El Dos de Tilarán y de la zona de Monteverde en general. Como regla en la Cooperativa de Productores de Café de el Dos de Tilarán para el financiamiento de nuevas parcelas de café, se tiene el establecimiento previo de barreras rompevientos, pues ha sido común la pérdida de nuevas plantaciones establecidas en áreas desprotegidas.

Requisitos particulares de suelos

Lo que se reporta en la literatura indica que el cultivo de café requiere de suelos con características tales como:

ORIGEN

En Costa Rica el café es cultivado en una amplia variedad de tipos de suelo, siendo los mejores para su cultivo los de origen volcánico y aluvial debido a que se trata de suelos profundos de excelentes condiciones físicas y altos en bases intercambiables.

FERTILIDAD

Los suelos para el cultivo de café deben ser de fertilidad media a alta, dicha fertilidad se viene a definir por los niveles críticos de los elementos que se hallen en él, pero fundamentalmente de los equilibrios $(Ca + Mg)/K$; Mg/K ; Ca/Mg y Ca/K .

También es importante el porcentaje de arcilla y los tipos de minerales que constituyen esa arcilla, debido a que en los suelos donde predominan caolinita/halosita se muestra mayor capacidad de fijación de fósforo. La clase de mineral de la arcilla tiene que ver también con la fijación y aprovechamiento del potasio.

pH

El café prefiere los suelos ligeramente ácidos, es decir un pH 5.0 – 6.0. Aún así se pueden obtener buenos rendimientos en suelos más ácidos, siempre que las propiedades físicas del suelo buenas.

En los suelos cafetaleros es común encontrar pH inferiores a 5.0, por lo que la adición de calcio como corrector de acidez es una práctica común en el manejo de una plantación de café.

En café orgánico, la enclada se presenta como un antiácido que viene a corregir el “malestar estomacal” del suelo causado por tantos años de adición de fuentes nitrogenadas y otros químicos, para que éste sea capaz de asimilar “los alimentos” que va a recibir.

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

El contenido de materia orgánica en los suelos disminuye a medida que aumenta la temperatura media anual y disminuye la precipitación media anual.

La productividad primaria neta de un ecosistema es el producto de la estabilidad dinámica y se fundamenta en el suministro continuo de hojarasca.

Los cafetales cultivados bajo sombra no presentan mucha diferencia respecto al bosque caducifolio.

El contenido de materia orgánica en el suelo favorece el reciclaje de nutrimentos, favorece el crecimiento y desarrollo de raíces adventicias y área de absorción radicular y disminuye la incidencia de problemas con nemátodos.

Es una práctica común en el cultivo orgánico de café la adición de materia orgánica como broza de café, gallinaza, compost, abono bocashi y otros, con el fin de elevar el contenido de materia orgánica del suelo.

En resumen los suelos deben ser profundos, permeables, friables, y de buena textura, bien aireados y con contenidos adecuados de arcillas.

Esquema general del ciclo de vida del cultivo

Descripción y características especiales del sistema radical

El café es una planta perenne que tiene un sistema radicular constituido por los siguientes tipos de raíces:

RAICES PERMANENTES

Son aquellas raíces de la planta que con sus ramificaciones tienen un diámetro mayor que 3 mm.

RAICES AXIALES

Son aquellas raíces que nacen justo en la terminación del tronco y que crecen en sentido vertical descendente

RAICES VERTICALES

Son aquellas raíces o porciones radiculares que luego de un ligero crecimiento lateral inician el crecimiento vertical descendente.

RAICES SUPERFICIALES

Son aquellas que crecen alrededor del eje de la planta y se extienden muy cerca de la superficie del suelo.

RAICES ABSORBENTES

Son cortas, delgadas y poseen pubescencia bien desarrollada. Pueden desarrollarse desde la base de la raíz o en los extremos distales de las raíces permanentes.

Estructural y morfológicamente hablando se señalan tres divisiones en el sistema radicular del café.

RAIZ PIVOTANTE

Raíz corta y gruesa, generalmente múltiple, de terminación abrupta y que rara vez crece más de 45 cm por debajo de la superficie del suelo.

RAICES AXIALES

Tienen crecimiento vertical descendente, se ubican abajo del tronco, son de 4 a 8 generalmente. Se originan en las ramificaciones de las raíces pivotantes. Pueden alcanzar hasta 3 metros y se ramifican en todas direcciones con profundidades diversas.

RAICES LATERALES

RAICES LATERALES SUPERFICIALES.

Crece paralelas al suelo, pueden alcanzar tamaños de hasta 2 m.

Se ramifican principalmente en forma horizontal.

Estas pueden generar las raíces verticales.

RAICES LATERALES NO SUPERFICIALES.

Crece un poco más profundo que las anteriores.

Se ramifican uniformemente y algunas veces originan raíces verticales.

NUTRICION DEL CULTIVO

Requisitos nutricionales

Según la literatura, el café requiere un sustrato con las siguientes características:

CONCENTRACION DE ELEMENTOS

P : 10-30 ppm
K : 0.2 (me/100 gr suelo)
Ca: 4-20 (me/100 gr suelo)
Mg: 1-10 (me/100 gr suelo)
Al: 0.3 (me/100 gr suelo)
Fe: 10-50 ppm
Cu: 1-20 ppm
Zn: 3-15 ppm
Mn: 5-50 ppm

RELACION DE CATIONES INTERCAMBIABLES

Ca + Mg + K = 5.0 - 10.0 (me/100 gr suelo)
Mg / K = 2.5 - 15.0
Ca / Mg = 2.0 - 5.0
Ca + Mg / K = 10.0 - 40.0
Ca / K = 5.0 - 25.0

REACCION DEL SUELO

pH = 5.5 - 6.5

Niveles críticos foliares óptimos

Se ha encontrado que en el cultivo del café se tienen los siguientes niveles críticos foliares:

N : 2.5 - 3.5 %
P : 0.15 - 0.35 %
K : 2.0 - 3.0 %
Ca : 0.8 - 1.6 %
Mg : 0.3 - 0.5 %
S : 0.25 - 0.5 %

Mn : 50 - 300 ppm
B : 25 - 75 ppm
Fe : 90 - 300 ppm
Zn : 15 - 200 ppm
Cu : 10 - 50 ppm
Al : 55 - 65 ppm

Técnicas de muestreo de análisis foliar

Se ha investigado mucho la mejor manera de recolectar las hojas en el campo para la realización del análisis foliar. Las conclusiones a las que se han llegado son: primero, los primeros cuatro pares de hojas en las ramas son las más importantes de analizar por su mayor sensibilidad a la presencia o ausencia de nutrimentos; segundo, tanto para análisis del nitrógeno como para el del fósforo, la posición en la planta no es importante, mientras que para el análisis del potasio las muestras deben ser tomadas de la mitad inferior de la planta; tercero, para otros elementos como el magnesio se debe muestrear el sexto par de hojas y para el hierro, calcio y boro se deben preferir las hojas más jóvenes, pero no las del primer par.

Los investigadores recomiendan recolectar 4 hojas de cada planta que sea significativa del área a muestrear y recomiendan elegir 15 plantas como mínimo por cada 5 hectáreas.

Síntomas de deficiencias y toxicidad particulares

Deficiencia de NITROGENO:

Las hojas adultas presentan una clorosis uniforme que avanza desde el ápice hasta la base y de la vena central hacia los bordes.



Deficiencia de FOSFORO:

Hojas con clorosis leve, uniforme, color verde limón opaco que se torna más amarillenta en hojas más viejas. Clorosis lobular intervenal.



Deficiencia de POTASIO:

Las hojas más viejas presentan clorosis amarillenta a manera de una banda cerca del borde, las venas pueden mostrar igual coloración. Un halo amarillo rodea la necrosis del borde y del ápice que se observa. Una deficiencia de potasio generalmente puede presentarse acompañada por lesiones de *Pseudomonas* sp.



Deficiencia de CALCIO:

Las hojas más jóvenes presentan un color verde pálido cerca de los bordes; a lo largo de la vena central permanece el color verde. Se presenta un "acondamiento" o "acucharamiento" de las hojas.



Deficiencia de MAGNESIO:

Las hojas adultas presentan una clorosis que es intervenal. Las hojas adultas presentan puntos necróticos de color bronceado diseminados por todo el limbo.



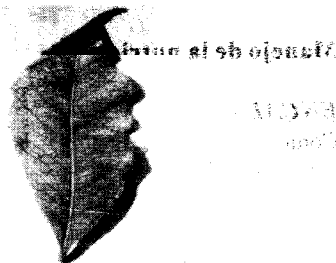
Deficiencia de AZUFRE:

Hojas jóvenes de color verde citrino, angostas. Nervaduras secundarias aparecen hundidas. En las hojas más grandes la clorosis es amarillenta.



Deficiencia de HIERRO:

Hojas jóvenes de tamaño mayor que el normal, clorosis generalizada color verde amarillento. Las nervaduras conservan su color verde oscuro.



Deficiencia de BORO:

Clorosis que avanza desde el ápice hasta la base. Se da un crecimiento en forma de roseta o palmilla. Se presentan deformaciones en la hoja.



Deficiencia de MANGANESO:

Hojas jóvenes con crecimiento anómalo. Se da la llamada hoja "Oreja de Burro".



Deficiencia de ZINC:

Hojas jóvenes que pueden presentar menor tamaño del normal. Clorosis color verde pálido. Hojas jóvenes más angostas. Se dan las hojas más largas que anchas.



Manejo de la nutrición

ENCALADO

Como se mencionó anteriormente, la práctica del encalado es muy común en el sector cafetalero. Es muy común encontrarse con la costumbre de que se encala cada 3 años o que se encala un año y se aplica gallinaza el siguiente.

En las fincas de café orgánico de El Dos de Tilarán y en la Finca El Gato en San Rafael de Poás, se realizan encaladas fuertes utilizando para ello 75 quintales de Carbonato de Calcio por hectárea. Además de utilizarse como corrector de pH, se utiliza con también para con el fin de cortar el ciclo de vida del hongo *Mycena citricolor* causante del Ojo de Gallo, pues en la época seca es patógeno se encuentra en estado de dormancia en el remanente de hojas y frutos en el suelo u hospedado en malezas presentes en el cafetal. Es importante tener en cuenta que la cantidad de Calcio que se va a adicionar al suelo debe determinarse mediante el precio análisis de suelo y la escogencia de la fuente a utilizar.

FERTILIZACIÓN

En el caso específico de la Finca El Gato, se realizan varias aplicaciones de fertilizantes, entre ellos están:

Gallinaza

Este año se aplicaron 700 sacos de 46 kilos de Gallinaza proveniente de camas de galpones de gallinas ponedoras de 6 a 36 semanas. Esta práctica se realiza comúnmente cada 2 años. Se debe aplicar en época seca para no provocar una plaga de mosca común en la plantación. La aplicación de Gallinaza en Costa Rica está muy regulada por el Ministerio de Salud. Es conveniente tener a mano controladores biológicos de la mosca por una eventual emergencia.

Abono Bocashi

Se utiliza el bocashi producido por la Planta Elaboradora de Abonos Orgánicos de Coopeldos R.L.. Dicho abono se elabora a base de más de 10 materias primas, entre las cuales están la Gallinaza, Estiércol de Vaca, Broza de Café, Cascarilla de Arroz, Roca Fosfórica, Semolina, Melaza, Cascarilla de Café (pergamino), Tierra Vegetal, Agua y otros. Se aplican alrededor de 30 sacos de 46 kilos por hectárea. Su uso tiene como objetivo mejorar la estructura del suelo, proveer minerales y materia orgánica, promover la mayor disponibilidad de los demás nutrientes y aumentar la actividad microbiana. Se aplica a principios de la época lluviosa para que el porcentaje de humedad del suelo sea favorable para la acción del abono.

K-MAG o Sulfomag

Se utiliza como fuente de Potasio, Magnesio y Azufre. Se utilizan alrededor de 10 sacos de 46 kilos por hectárea. Se aplica en época de formación y llenado de frutos,

se sabe que el potasio es el elemento limitante del café y su presencia en cantidades adecuadas en el suelo y la planta está directamente relacionada con el volumen y la calidad de la cosecha.

Sulfato de Zinc

Se utiliza para corregir las deficiencias de Zinc de los suelos de la Finca. Es un corrector de mediano plazo. Se aplican 7 sacos de 25 kilos por hectárea.

Se aplica en la antes de la época de floración para fortalecer el cuaje del fruto.

Broza de Café

Se utiliza composteada, se aplican de 0.5 kilos a 2.0 kilos alrededor de cada planta según sea la disponibilidad de la misma. Se debe tener mucho cuidado de no provocar un exceso de hierro en el suelo. Se utiliza como fuente de Potasio y microelementos y como mejorador de suelos. Debe tenerse con ella los mismos cuidados que con la Gallinaza.

ABONOS ORGÁNICOS

Compost

Es una buena opción para los productores pequeños que pueden aprovechar los recursos de la finca para elaborar sus composteras. Se utilizan toda clase de desechos vegetativos y se someten a un proceso de descomposición violenta. La limitante está en que dependiendo de la extensión de la plantación el espacio de la compostera o la cantidad total de compost que se produce se pueden hacer insuficientes. Hay que tomar en cuenta que el café es un cultivo perenne y que la cantidad de compost a aplicar por planta puede ser de hasta más de 2 kilos.

Bocashi

El término “*bocashi*” significa fermentación lenta, y en realidad para obtenerlo debe transcurrir un periodo de 15 a 22 días de manipulación y volteo constantes para evitar que la temperatura sea mayor que 65 °C.

Debido a la variedad de materias primas que se pueden utilizar para la elaboración del mismo y a la cantidad y concentraciones de elementos que se pueden conseguir en él, el *bocashi* se convierte en una excelente alternativa para la fertilización orgánica del café.

Lombricompost

Se elabora a partir de desechos orgánicos y la actriz principal es *Eisenia foetida* o mejor conocida como la lombriz roja californiana. Se debe elaborar una cama con los desechos y protegerla de la luz. La lombriz sabe muy bien cuál es su trabajo y lo hará bien en la medida en que la humedad y la sombra sean las correctas. La limitante de este abono es el elevado costo por kilo de lombrices y el espacio que se ocupa para producir la cantidad de abono que se necesita.

Abonos Verdes

Se trata de la utilización de plantas como la Mucuna, el Frijol Terciopelo, la Cannavalia y otras. Estas son cultivadas en el cafetal y se podan o se cortan totalmente una vez que aparece la semilla. Los desechos de la poda son incorporados al suelo. Estos materiales contienen cantidades considerables de nitrógeno y además actúan como mejoradores de la textura del suelo.

ABONOS FOLIARES

Extractos de plantas y hierbas

Es una práctica muy artesanal y constituye un recurso muy útil para los pequeños productores orgánicos de escasos recursos del país. Requiere de mucha dedicación y la mayoría de las veces se obtienen caldos o concentrados con cantidades y concentraciones de elementos desconocidas. Existe muchísima variedad de ellos y dependen de la disponibilidad de plantas que exista en la zona de la finca.

Fertilizantes Quelatados

Son los más ampliamente utilizados a nivel de fincas medianas y grandes de café orgánico, aunque no todas las agencias certificadoras los permiten. Por ejemplo, Naturland no los acepta, en cambio O.C.I.A., Ecológica y Oregon Tilt si los permiten, siempre y cuando el agente quelatante no sea EDTA.

Existen muchos tipos de Quelatos de diferentes agentes quelatantes, concentraciones de elementos y diferentes precios en el mercado. En el caso de la Finca El Gato son mayormente utilizados los quelatos que utilizan la proteína de soya y los lignosulfonatos como agentes quelatantes. Estos productos tienen un costo elevado pero han demostrado ser efectivos y eficientes para la corrección inmediata y de corto plazo de deficiencias encontradas en el café, siendo las más comunes las de Zinc, Potasio y Magnesio.

Hay que tener mucho cuidado con los productos que se encuentran en el mercado, se debe analizar bien la etiqueta y tener a mano la mayor cantidad de información posible, porque muchas veces se omite el agente quelatante y las concentraciones se presentan en porcentajes engañosos como en P/V o M/M. Además antes de realizar una aplicación es importante contar con el visto bueno de utilización del producto por parte de la agencia certificadora para evitar problemas en la aprobación de la certificación.

CONCLUSIONES

Lo realmente importante referente a la fertilización es brindar a la planta una nutrición correcta que le permita una mayor resistencia a las enfermedades y una condición nutricional óptima para la producción de un volumen importante de fruto de buena calidad.

El aspecto más importante en el manejo de un cafetal orgánico es el estado nutricional de las plantas y la conservación y mejora del suelo.

Es indispensable basarse en los análisis de suelo y foliares, para la determinación de las fertilizaciones a realizar y suplir así las necesidades nutricionales de la plantación de café.

Se debe realizar un programa para el mejoramiento continuo de las características físicas y químicas del suelo y para la conservación del mismo.

Se debe además hacer un estudio de los productos existentes en el mercado para elegir la fertilización más eficaz, eficiente y barata posible, con el fin de favorecer la economía del sistema.

El mercadeo del café orgánico de nuestro país debe ser una prioridad para los comercializadores, pues de los precios que se obtengan y que se paguen al productor depende la sostenibilidad y rentabilidad del sistema.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Associação Brasileira para Pesquisa sa Potassa e do Fosfato. CULTURA DO CAFEIEIRO. FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE. Potafos. 1986.
- Broyce, J.; Fernandez, A.; Fürst, E. y Segura, O. CAFÉ Y DESARROLLO SOSTENIBLE: DEL CULTIVO AGROQUIMICO A LA PRODUCCION ORGÁNICA EN COSTA RICA. EFUNA. 1994.
- Carvajal, J.F.. CAFETO, CULTIVO Y FERTILIZACION. Instituto Internacional de la Potasa. 1984.
- Clifford, M.N. Y Willson, K.C.. COFFEE. BOTANY, BIOCHEMISTRY AND PRODUCTION OF BEANS AND BEVERAGE. Croom Helm. 1985.
- Coopeldos, R.L.. DEFICIENCIAS NUTRICIONALES, PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DEL CAFÉ. Manual Técnico. 1997.
- Figuroa, R.; Fischersworing, B. y Rosskamp, R.. GUIA PARA LA CAFICULTURA ECOLOGICA. CAFÉ ORGÁNICO. Novella Publigraf S.R.L.. 1996.
- Instituto da Potassa & Fosfato. NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO CAFEIEIRO. Potafos. 1982.
- PROCEEDINGS MEMORIAS. 1ST SUSTAINABLE COFFEE CONGRESS. Smithsonian Migratory Bird Center. 1996.
- Sánchez, R.. EL CULTIVO BIOLÓGICO DEL CAFÉ ORGÁNICO. ISAM. 1990.

PALABRAS CLAVES: *café, café orgánico, fertilización, rendimiento, abonos foliares*

NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

Marco Chaves

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Tel: (506) 221-0252 Fax: 223-0839. E-Mail: diecana@sol.racsa.co.cr

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar más que un cultivo y una actividad empresarial, ha representado toda una cultura para Costa Rica, en virtud de que su participación ha sido muy amplia e intensa a través de la historia (Chaves, 1997b). Desde su ingreso al territorio nacional en el siglo XVI presuntamente procedente de Nicaragua, la caña acompañó los procesos de colonización y desarrollo que se sucedieron en el interior del país. Son muchas las formas y manifestaciones a través de las cuales la caña y sus subproductos han intervenido el quehacer del pueblo costarricense.

ZONAS DE CULTIVO

La producción de caña de azúcar está distribuida por todo el país, sin embargo, como se observa en el cuadro 1, es posible ubicar seis regiones geográficas principales bien definidas.

**CUADRO 1
CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS REGIONES PRODUCTORAS DE CAÑA DE COSTA RICA**

VARIABLE	SAN CARLOS		GUANACASTE		TURRIALBA			VALLE CENTRAL			PERRS SELEDON		ESPARA
	CIUDAD QUESADA	QUEBRADA AZUL	TAMBORA	LA CUDRERA	CATRE	ATERRIO	JUAN VIÑAS	ARRIO PUKRTO	LA LUENA	LA ARGENTINA	SAN ISIDRO	VOLCAN	FUERTERRENAS
7.5 ALTITUD (metros)	650	83	40	40	602	625	1,165	932	1,250	840	703	418	3
PRECIPITACION ANUAL (mm)	4,574	3,295	1,702	1,783	2,605	2,769	3,335	1,948	2,975	1,950	2,934	3,627	1,570
TEMP (°C)													
MAXIMA	27,1	30,4	32,5	33,0	29,6	26,9	26,5	28,0	30	28,4	31,0	31,0	32,9
MEDIA	23,0	25,4	27,2	27,2	22,7	22,1	20,7	22,3	23	23,0	25,1	25,1	27,9
MINIMA	18,8	20,4	22,4	22,4	18,6	17,2	14,9	17,6	17	17,6	19,3	19,3	23,0
BRILLO SOLAR (horas)	4,0	ND	6,9	7,4	4,5	3,5	4,1	6,7	5,2	6,6	5,2	6,2	6,8
RADIACION (Mj/m ²)	16	ND	19	ND	17,2	16	16	19	ND	17	16	16	15,5
H.R. (%)	87	85	74	82	88	88	86	77	ND	78	84	84	81
ALTITUD (metros)	40-680		0-150		550-1550			530-1500			400-750		0-350
INGENIOS (No)	3		3		2			6			1		1
AREA CANA (ha)	7.100		23.400		4.900			5.000			4.300		6.400
(%)	13,89		45,79		9,60			9,79			8,41		12,52
CICLO VEGETATIVO (MESES)	9-12		9-12		11-24			11-16			10,13		9,12
INDICE MADUREZ PENDIENTE (%)	DEFICIENTE		BUENO		BUENO			MUY BUENO			EXCELENTE		BUENO
	0-20		0-8		0,35			0-30			0-25		0-10

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional y LAICA.

ND= Valor no disponible

Los valores corresponden a totales y promedios anuales de Estaciones Meteorológicas de las regiones en mención.

Cada una de esas regiones poseen características y condiciones productivas muy diferentes y particulares, que hacen que el potencial productivo, la expectativa de rendimientos agroindustriales y los costos de producción involucrados varíen significativamente. El cuadro 2 expone el detalle productivo por región agrícola para la zafra 97/98.

CUADRO 2
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA COSTARRICENSE
SEGÚN REGIÓN AGRÍCOLA, DURANTE LA ZAFRA 1997-1998

REGIÓN	PRODUCCIÓN (TM)				RENDIMIENTO INDUSTRIAL ¹⁾		RELACIÓ N CAÑA / AZÚCAR	INGENIOS ACTIVOS (N°)	ÁREA CULTIVADA ²⁾	
	CAÑA	%	AZÚCAR ¹⁾	%	KG / TM	%			HAS	%
GUANACASTE	1.736.896	47,2	173.168,4	45,5	99,71	9,97	10,03	3	23.400	45,79
VALLE CENTRAL	523.030	14,2	61.073,2	16,1	122,35	11,68	8,56	6	5.000	9,79
PUNTARENAS	486.651	13,2	46.934,7	12,3	96,44	9,64	10,37	1	6.400	12,52
SAN CARLOS	382.477	10,4	33.486,8	8,8	87,55	8,75	11,42	3	7.100	13,89
TURRIALBA-JUAN VIÑAS	315.450	8,6	33.845,0	8,9	107,29	10,73	9,32	2	4.900	9,60
PÉREZ ZELEDÓN	237.432	6,4	31.970,6	8,4	134,65	13,47	7,43	1	4.300	8,41
TOTAL	3.681.936	100	380.478,7	100	-	-	-	16	51.100	100
PROMEDIO	-	-	-	-	103,34	10,33	9,68	-	-	-

Fuente: Elaborado por el autor con información de LAICA

¹⁾ Dado en 96° de polarización

²⁾ valores estimados en abril de 1999

De los 16 ingenios activos, 6 se ubican en el Valle Central, sin embargo, los 3 de mayor capacidad de procesamiento y fabricación de azúcar, están en Guanacaste.

REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una planta sensible a los efectos del clima. Se cultiva en el país en un piso altitudinal que va desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1550 msnm, como lo señala el cuadro 3, manteniendo el estrato más bajo (< 200 msnm) la mayor producción de caña (58,5%) y azúcar (56,55%).

CUADRO 3
DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y AZÚCAR FABRICADA
EN COSTA RICA, SEGÚN PISO ALTITUDINAL. ZAFRA 1997/1998

ALTITUD (msnm)	CAÑA PROCESADA		AZÚCAR FABRICADA *		RENDIMIENTO INDUSTRIAL (%)	RELACIÓ N CAÑA / AZÚCAR
	TM	%	TM	%		
0 - 200	2.153.957,73	58,50	202.532,35	56,55	9,40	10,64
201 - 600	569.840,30	15,48	50.400,36	14,07	8,84	11,31
601 - 1000	522.934,81	14,20	58.719,37	16,40	11,23	8,91
+ 1000	435.202,80	11,82	46.470,37	12,98	10,68	9,36
TOTAL	3.681.935,64	100	358.122,45	100	9,73	10,28

Fuente: Elaborado por el autor.

* Valores dados en "Tel - Quel"

La mejor concentración de azúcar en los tallos la muestra la zona intermedia que va de 600 a 1000 msnm, mientras el estrato que va de 200 a 600 msnm mantiene el rendimiento más bajo. Esta definición altitudinal establece comportamientos climáticos diferenciales, que inducen variaciones importantes en el comportamiento de la planta, aún en el caso de variedades cuya adaptabilidad es amplia en el sentido altitudinal, como ocurre con Q96 y PINDAR.

Particularmente importante, es la amplitud de los límites medios de tolerancia a la temperatura para el crecimiento y desarrollo de la planta como elemento de adaptación. La literatura es variable en este tópico aunque indica que el ámbito de temperaturas mínimas varía entre 15 y 16°C, el promedio arriba de 21°C, con un óptimo entre 25 y 26°C, y una máxima superior a 28°C, con un límite crítico sobre 33°C. Se indica que las temperaturas inferiores a 21°C retardan el crecimiento de las raíces, el cual se paraliza a los 10°C. Por su parte, se asegura que una temperatura de 27°C representa un óptimo para la absorción de nutrimentos en el suelo.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Por su naturaleza extensiva en lo relativo a área ocupada, e intensiva en lo correspondiente al uso de los recursos disponibles, la caña de azúcar se cultiva en Costa Rica en una amplia diversidad de condiciones edáficas; se han identificado plantaciones establecidas en 7 órdenes de suelo, distribuidos en orden de importancia según región como se indica en el cuadro 4:

CUADRO 4
ÓRDENES DE SUELO (SEGÚN USDA) EN LOS CUALES SE ENCUENTRA
CULTIVADA LA CAÑA DE AZUCAR EN COSTA RICA.

REGIÓN	SUELO PRINCIPAL	REGIÓN	SUELO PRINCIPAL
GUANACASTE	Inceptisol Vertisol Molisol Entisol Alfisol	VALLE CENTRAL	Andisol Inceptisol Alfisol
PUNTARENAS	Inceptisol Alfisol	TURRIALBA	Ultisol Andisol Inceptisol
SAN CARLOS	Inceptisol Ultisol	PÉREZ ZELEDÓN	Ultisol Inceptisol

Fuente: Chaves (1996)

En lo que respecta a la fertilidad del suelo, se acepta internacionalmente que la planta de caña puede tolerar variaciones severas en la fertilidad y en el equilibrio nutricional, pese a lo cual los rendimientos agroindustriales decrecen en la medida en que los niveles de fertilidad son bajos o mal equilibrados.

Se admite asimismo que la caña presenta una elevada capacidad de adaptación en suelos de pH variables, en razón de su rusticidad, desarrollándose bien en una amplia faja de pH que va según la literatura de 4,0 a 8,3; aunque la mayoría de investigadores asegura que el pH ideal se encuentra ubicado entre 5,5 y 6,5 (Chaves, 1988, 1991).

Con respecto a su rusticidad en relación a la fertilidad, la caña de azúcar es una planta relativamente tolerante a la presencia del aluminio intercambiable del suelo, lo que favorece el crecimiento y profundización de su sistema radicular en las camadas subsuperficiales del suelo. Sin embargo, se han verificado efectos negativos de la toxicidad del Al^{+3} y de la deficiencia de Ca y Mg sobre las tasas de crecimiento y desarrollo radicular.

CICLO VEGETATIVO

La caña de azúcar posee un período vegetativo muy variable, cuya duración depende básicamente de las características del material genético utilizado, y también de la influencia que el clima ejerce en este proceso biológico. En Costa Rica varía entre 9 y 24 meses de edad en relación casi directa con el piso altitudinal (0-1550 msnm), manteniendo las plantaciones cultivadas a más de 1000 msnm ciclos por lo general entre 16 y 24 meses en planta y de 12 a 18 meses en soca o retoño; abajo de esa altitud el ciclo por lo general es de 9 a 14 meses.

A la caña de azúcar se le establecen tres fases bien diferenciadas en su ciclo de desarrollo vegetativo:

Germinación, macollamiento y ahijamiento:

Esta fase da inicio desde la misma siembra del esqueje, o en su caso, luego de realizada la corta y cosecha de la plantación, por lo que incluye los procesos involucrados con la estimulación de la yema para la germinación, la emergencia de las plántulas luego de germinadas, el macollamiento y el ahijamiento. La fase finaliza con el cierre de la plantación, caracterizado por la cobertura que ocurre entre las hojas de plantas en surcos paralelos, sembradas a distancias normales (1,20 m a 1,70m).

Rápido crecimiento:

Es la fase en la cual la plantación crece y desarrolla con gran rapidez, manteniendo un gran acúmulo de materia seca y definiendo con ello el futuro tonelaje. Se le ubica entre el "cierre" de la plantación y el inicio de maduración de los tallos. En esta fase como en la anterior los contenidos de humedad en los tejidos y el nitrógeno mantienen niveles de concentración elevados.

Maduración:

La duración de esta fase se relaciona con las características genéticas del clon, las condiciones edafoclimáticas y de manejo en que se encuentre éste ubicado. La maduración se refiere al proceso sistemático de acumulación de sacarosa en los tallos, en el cual los azúcares simples o primarios (reductores): glucosa y fructuosa, se integran para formar la sacarosa (azúcar no reductor), disacárido de interés comercial directo. La duración puede ser reducida mediante el empleo de madurantes químicos artificiales, que detienen el crecimiento y estimulan el rápido acúmulo de sacarosa (4-8 semanas), aunque por lo general la fase natural tarda de 2 a 3 meses. Los contenidos de humedad en los tejidos de la planta disminuyen aceleradamente hasta ubicarse en niveles próximos a 73% (humedad gravimétrica), durante su punto ideal de cosecha, lo que también ocurre con el nitrógeno (0,25%); ambos indicadores son valorados en los internodos 8-10 del tallo como sección indicadora (Chaves y colaboradores, 1989). La emergencia de la flor marca el inicio de esta fase, la cual culmina con la cosecha de la planta en su punto de máxima concentración de sacarosa en los tallos. Existe un cambio anatómico-fisiológico importante, que es la conversión del meristemo apical y floral.

VARIEDADES CULTIVADAS

La caña es una planta que posee una muy alta variabilidad de las características agroproductivas de sus clones comerciales, como resultado de la poliploidia que exhibe, lo que potencia una elevada variabilidad genética, motivo por el cual su adaptabilidad a condiciones adversas, su capacidad productiva, la condición de fitosanidad y los requerimientos nutricionales son también variables. El cuadro 5 expone un resumen genérico de las 11 principales variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica.

CUADRO 5
ESTIMACIÓN DEL ÁREA SEMBRADA CON CAÑA DE AZÚCAR EN
COSTA RICA DURANTE 1998

VARIEDAD	ÁREA (HAS)		
	MUESTREADA	%	SEMBRADA
SP 70-1284	8.134,3	22,56	11.528,2
Q 96	3.507,3	9,73	4.972,0
SP 71-5574	2.651,1	7,35	3.755,9
PINDAR	2.170,4	6,02	3.076,2
CP 72-2086	2.145,1	5,95	3.040,5
NA 56-42	2.092,3	5,80	2.963,8
NCo 310	1.934,1	5,36	2.739,0
CP 72-1210	1.485,0	4,12	2.105,3
NCo 376	1.444,5	4,01	2.049,1
SP 71-6180	1.332,5	3,70	1.890,7
H 61-1721	967,0	2,68	1.369,5
SUB TOTAL (11)	27.863,6	77,28	39.490,2
OTRAS (68)	8.195,9	22,72	11.609,8
TOTAL (79)	36.059,5	100	51.100,0

Fuente: Chaves *et al* (1998a)

Como se observa, es muy diferente el origen, la composición genética y por ende las características agroindustriales de las variedades cultivadas comercialmente en el país, destacando las series de origen brasileño (SP, RB), estadounidense (CP, H) australiano (Q y PINDAR), Barbados (B), Sudáfrica (NCo), argentino (NA), La India (Co), mexicano (Mex) y cubano (Ja), entre otras; lo que provoca la necesidad de establecer programas de fertilización acordes a los requerimientos de cada variedad.

CONSIDERACIONES ANATÓMICAS Y ECOFISIOLÓGICAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una planta que presenta una amplia variabilidad y reconocida capacidad de adaptación cuando es sometida a la presencia de condiciones desfavorables, tanto de clima de manejo como de suelo. La conformación anatómica y las características fisiológicas propias de la especie (*Saccharum spp*), proporcionan los mecanismos necesarios y suficientes para caracterizarla como una planta altamente eficiente, lo que favorece su capacidad de adaptación.

La vía fotosintética de la caña se ubica en el grupo de las plantas "C₄", que poseen anatomía tipo "Kranz". Las hojas poseen dos tipos de cloroplastos: los localizados en las células del mesófilo y los de las células de la vaina vascular, con los cuales la planta es capaz de fijar CO₂ por dos vías: a) por la vía normal "C₃" de CALVIN y, b) por la vía alternativa "C₄", en compuestos de cuatro carbonos como ácido málico, principalmente, ácido aspártico o ácido oxalacético. Esa refijación de CO₂ en los haces vasculares de la vaina como fosfoglicerato (3-PGA) posibilita una mayor eficiencia fotosintética y utilización de la energía solar, puesto que su tasa fotosintética aumenta con la luminosidad, hasta alcanzar valores superiores a 60 Klux (~ 600 w/m²) de intensidad, variando según la literatura de 6,5 a 150 Klux (~ 65 a 1500 w/m²), en función de la variedad, confiriéndole un elevado punto de saturación de luz. La caña alcanza valores de fijación de CO₂ elevados, lo que refleja su elevada capacidad fotosintética y alto punto de compensación. Se asegura que posee una eficiencia que va de 5 a 6% en la conversión de energía solar.

Adicionalmente, la caña no presenta fotorrespiración aparente, con lo cual no elimina o pierde CO₂ por las hojas a tasas rápidas, simultáneamente con la absorción de CO₂ por la fotosíntesis y estimulada por la luz. Su velocidad de fotosíntesis es cerca de dos o tres veces superior a la de las gramíneas tipo "C₃", presentando una capacidad fotosintética de 34 a 86 mg CO₂/dm²/hr.

La vía "C₄" permite realizar la fotosíntesis con los estomas prácticamente cerrados, lo que duplica su eficiencia en el uso del agua y su transpiración relativa (fotosíntesis líquida/transpiración), en comparación con otras gramíneas del tipo "C₃". Por esta razón, la caña utiliza el agua con mayor eficiencia, manteniendo a su vez, una mayor adaptabilidad en condiciones con presencia de déficit de humedad o sequía.

El Índice de Área Foliar (IAF) que describe la dimensión del sistema asimilador de una comunidad vegetal, constituye un excelente índice para evaluar la capacidad de desarrollo del follaje y, consecuentemente, de la capacidad fotosintética total, denominada productividad bruta. La caña presenta en este sentido una gran área foliar, con un IAF elevado (4 a 10) y muy variable de acuerdo con la variedad; sus hojas son casi verticales durante la mayor parte de su período de crecimiento y el ancho de la lámina foliar es variable, lo que eleva significativamente su eficiencia en la intercepción de luz (Chaves, 1988).

Fijación Biológica de Nitrógeno

Recientemente se ha verificado luego de más de 40 años de investigación continua que la caña de azúcar presenta un sistema fijador de N₂ constituido por bacterias aeróbicas, anaeróbicas y anaeróbicas facultativas, que bajo condiciones favorables, contribuyen significativamente en la economía del N y la adaptación de la planta a suelos de baja fertilidad (Chaves, 1988). Se han identificado bacterias del género *Beijerinckia* asociadas a las raíces de la caña; además de otros géneros como: *Azotobacter*, *Enterobacter sp.*, *Erwinia sp.*, *Caulobacter*, *Derrxia*, *Clostridium*, *Vibrio*, *Bacillus spp.*, *Spirillum spp.*, *Azospirillum spp.*, *Klebsiella spp.* y *Saccharobacter nitrocaptans*, entre otras, las cuales se han asociado a la fijación de N atmosférico (N₂) reduciéndolo a NH₄⁺ (Chaves, 1997a).

Sistema Radicular

Se le ubica como una de las características anatómicas que hacen posible la gran rusticidad de la planta. La literatura informa la existencia de tres tipos básicos de raíces: a) superficiales, ramificadas y absorbentes; b) de fijación más profundas, y c) raíces cordón que pueden alcanzar hasta 6 m de profundidad (Orlando, 1983). Posee además una capacidad de alargamiento horizontal y de profundización muy superior al que muestran otros cultivos de interés comercial, aún en

condiciones de suelo químicamente limitantes y de fuerte compactación. Todos esos atributos favorecen su elevada capacidad de exploración, sostén y extracción de agua y nutrimentos del suelo, lo que le confiere a la planta de caña gran adaptabilidad en suelos de baja fertilidad y en localidades con lluvia deficiente.

Luego de efectuada la siembra, las primeras raíces que emergen son las de fijación, originadas a partir de los primordios radicales de la semilla. Se ha demostrado que durante los primeros 25-35 días luego de brotar las yemas en la fase de germinación, la planta utiliza para su sobrevivencia las reservas contenidas en la semilla, supliendo parcialmente esas raíces el agua necesaria.

El desarrollo posterior de raíces en los hijos primarios, secundarios y sucesivos de la cepa, establecen independencia, haciendo que las raíces de fijación pierdan su función. Se estima que luego de 90 días la planta pasa a depender exclusivamente del sistema radicular de sus nuevos hijos. Los estudios revelan que durante los 90 días posteriores a la siembra, el sistema radicular de la caña se encuentra distribuido y concentrado en los primeros 30 cm del suelo. En el caso de la caña soca, el sistema radicular establecido mantiene su actividad luego de ocurrida la corta de la planta aún por algún tiempo, siendo luego sustituido lenta y gradualmente por el sistema generado por los nuevos retoños. Como se deduce, el sistema radicular de la caña de azúcar es diverso, vigoroso y dotado de una amplia dinámica en su renovación, la cual es permanente.

La distribución de las raíces en el suelo varía entre variedades, ordenes de suelo, grado de compactación, textura, disponibilidad de humedad y presencia de limitantes químicas por alta concentración de algunos elementos tóxicos (Al, Fe, Cu, Mn, Na). Paz Vergara et al (1980) citados por Fageria et al (1997), indican que bajo condiciones de riego en el Perú, la distribución de raíces de las variedades H 32-8560 y H 57-5174 fue de 48,68% en los primeros 30 cm; de 16-36% entre 30 y 60 cm; de 3 a 12% entre 60 y 90 cm; de 4 a 7% en profundidades de 90 a 120 cm y de 1 a 7% entre 120 y 150 cm; cuando se profundizó más (150-180 cm) se encontró porcentajes inferiores al 4%. Estudios de esta naturaleza ratifican la alta capacidad exploratoria que posee la caña de azúcar. Aseguran Fageria y colaboradores (1997), que la variación genotípica del sistema radicular de la caña está bien documentada; anotan la existencia de gravitopismo diferencial entre clones.

Las características de desarrollo del sistema radicular son determinantes en la estrategia de fertilización comercial del cultivo, puesto que como se deduce, en el ciclo planta son convenientes las aplicaciones retardadas (no tardías) de nutrimentos (luego de 30 días), para asegurar su adecuada absorción.

Rusticidad

Todas las características y propiedades de orden anatómico-fisiológicas y genéticas anotadas anteriormente, tipifican a la caña de azúcar como una planta de alta rusticidad, sobresaliente capacidad de adaptación, elevado potencial de producción y conversión de energía solar. Se le han reportado a la caña en este sentido, producciones de materia seca estimadas en hasta 280 TM/ha/año, lo cual es bastante elevado, como lo señalara Chaves (1988).

Tales particularidades explican algunas de las razones por las cuales, muchas tentativas en busca de lograr efectos y diferencias significativas en materia de investigación no resultan fructíferas. Explican de la misma manera con criterio técnico, la elevada rusticidad que la planta de caña posee y que le permite sobrevivir, adaptarse y hasta ser productivamente eficiente donde otros vegetales

se ven limitados; de tal manera, que aquella aseveración que algunas personas indican de que "la caña de azúcar es una mala hierba", tiene razones científicamente explicables para comprender ese comportamiento.

DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

Debe aclararse que lo correcto en esta materia es hablar de diagnóstico de tejidos o diagnóstico de planta, en virtud de que la valoración puede realizarse sobre varias secciones u órganos del vegetal, como son la lámina (con y sin nervadura central), la vaina de la hoja, la raíz y los internudos del tallo. Asimismo, aún en una misma sección de la planta es factible utilizar tejidos diferentes, tal como acontece con las hojas, las vainas y los internudos según su posición y grado de madurez del tejido.

Las finalidades básicas del diagnóstico foliar son: diagnóstico de las deficiencias minerales o desórdenes nutricionales de la planta, levantamiento del estado nutricional y recomendación de un programa de fertilización acorde con las necesidades reales.

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO FOLIAR

DIAGNÓSTICO FOLIAR CLÁSICO: basado en la determinación del denominado nivel crítico, el cual puede desagregarse a su vez como:

Métodos de Análisis Múltiples: Incluye aquellos criterios que se efectúan con sentido de continuidad a lo largo del ciclo vegetativo de la planta, por lo que es apto para condiciones de ciclo prolongado (24 meses), tal como acontece en las zonas de altura (> 1.000 msnm) con variedades de origen hawaiano. Se compone a su vez de los siguientes métodos específicos:

Registros de Desarrollo, "Crop-logging o Crop-Log": Se efectúa con una periodicidad de 35 días hasta el final del ciclo, iniciando a partir del momento en que la planta posee 6 hojas completas. Utiliza las hojas 3, 4, 5 y 6 estableciendo límites por periodos vegetativos. Implica llevar registros de otros elementos que intervienen como son humedad, clima, manejo, etc., por lo que es muy laborioso y oneroso, aunque sus resultados muy satisfactorios (Clements, 1980).

Análisis de Internudos 8-10 del Tallo (Stalk-Log). También recomendado para condiciones de ciclos prolongados. Se valoran en el mismo los internudos 8, 9 y 10 (eliminando el nudo) con respecto a sus concentraciones (%) de N, P, K y la humedad del tejido (Chaves y Salazar, 1989b).

Métodos de Análisis Selectivos: Implica la realización de pocos muestreos por lo que es apto para ciclos cortos de 12 a 18 meses. Muy variable entre países, aunque predomina el uso de la hoja + 1 (Guyana, Mauricio, Sudáfrica, Australia), la hoja + 3 (Brasil) y las hojas 4, 5 y 6 (Puerto Rico). La inclusión o ausencia de la nervadura central es también opcional, aunque su eliminación es mayoritaria a nivel internacional.

Métodos Especiales de Análisis: Incluye varios criterios específicos que varían en facilidad y exactitud:

Parcelas Diferenciales: Áreas especiales (microparcels). Son fertilizadas con dosis diferentes a las comúnmente empleadas comercialmente; método útil en zonas con escasos antecedentes y conocimiento sobre el comportamiento de la planta con respecto a la fertilización.

Medición de la Savia en la Nervadura Central: Emplea nervaduras centrales de las primeras 7-9 hojas (partiendo de + 1). Se ha utilizado principalmente para diagnosticar la condición del K.

Análisis Rápido de Tejido: Es actualmente inoperante, aunque se basó en el análisis de las vainas 3, 4, 5 y 6. Su diagnóstico sobre el N era muy deficiente, pues lo minimizaba lo que inducía al error sobre un nutrimento tan importante.

Valoración del Índice de Crecimiento Relativo: Establece correlaciones entre el peso de algunas secciones de la planta (en estados precoces) y la producción final; emplea básicamente hojas y vainas.

SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN (DRIS): Se le conoció primeramente con el nombre de diagnosis fisiológica; fue originalmente propuesto por Beaufils en 1973 para el estudio nutricional de la planta de hule (*Havea brasiliensis*). El método propone el establecimiento de relaciones de equilibrio foliar entre macronutrientos (N/P, N/K, K/P), asumiendo que toda variación de un elemento mineral, correlaciona (positiva o negativamente) con uno o varios nutrimentos. Mediante el uso de un diagrama se posibilita el diagnóstico del balance nutricional del N, P y K. Incorpora además otros elementos esenciales como Ca, Mg, S, Fe, Cu y Mn. La valoración conjunta de elementos introduce una importante ventaja sobre otros métodos (Orlando, 1983).

El DRIS analiza los factores nutricionales que interfieren en la productividad de la planta, a través de índices calculados a partir de relaciones donde intervienen las concentraciones de los nutrimentos considerados en conjunto (dos a dos). Los índices DRIS indican el orden de limitación de los nutrimentos, sea por exceso o también por deficiencia, así como el grado de exigencia de cada nutrimento. Este método de diagnóstico viene adquiriendo relevancia a nivel internacional en la caña de azúcar y otros cultivos como café, maíz, soya, trigo, macadamia, naranja, papaya y hule.

En Costa Rica se han realizado algunos intentos por evaluarlo y consolidarlo como criterio de diagnóstico nutricional en la caña (Salas, 1996), lo cual sin embargo requiere aún de más investigación, en virtud de la diversidad de condicionantes que intervienen e interfieren nuestra agroindustria azucarera (suelos, clima, variedades, manejo, etc.)

Los métodos señalados anteriormente difieren en facilidad técnica, precisión, costo involucrado, tiempo requerido, capacidad predictiva y representatividad, motivo por el cual poseen ventajas y desventajas que deben necesariamente ponderarse para decidir el más idóneo. Lo cierto del caso, es que el experimento de campo continuará siendo sin lugar a dudas el criterio más acertado, actualizado y correcto para conocer con certeza la condición productiva y la respuesta del cultivo a la adición de nutrimentos; sobre todo si reconocemos la variabilidad que la naturaleza genética de las variedades cultivadas impone.

Nombramiento de las hojas

Para ubicar y nombrar las hojas de acuerdo con su posición en la planta, se utiliza el sistema propuesto por Kuijper (1915) descrito por Malavolta (1982) y Orlando Filho (1983), en el cual la hoja + 1 corresponde por ejemplo, a la hoja más alta que mantiene su lígula visible (región anatómica de inserción de la vaina en el tallo); puesto que hay hojas del meristemo que no están aún desenrolladas y su lígula no es por tanto visible. La hoja + 3 es asimismo la tercera hoja (contando de arriba hacia abajo) que posee su lígula visible siguiendo el mismo procedimiento es factible nombrar el resto de hojas, manteniendo siempre como elemento inicial la presencia de lígula y realizando el conteo de arriba hacia abajo.

Hoja de referencia para muestreo

Para realizar el diagnóstico foliar, se tiene que a nivel internacional la hoja + 1, conocida también como TVD (Top Visible Dewlap) es la más utilizada; aunque particularmente Brasil empleó con bastante amplitud y aparente éxito la hoja + 3, la cual ha venido sin embargo a menos en los últimos años. La hoja que se toma como muestra para análisis, debe ser seleccionada utilizando el tercio medio de la lámina (aproximadamente 20 cm centrales), excluyendo la nervadura central. En la actualidad la TVD es la hoja más difundida y sobre la que existe mayor información, motivo por el cual es la que se recomienda para Costa Rica. Se estima que la TVD representa mejor la condición nutricional de la planta, al representar un tejido en plena transición. Se considera que la mejor edad para realizar el muestreo está entre los 3 y los 7 meses de edad del tejido, tanto para el ciclo planta como soca, como refiere Chaves (1998) al citar varias notas técnicas al respecto.

Recolección de la muestra

Se recomienda que la recolección de las muestras para análisis independientemente del criterio y del tejido empleado, se efectúe antes de las 10 de la mañana como límite y preferiblemente próximo a las 8 horas, con lo cual se obviarían problemas por deshidratación. Se debe seguir un procedimiento aleatorio que asegure representatividad, como podría ser el seguir un recorrido en zig-zag o cruzar la plantación en diagonales. Evidentemente la cantidad de material vegetal a recolectar dependerá del tamaño y la uniformidad que exhiba la unidad de muestreo (lote, finca, localidad, región y variedad) a evaluar.

Contenidos nutricionales

La concentración de nutrimentos en los tejidos de la planta son muy variables, considerando la gran cantidad de factores que interfieren en forma directa o indirecta su contenido, como lo son:

- * Variedad cultivada, lo cual resulta determinante como factor de variación.
- * Sección de la planta y tejido empleado como muestra para efectuar el diagnóstico.
- * Edad (meses) del tejido analizado.
- * Condición nutricional de la planta, la cual es influenciada e intervenida directamente por el grado de fertilidad del suelo y la fertilización aplicada.
- * Grado de humedad presente en el suelo y la planta.
- * Desarrollo y condición (estabilidad) del sistema radicular de la planta.
- * Situación climática del entorno, referida principalmente a lluvia, temperatura, luminosidad, humedad ambiente y viento; la mayoría de esas variables están determinadas a su vez por la altitud (msnm) de la localidad.
- * Condición fitosanitaria de la planta.
- * Estado físico-químico del suelo.
- * Prácticas de manejo agronómico empleadas por el agricultor que modifican el entorno (ej. malezas, distancia de siembra, etc.) o interviene directamente la planta (riego, drenaje, mecanización, etc.).

A manera de resumen cabe señalar que Dechen y colaboradores (1995), ubican los niveles críticos (foliares) nutricionales para la caña de azúcar, tal como se anota a continuación:

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
%						Ppm				
1,60	0,12	1,20	0,40	0,20	0,20	10	6	100	50	10

CUADRO 6
CONCENTRACIONES DE LOS MACRO Y MICRONUTRIMENTOS MAS
IMPORTANTES EN LOS TEJIDOS (FOLIAR Y VAINAS) DE LA CAÑA DE AZUCAR

NUTRIMENTO	PESO SECO (%) FOLIAR*		EDAD TEJIDO (MESES)	PESO SECO (%) VAINA**		EDAD TEJIDO (MESES)
	CRITICO	OPTIMO		CRITICO	OPTIMO	
N	1.00 - 2.00	1.50 - 2.70	3 - 9	1.80 - 2.05	1.90 - 2.20	4-5
P	0.08 - 0.21	0.08 - 0.35	3 - 9	0.19 - 0.22	-	3-6
K	0.62 - 1.20	0.62 - 2.00	3 - 9	0.42	0.42 - 0.56	2-24
Ca	0.13 - 0.20	0.18 - 0.76	3 - 9	0.10 - 0.20	0.1 - 2.0	4-15
Mg	0.06 - 0.12	0.08 - 0.36	3 - 9	0.025 - 0.10	0.105	9-15
S	0.12 - 0.14	-	3 - 9	0.22 - 0.30	-	6-10
Cu	0.6 - 5.0	4 - 100	3-11	5 - 10	-	8-10
Zn	10 - 18	15 - 50	3-24	10	-	9-15
Mn	<10 - 20	12 - 400	3-9	6 - 10	-	9-15
Fe	5 - 50	20 - 600	4 - 9	36	-	9-15
B	1 - 4	1 - 30	4-16	2	-	8-10
Mo	0.04 - 0.15	0.05 - 4	1-4	-	0.05 - 3.51	9-15
Si	0.10 - 1.0	1.06 - 4	2-6	0.35 - 0.55	1.03 - 1.5	9-15
Al	-	-	-	10 - 15	>100	8-10
Cl	-	-	-	<0.068	>0.5***	8-10

Fuente: Anderson y Bowen (1994).

* Se refiere a las hojas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, en algunos casos sin nervadura central.

** Vainas 1 a 4.

*** Toxicidad

Los valores estan expresados en base a peso seco.

CUADRO 7
ESTADO NUTRICIONAL DE LA CAÑA DE AZUCAR SEGUN CONCENTRACIONES
DE LOS ELEMENTOS EN LA PLANTA

NUTRIMENTO	CONCENTRACION		
	BAJA	SUFICIENTE	ALTA
	PORCENTAJE		
N	1.60-1.90	2.00-2.60	> 2.60
P	0.15-0.17	0.18-0.30	> 0.30
K	0.90-1.00	1.10-1.80	> 1.80
Ca	0.10-0.19	0.20-0.50	> 0.50
Mg	0.08-0.09	0.10-0.35	> 0.35
S	< 0.14	0.14-0.20	> 0.20
	Ppm		
Cu	3-4	5-15	> 15
Zn	15-19	20-100	> 100
Mn	20-24	25-400	> 400
Fe	20-39	40-250	> 250
B	2-3	4-30	> 30
Mo	< 0.05	0.05-4.0	> 4

Fuente: Jones et al (1991); Mills y Jones (1996)

Corresponde a la primera hoja del ápice, muestras vegetales con edades de 3 a 5 meses luego de sembrada la planta

CUADRO 8
CONTENIDO DE MICRONUTRIMENTOS EN LA HOJA + 3 DE LA CAÑA DE AZÚCAR
EN EL ESTADO DE SAO PAULO, BRASIL, SEGÚN CICLO VEGETATIVO

NUTRIMENTO	CICLO VEGETATIVO (ppm)	
	PLANTA	SOCA
B	15-50	-
Cu	8-10	8-10
Fe	200-500	80-150
Mn	100-250	50-125
Mo	0.15-0.30	-
Zn	25-50	25-30

Fuente: Malavolta (1982b)

FERTILIDAD DE LOS SUELOS CAÑEROS COSTARRICENSES

El cuadro 9 expone el resultado químico promedio y específico por región, del análisis de más de 950 muestras de suelo, procedentes de plantaciones comerciales de las seis regiones productoras de caña del país.

CUADRO 9
APROXIMACION DEL CONTENIDO QUIMICO DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON
CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA, SEGUN REGION AGRICOLA.

REGION	NUMERO MUESTRAS	PH	Cmol (+)/l				ug/ml						% MO
			Al	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	S	
GUANACASTE	159 ¹⁾	6,36	0,16	19,64	6,05	0,52	17,32	8,89	2,11	16,91	63,93	14,85	4,59
PUNTARENAS	51 ²⁾	6,03	0,19	9,85	3,64	0,38	14,90	7,90	2,40	19,50	59,40	-	2,81
VALLE CENTRAL	118	5,28	0,59	3,88	1,29	0,52	8,43	16,37	3,88	28,81	+100	-	-
SAN CARLOS	317	5,44	0,46	6,04	2,71	0,83	3,83	13,36	4,60	54,56	90,9	0,96	6,63
TURRIALBA	145	5,07	0,91	4,77	1,36	0,21	5,94	17,05	4,23	25,08	+100	-	-
PEREZ ZELEDON	104	4,98	1,70	1,75	0,96	0,23	4,95	9,25	1,29	12,42	+100	5,08	-
PROMEDIO	894	5,53	0,67	7,65	2,67	0,45	9,23	12,14	3,09	26,21	+100	6,96	4,68

¹⁾ y ²⁾ No contabiliza una gran cantidad de muestras de los ingenios CATSA y El Palmar.

* Dado en Cmol(+)/l

Se evidencia y comprueba que la variabilidad es bastante amplia en todos los sentidos. El pH fluctúa desde 6.4 en Guanacaste hasta 5 en Pérez Zeledón. Otros indicadores químicos son igualmente variables, como acontece con los contenidos de Ca, Mg y P, que son elevados en Guanacaste y Puntarenas y muy bajos en Pérez Zeledón.

Algunos estudios específicos (Montes de Oca, 1994; Montes de Oca *et al* 1996ab), han identificado la presencia de suelos con influencia salina tóxica, en la región de Guanacaste, como aconteció con el análisis procedente de Tortugal, un vertisol del Ingenio Taboga cuya conductividad eléctrica (pasta saturada) fue de 16,2 dS/m (Chaves, 1988). En esta zona de Guanacaste especial relevancia exhiben los altos contenidos de P, así como la presencia de concentraciones adecuadas de Cu, Zn y Mn.

En el caso del Valle Central los suelos poseen características ácidas, con presencia de altos contenidos de Fe, medios de Al, Cu, Mn y K, así como insuficientes de P. Especial atención merecen el Ca y el Mg, pues el diagnóstico revela diferencias en algunas localidades como acontece con Atenas, Sarchí y gran parte de San Ramón.

La región de San Carlos evidencia por su parte, una mayor estabilidad en los contenidos químicos de sus suelos, caracterizándose por poseer valores de P y pH bajos, medios de Cu, Zn y Al y altos de Ca, Mg y Fe, respectivamente. El K requiere de análisis puntuales según localidades, ya que la variabilidad en sus contenidos es alta.

Los suelos de Turrialba son a su vez bastante diferentes entre sí, como reflejo posiblemente de la diversidad de factores que determinan con intensidad variable su condición físico-química, entre los que destacan elemento como la lluvia, deposiciones fluviales y volcánicas, etc. En general predomina una condición de fuerte acidez caracterizada por la presencia de altas concentraciones del Al y Fe, que generan a su vez insuficiencia de P y K, así como también de Ca y Mg en los suelos de algunas localidades muy particulares.

Pérez Zeledón exhibe la condición de fertilidad más deficiente de todos los suelos cañeros de Costa Rica, pues los contenidos de Al y Fe son elevados, en tanto que las concentraciones bajas de P, Ca, Mg, K, Zn y S son manifiestas; pocas son las excepciones a la regla anterior, lo que obliga a prestar especial atención a la nutrición como factor de producción determinante para la obtención de altos rendimientos agroindustriales.

NUTRICIÓN DEL CULTIVO

Remoción de nutrimentos

Por todos los atributos señalados con anterioridad, la caña de azúcar califica como una planta altamente extractora de nutrimentos del suelo que provoca inclusive insuficiencia y agotamiento de los mismos. Muchos productores han reconocido inclusive en este sentido, que donde hubo establecida una plantación comercial de caña, la condición de fertilidad del suelo es por lo general bastante deficiente. Esta condición conduce a reconocer una gran verdad pragmática para el agricultor, cual es “no establecer semilleros donde hubo sembrada caña de azúcar, debido a que la condición nutricional es por lo general deficiente, lo que obliga a su corrección, induciendo con ello un incremento de los costos de producción”; los productores de café que establecen almacigales en suelos cañeros conocen muy bien los efectos de esta aseveración.

En un estudio efectuado en Costa Rica por Alpízar (1976), se verificó una diferencia importante en el grado de fertilidad de los suelos bajo condición de monocultivo de caña de azúcar, y la de los suelos aledaños con presencia de gramíneas (pastos). Se encontró que el efecto extractante del monocultivo produjo una mayor acidez (pH disminuyó de 5,6 a 5,1) y a un empobrecimiento general de los suelos. La caña posee especial preferencia hacia la extracción de ciertos elementos químicos de los suelos, los cuales son removidos con mayor intensidad induciendo un agotamiento más rápido de los mismos (Chaves, 1986c).

El cuadro 10 expone el resultado de una amplia revisión de literatura, que documenta los valores reportados a nivel mundial por numerosos investigadores, en cuanto a las cantidades de macro y micronutrimentos extraídos por la planta de caña y referidos a los tallos; no se incluye en esa información la sección foliar ni las raíces.

REFERENCIA	LUGAR	SI	S	Mg	Ca	K	P	N
0.69	BRASIL	0.24	0.26	0.27	1.00	0.08	0.08	0.69
0.65	BRASIL	0.31	0.34	0.36	0.98	0.10	0.10	0.65
0.68	BRASIL	0.26	0.26	0.26	1.02	0.13	0.13	0.68
0.72	BRASIL	0.29	0.26	0.26	1.15	0.10	0.10	0.72
0.76	BRASIL	0.25	0.30	0.36	1.06	0.12	0.12	0.76
0.82	BRASIL	0.19	0.34	0.26	1.04	0.18	0.18	0.82
0.81	BRASIL	0.21	0.23	0.24	1.33	0.22	0.22	0.81
1.02	BRASIL	0.25	0.32	0.32	1.56	0.22	0.22	1.02
0.66	BRASIL	0.24	0.29	0.34	0.62	0.08	0.08	0.66
1.60	BRASIL	-	-	-	2.32	0.31	0.31	1.60
1.20	FRANCIA	-	-	-	2.00	0.20	0.20	1.20
1.20	FRANCIA	-	-	-	2.50	0.44	0.44	1.20
1.46	USA	0.36	0.36	0.42	3.39	0.36	0.36	1.46
1.60	USA	0.37	0.39	-	2.23	0.37	0.37	1.60
1.10	ALEMANIA	-	-	-	2.82	0.39	0.39	1.10
1.05	ITALIA	0.38	0.50	0.50	1.66	0.15	0.15	1.05
0.98	ITALIA	0.38	0.38	0.50	2.85	0.20	0.20	0.98
0.75	USA	-	-	-	1.25	0.20	0.20	0.75
0.74	USA	-	-	-	1.58	0.15	0.15	0.74
0.85	USA	-	-	-	1.33	0.12	0.12	0.85
1.22	BRASIL	0.12	0.19	0.13	1.10	0.08	0.08	1.22
0.90	HAWAI	-	-	-	-	-	-	0.90
1.30	HAWAI	-	-	-	-	-	-	1.30
0.54	HAWAI	-	-	-	-	-	-	0.54
0.22	HAWAI	-	-	-	-	-	-	0.22
1.38	BRASIL	-	-	-	1.38	0.22	0.22	1.38
0.93	BRASIL	-	-	-	0.93	0.15	0.15	0.93
1.22	BRASIL	0.14	0.19	0.26	1.09	0.09	0.09	1.22
0.46-0.82	USA-LOUISIANA	0.22-1.57	-	-	0.92-1.57	0.14-0.30	0.14-0.30	0.46-0.82
0.50-0.85	SUDAFRICA	0.83-1.13	-	-	0.83-1.13	0.20-0.34	0.20-0.34	0.50-0.85
0.68-0.80	USA	-	-	-	1.13	0.20	0.20	0.68-0.80
2.24	SUIZA	-	-	-	3.72	0.40	0.40	2.24
-	GUADALUPE	-	-	-	1.42	0.18	0.18	-
-	BRASIL	0.58	-	-	-	-	-	-
-	USA	-	-	-	0.40-2.50	-	-	-
1.05	SUDAFRICA	-	-	-	0.27-2.70	-	-	1.05
1.65	USA	-	-	-	1.65	0.15	0.15	1.65
0.72	USA-LOUISIANA	0.27	0.20	0.12	1.22	0.18	0.18	0.72
0.93	USA-LOUISIANA	-	-	-	1.25-1.66	0.22	0.22	0.93
0.93	HAWAI	-	-	-	1.91	0.31	0.31	0.93
1.00	USA-LOUISIANA	-	-	-	1.49	0.13	0.13	1.00
0.87-1.02	USA-FLORIDA	0.24-0.32	0.30	0.43	0.48-0.80	0.06-0.15	0.06-0.15	0.87-1.02
0.66-0.85	BRASIL	0.20-0.35	0.28-0.35	0.27-0.39	0.48-0.84	0.07-0.19	0.07-0.19	0.66-0.85
0.75	FILIPINAS	0.16	0.23	0.23	1.80	0.15	0.15	0.75
1.11	FILIPINAS	0.37	0.43	0.43	4.10	0.31	0.31	1.11
1.50	BRASIL	0.50	1.10	1.50	1.50	0.20	0.20	1.50
1.13	BRASIL	-	-	-	1.7	0.25	0.25	1.13
1.10	CUBA	-	-	-	2.63	0.46	0.46	1.10
1.14	CUBA	-	-	-	1.86	0.34	0.34	1.14
1.15	CUBA	-	-	-	2.33	0.40	0.40	1.15
0.83	CUBA	-	-	-	1.84	0.25	0.25	0.83
0.44	CUBA	-	-	-	2.36	0.54	0.54	0.44
0.60	CUBA	-	-	-	1.11	0.70	0.70	0.60
0.51	CUBA	-	-	-	2.58	0.54	0.54	0.51
0.66	CUBA	-	-	-	2.05	0.57	0.57	0.66
0.55	CUBA	-	-	-	0.92	0.55	0.55	0.55
0.96	CUBA	-	-	-	1.73	0.49	0.49	0.96
0.53	CUBA	-	-	-	1.10	0.56	0.56	0.53
0.61	CUBA	-	-	-	1.03	0.44	0.44	0.61
0.44-2.24	INTERVALO	0.12-0.58	0.10-0.50	0.12-1.10	0.27-4.10	0.06-0.70	0.06-0.70	0.44-2.24
1.80	AMPLITUD	0.46	0.40	0.38	3.83	0.64	0.64	1.80
0.93	PROMEDIO	-	-	-	1.65	0.27	0.27	0.93

CUADRO 10
EXTRACCION DE MACRONUTRIENTES (KG/TM DE TALLOS)
POR LA CAÑA DE AZUCAR. REVISION MUNDIAL

Como promedio mundial partiendo de esos resultados y obviando diferencias en variedades, ciclo vegetativo, manejo agronómico, clima y edad del tejido empleado en la valoración, se diagnostica el resultado promedio expuesto en el cuadro 11.

CUADRO 11
RANGO Y PROMEDIO MUNDIAL DE EXTRACCIÓN DE
NUTRIMENTOS POR LA CAÑA DE AZÚCAR

ELEMENTO	REPORTES (N°)	RANGO	AMPLITUD	PROMEDIO
N *	54	0,44 - 2,24	1,80	0,93
P	53	0,06 - 0,7	0,64	0,27
K	54	0,27 - 4,1	3,83	1,65
Ca	26	0,12 - 1,1	0,98	0,34
Mg	28	0,10 - 0,5	0,4	0,25
S	19	0,12 - 0,58	0,46	0,29
Si	1	-	-	0,93
Fe **	13	2 - 155	153	42
Mn	19	1 - 37	36	11,6
Zn	19	2,3 - 9	6,7	4,39
Cu	22	0,05 - 27,12	27,07	6,52
B	19	0,04 - 2,52	2,48	1,69
Al	1	-	-	0,3
Na	1	-	-	6
Mo	2	-	-	0,02

Referido a * kg/TM y ** g/TM de caña, respectivamente.

De acuerdo con la información contenida en esos cuadros, el modelo de extracción nutricional promedio para los macro y micronutrientes, respectivamente, es el siguiente:

$$K > N = Si > Ca > S > P > Mg$$

$$Fe > Mn > Cu > Na > Zn > B > Al > Mo.$$

Estableciendo estimaciones con base en los valores promedio de extracción mundial (cuadro 9), y proyectando una producción comercial promedio nacional de caña de 76,2 TM/ha para el periodo 1990-98 (Chaves, 1999), las cantidades de elementos extraídas por estimación por una plantación nacional bajo esos supuestos, son las que se indican en el cuadro 12.

CUADRO 12
EXTRACCIÓN ESTIMADA DE MACRONUTRIMENTOS POR PARTE
DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN UNA PLANTACIÓN PROMEDIO NACIONAL

NUTRIMENTO	EXTRACCIÓN DEL SUELO		
	KG/TM	KG/76,2 TM / AÑO	KG/6 COSECHAS
N	0,93	69,94	419,64
P	0,27 (0,62)	20,57 (47,24)	121,80 (283,46)
K	1,65 (1,98)	124,08 (150,88)	744,48 (905,28)
Ca	0,34 (0,48)	25,57 (36,27)	153,42 (217,63)
Mg	0,25 (0,41)	18,80 (31,62)	112,80 (189,74)
S	0,29 (0,87)	21,81 (66,29)	130,86 (397,76)
Si	0,93 (1,99)	69,94 (151,65)	419,64 (909,92)

El valor entre paréntesis se refiere a su forma absorbible.

NECESIDADES NUTRICIONALES Y POSIBLE RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN

Con base en la información anterior es potencialmente factible identificar como nutrimentos de posible respuesta a la fertilización, los que se indican en el cuadro 13.

CUADRO 13
NUTRIMENTOS CON RESPUESTA POTENCIAL A SU ADICIÓN,
SEGÚN REGIÓN PRODUCTORA DE CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

REGION	GRADO DE RESPUESTA	
	PREFERENCIAL	CIRCUNSTANCIAL
GUANACASTE	N - P - S - Zn	K
PUNTARENAS	N - P - K - S - Zn	-
VALLE CENTRAL	N - P - Ca - Mg	K
SAN CARLOS	N - P - S	K - Ca
TURRIALBA-JUAN VIÑAS	N - P - K - S - Zn	Ca - Mg
PEREZ ZELEDON	N - P - K - Ca - Mg - S - Zn	-

Fuente: Chaves (1996)

Se nota que nutrimentos como el N, P y S presentan respuesta positiva a su adición en todo el país, excepto el S en el Valle Central, cuya respuesta ha sido en general baja en la mayoría de suelos (no todos). El K es de respuesta circunstancial según orden de suelo y variedad cultivada en Guanacaste, Valle Central y San Carlos; aunque de alta respuesta en Puntarenas, Turrialba-Juan Viñas y Pérez Zeledón.

La investigación sobre nutrición de la caña ha prestado especial atención en la última década a la aplicación de zinc al suelo, lo que ha demostrado ser agroindustrialmente favorable.

INVESTIGACIÓN CON FERTILIZANTES

La creación de DIECA en 1982 imprimió un significativo y fructífero impulso y orientación, a la investigación que en materia de nutrición y fertilización se realizó en Costa Rica con el cultivo de la caña de azúcar. Como resultado, ha sido posible definir y establecer superficies de respuesta por ciclo vegetativo, nutrimento y región, tal como se expone en el cuadro 14, las cuales aproximan las dosis de fertilizante comercial donde es factible alcanzar respuesta a su adición al suelo.

Cabe señalar que esas superficies no son estáticas, sino que incorporan el dinamismo que la agricultura en sí misma posee por lo que deben ajustarse en el tiempo, procurando mayor representatividad con respecto a lo que la planta hace al extraer los nutrimentos del suelo.

CUADRO 14
AMBITO DE RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZUCAR (Kg/ha) A LOS
PRINCIPALES MACRONUTRIMENTOS, SEGUN REGION DE CULTIVO EN COSTA RICA

REGION	PLANTA			RETONO 3/			4/		TM/ha 5/
	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	MgO	SO4	CaCO3
GTE Y PUNTARENASI/ VALLE CENTRAL	80-150	60-100	80-100	100-150	50-100	80-140	0	80	0
OCCIDENTAL	120-180	130-160	120-160	150-200	130-160	150-200	40	40	0-1,5
TURRIALBA - SAN CARLOS	110-150	120-200	130-180	120-150	100-150	130-160	40	40	0-1
PEREZ ZELEDON	120-150	150-200	130-180	120-150	180-200	150-180	40	40	1-2
REGIONES ALTAS 2/	160-200	160-200	160-200	160-250	130-150	160-250	60	60	0,5-2
AMPLITUD (MIN-MAX)	80-200	60-200	80-200	100-250	50-200	80-250	0-60	40-80	0-2

1/ En suelos molisoles y algunos vertisoles es recomendable la aplicación de 100-150 kg/ha de n, 100-120 kg/ha de p₂o, 80-100 kg de k₂o/ha.

2/ Alturas mayores de 1000 msnm y ciclo vegetativo superior a 15 meses.

3/ El fósforo se recomienda aplicarlo como complemento en segundo retoño.

4/ Aplicados en caña planta y segundo retoño.

5/ Incorporado al suelo un mes previa la siembra y el segundo retoño (tercer cosecha).

En términos generales, la caña planta y el primer retoño son los ciclos que mayor productividad tienen comercialmente en el país, lo cual va en función directa de su mayor vigor, mejor condición fitosanitaria y riqueza nutricional del suelo; motivo por el cual pareciera lógico reforzar a través de la fertilización el ciclo de los retoños posteriores, donde las necesidades y la respuesta son por lo común mayores, por lo que se sugiere reducir el uso de N y K en el ciclo planta para elevarlos posteriormente, lo cual esta sin embargo, en fase de investigación y revisión actualmente.

Nitrógeno:

Por su función y funcionabilidad en la planta, el N es el nutrimento que mayor cuidado y atención requiere en su empleo, puesto que la adición de dosis excesivas o tardías, pueden afectar la fase de maduración y con ello la concentración de sacarosa en los tallos. Es necesario por tanto, valorar fuentes, dosis, épocas y métodos de aplicación en cualquier programa de fertilización comercial que se establezca.

Se tiene por demostrado en caña de azúcar, que el NO₃⁻ es la forma nitrogenada más absorbida, aún cuando el N se adicione en su forma amoniacal; lo que acontece por las oxidaciones biológicas promovidas por la actividad microbial del suelo. Las formas nítricas (NO₃⁻) parecen ser más rápidamente absorbidas e incorporadas por la planta, respecto a las amoniacales (NH₄⁺) y las ureicas (CO(NH₂)₂). El sulfato de Amonio (21%N y 23,7% S), la Urea (46%N) y el Nitrato de Amonio (33,5%) han mostrado buenos resultados, al igual que el Nitramon (20%N y 8%MgO) como fuentes comerciales de N.

El N es recomendable adicionando en forma fraccionada en períodos que no superen los 90 días luego de la siembra o la cosecha de la planta, cuando hay humedad que estimule los procesos de transformación del producto en el suelo y la germinación y retoño de la planta.

La práctica de quemar las plantaciones de caña para realizar la cosecha, provoca la pérdida de importantes cantidades de N y S por volatilización, los cuales no se incorporan nuevamente al sistema, sino que representa una pérdida neta de esos nutrimentos.

Fósforo:

Conjuntamente con el N son los dos nutrimentos con mayor respuesta a su aplicación en la caña de azúcar, ya que su presencia se traduce en aumentos de tonelaje la mayoría de las veces muy significativos. Su adición en suelos ácidos (Ultisoles) o de origen volcánico (Andisoles) provoca respuestas por lo general muy positivas, acompañadas por el mejoramiento de la productividad (TM/ha) de la caña y también del azúcar (Kg/TM). La presencia de los sesquióxidos de Fe y Al es la causa de la fijación del P en los Ultisoles, en tanto que la presencia de alofanas es la causante de la retención del P en los Andisoles. A nivel industrial es bien conocido, que plantaciones que recibieron una buena fertilización a base de P en el campo, obtienen ventaja en el proceso de fabricación industrial del azúcar al mostrar mejor clarificación de los jugos.

El Triple Superfosfato (46% P_2O_5 y 13% Ca) es la fuente que mejores resultados y eficiencia productiva a obtenido, pese a lo cual el Fosfato Monoamónico (MAP) con 11% de N y 48% de P_2O_5 y el Fosfato Diamónico (DAP) con 16% de N y 48% de P_2O_5 también son favorables como fuentes solubles de acción rápida. El empleo de rocas fosfóricas ha revelado tener ventajas en la caña, en virtud de su lenta liberación y disponibilidad permanente a través de todo el ciclo vegetativo, lo cual resulta favorable por la naturaleza semiperenne del cultivo. Pese a ello, su efecto productivo es inferior respecto al P proveniente de fuentes de alta solubilidad.

Con fundamento en su función y funcionabilidad en la planta, el P debe incorporarse al fondo del surco durante la siembra como lo han demostrado los resultados experimentales. Se han encontrado diferencias al adicionarlo superficialmente, incorporado, al voleo o en el entresurco de la plantación. Los mejores efectos del P se han presentado cuando éste se complementa e interacciona con el encalado, lo cual genera un efecto sinérgico muy favorable, muy superior al alcanzado por los efectos individuales de esos dos componentes.

Potasio:

El hecho de ser el elemento mayoritariamente extraído por la planta de caña, le otorga un papel relevante en los programas de fertilización comercial, aún en aquellas localidades donde pudiera existir alguna suficiencia en su contenido en el suelo. Debe indicarse que a diferencia del N y P, el K rara vez provoca incrementos sustanciales en el tonelaje de materia prima, aunque si se nota una mejora significativa de la calidad de los jugos.

Se asegura que el K afecta directa o indirectamente muchas, sino todas, las funciones bioquímicas y fisiológicas de la planta, siendo considerado uno de los factores que más contribuye para el logro de un mejor crecimiento y una mayor producción de la caña de azúcar (Chaves, 1998c). Los resultados han revelado que el K efectivamente influencia de manera diferencial según sea la dosis, el desarrollo inicial de la planta; a mayor presencia de K mayor tasa de crecimiento. Se ha determinado una correlación inversa entre el contenido de sacarosa y los niveles de azúcares reductores; se encontró también una eficiente inversión de sacarosa por parte de la enzima invertasa, principalmente en condiciones de deficiencia de K. La investigación ha procurado determinar la influencia del ion K sobre la actividad enzimática que regula la biosíntesis de los azúcares en la caña; de lo cual se tiene suficientemente verificado, que la ausencia de cantidades significativas de sacarosa están asociadas con la presencia de altas concentraciones de azúcares reductores (glucosa, fructuosa), los que a su vez correlacionan con la existencia de elevados niveles de invertasa ácida soluble, la cual es muy activa en los tejidos de la caña durante la fase de desarrollo vegetativo.

No se ha observado por otra parte, efectos directos del K en la actividad de la invertasa ácida y la invertasa neutra, a pesar de haber bajas concentraciones del elemento en el medio, lo que más bien promovió una actividad elevada. Se ha concluido con la investigación que la edad fisiológica de la planta ejerció una influencia más decisiva que la promoción por las dosis de K añadidas sobre la actividad de la enzima. La actividad de la invertasa ácida siempre fue mayor que la neutra. Queda evidenciada asimismo, la estrecha correlación existente entre la inversión de sacarosa y la actividad de la invertasa ácida, pues ésta se asocia en la hoja con los bajos niveles de sacarosa.

La experiencia con K ha mostrado diferencias leves en cuanto a dosis, aunque si se observan respuestas diferenciales importantes por parte de los clones, manteniendo los de origen Hawaiano especial avidez por este elemento (Chaves *et al*, 1989c; Chaves y Salazar, 1989a).

A diferencia de lo que acontece con el Nitrógeno y el Azufre, cuya pérdida por volatilización es elevada; la quema (un mal necesario que baja costos de producción y aumenta la eficiencia de la cosecha) permite y favorece la incorporación de sales de K al suelo a través de las cenizas, las cuales sin embargo, generan posteriormente serios problemas en el proceso de cristalización y fabricación del azúcar. Esta vía de restitución del K en el suelo es muy importante y significativa, puesto que reintegra mucho del elemento extraído que de otra manera se perdería con la cosecha y traslado de la materia prima a la fábrica, generando con ello una insuficiencia sistemática.

El K ha mantenido polémica en cuanto a su necesidad, lo cual ha llevado muchas veces a cuestionar la necesidad de su aplicación a través de la fertilización. Lo cierto del caso, es que su función reguladora de la acción enzimática, el balance iónico y el potencial osmótico de la planta, le hacen esencial como elemento complementario para favorecer la actividad del resto de nutrimentos, en especial el N (Chaves, 1998c).

Como conclusión debe señalarse, que el empleo del K responde más a una razón estratégica y de balance nutricional general, que de incremento directo de los rendimientos por su adición. Es por tanto suficiente ubicar y ordenar tres elementos básicos para interpretar su verdadera necesidad: contenido en los suelos cañeros nacionales, requerimientos por parte de la planta y función nutricional y metabólica del elemento.

Calcio:

La planta de caña es una fuerte extractora de este nutrimento, lo cual conduce a su remoción y agotamiento en los suelos, provocando su acidificación, sobre todo en regiones de alta precipitación. La forma más viable desde la perspectiva técnica y económica de adicionar el Ca, es a través del encalado de los suelos, lo cual se ha hecho por muchos años en virtud de que las respuestas de la planta han sido muy positivas a su adición, pero sobre todo muy baratas, ya sea como CaCO_3 , CaOH , CaSiO_4 , dolomita o CaSO_4 , que poseen un amplio potencial, obteniéndose respuestas diferenciales y significativas en cuanto a dosis, variedades, fuentes, localidades e interacción con varios productos como la cachaza.

Es por otra parte, positiva la respuesta alcanzada a la interacción $\text{CaCO}_3 \times \text{P}_2\text{O}_5$ en la mayoría de pruebas experimentales realizadas en el país; lo cual sin embargo, no ha ocurrido en la zona de San Carlos con la variedad PINDAR (Barquero, 1989).

En lo que respecta al encalado de los suelos, los efectos deben esperarse en términos de tiempo (efecto residual) para lo cual deben valorarse sucesivamente varias cosechas; queda asimismo claro, que la dosis recomendada y la periodicidad de las aplicaciones quedan supeditadas al estado químico particular del suelo de referencia, por lo que no hay recetas en este sentido, pese a lo cual las respuestas óptimas obtenidas no han superado por lo general las 1,5 TM de CaCO_3/ha , dosis que debe ser tomada por tanto como referencia. En aquellas condiciones donde el contenido de Ca es bajo y el grado de acidez no tóxico, pareciera razonable fraccionar el uso del CaCO_3 en las cosechas sucesivas, de manera que no toda la cal se incorpore en una sola aplicación.

La práctica ha demostrado también la conveniencia de aplicar la cal al voleo e incorporarlo con la rastra durante la siembra, así como la aplicación en el borde del surco de siembra durante el resto de ciclos vegetativos (retoños).

Magnesio:

Es posiblemente de los seis macronutrientes el menos estudiado en Costa Rica, lo que no implica de ninguna manera que desmerezca importancia en los programas de fertilización, o se interprete esto como que su efecto es agroindustrialmente poco relevante y por tanto despreciable. Es obvia su importancia al formar parte central de la molécula de clorofila, lo que hace intrínseca cualquier argumentación que pretenda minimizar su importancia. Las pruebas de campo realizadas en el país han mostrado efectos positivos en dosis próximas a los 40 kg de MgO/ha (Mesén y otros, 1996a).

La adición de Mg debe mantener bajo regulación otros elementos que pueden verse afectados al generarse una relación catiónica desfavorable, como acontece con el Ca y el K. El empleo de las relaciones catiónicas como criterio de valoración nutricional ha constituido un elemento de vital importancia, en razón de que adecua y establece equilibrios entre elementos que normalmente pueden actuar de manera sinérgica o antagónica, según sea la relación que se establezca entre ellos en función de su concentración en el medio, tal como lo señalara Chaves Solera (1988, 1989, 1991) en sus estudios.

Azufre:

Este nutriente ha tenido una especial atención en materia de investigación en todo el país, lo cual ha permitido comprobar su efecto favorable sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Esta condición se maximiza por el hecho de que su aplicación no implica generalmente gastos extras, en razón de que normalmente actúa como anión acompañante en las fórmulas fertilizantes comerciales, como con el Sulfato de Amonio (23,7% S), la Urea Azufrada (5% S) y el Sul-Po-MAG (22% S).

Por lo general, la mayoría de pruebas experimentales de campo han sido positivas, lo que ha generado incrementos del orden del 2 al 15% en la productividad de azúcar (TM/ha); las dosis de azufre que mejor respuesta han proporcionado se ubican entre 40 y 60 kg de SO_4/ha , aunque en Guanacaste se incrementan hasta 80 kg/ha.

Zinc:

La disponibilidad de este nutriente está condicionada por una serie de procesos geoquímicos entre los cuales se mencionan como importantes: la absorción del elemento en el suelo, el pH, la materia orgánica, la textura y la humedad del suelo. Por lo general, el Zn está más disponible en los suelos ácidos que en los alcalinos, ubicándose su mayor disponibilidad en pH entre 6 y 7. Esta situación permite ubicar las necesidades de acuerdo con las áreas cañeras nacionales.

Algunos autores señalan que las aplicaciones de fertilizantes fosforados pueden inducir deficiencias por la formación de fosfatos de zinc; insuficiencia que también se evidencia en los suelos de textura arenosa. La repuesta verificada como adecuada se ubica próxima a los 25 kg/ha de Zn.

Boro:

Constituye el único elemento no metálico entre los micronutrientes. La mayor parte del nutriente es suministrado por la fracción orgánica del suelo, la cual lo retiene por acomplejamiento en alto grado. El valor de pH influye en la disponibilidad de este elemento, el cual se hace indisponible conforme se incrementa el pH del suelo, lo cual implica que con el encalamiento de un suelo se reduce la solubilidad del B disponible por formación de Metaoratos de calcio insolubles.

Existen pocas evidencias sobre los requerimientos del B por parte del cultivo de la caña, aunque está demostrado que el producto es relativamente inmóvil. Es un nutriente que requiere y merece ser estudiado con mayor profundidad, ya que la información internacional le atribuye importantes respuestas agroproductivas, principalmente en materia de calidad de jugos. Algunas de las investigaciones desarrolladas, han demostrado respuesta positiva a dosis entre 15 y 20 kg del Boro/ha.

USO DE RESIDUOS

La agroindustria azucarera-alcoholera genera varios residuos como resultado de su actividad productiva (Chaves 1985), entre los cuales pueden destacarse los siguientes: a) cachaza o torta de filtro, como resultado del proceso de clarificación del jugo en el proceso industrial de fabricación del azúcar, b) cenizas residuales producto de la incineración del bagazo, c) vinazas como subproducto del proceso de destilación del alcohol y d) bagazo residual de la molienda de la materia prima.

El subsector azucarero ha procurado darle uso racional a esos residuos, con el objetivo de atender técnica y responsablemente las necesidades que en materia de salud pública debe mantener, e incorporar además valor agregado a los mismos, por lo que vienen manejándose en los ingenios con esas metas, incorporando además complementariamente un importante programa de investigación.

Vinaza:

El empleo de las vinazas ocurre básicamente en los ingenios CATSA y Taboga en Guanacaste, ya que son los dos únicos que destilan alcohol carburante (anhidro) actualmente en el país. El gran problema de la vinaza está definido por los grandes volúmenes que se producen (13 l/TM de caña o 3,8 kg de melaza) en un periodo de tiempo relativamente corto; además por sus características poluentes con presencia de un DBO muy elevado.

Las dosis de vinaza que mejor respuesta han alcanzado en el campo, están entre 150 m³ y 250 m³/ha diluida en agua, en una relación 1:1, lo que significa entre 75 y 125 m³ de vinaza pura. No se recomienda sin embargo su empleo en forma pura, ya que se ha demostrado que induce quema de las plantaciones.

Cachaza:

Su empleo es muy importante por su gran riqueza mineral que potencia su empleo como fertilizante complementario y acondicionador de suelo; además de que se producen cantidades importantes en el país (Chaves, 1985) que requieren necesariamente un manejo racional.

La valoración de efectos en el suelo y el medio ambiente en general ha sido importante. La respuesta ha sido bastante variable, puesto que los óptimos en algunos casos se ubican en cantidades próximas a las 6 TM/ha de cachaza fresca (Angulo *et al.*, 1996g) o cantidades muy superiores (Berrocal, 1988). Actualmente los ingenios de Guanacaste están aplicando cantidades próximas a las 150 TM/ha.

FORMAS DE APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES

En materia de nutrición la forma en que se aplique el fertilizante es fundamental en su eficiencia técnica y en la tasa de retorno económico que por su adición se obtenga, por lo cual es importante señalar que en la caña de azúcar existen dos vías para aplicarlo: terrestre y aérea. Asimismo, hay variabilidad en la presentación del producto: granulado al suelo, líquido al suelo y foliar.

Vía terrestre: es la más comúnmente utilizada en Costa Rica por varias circunstancias como: tradición; limitantes por relieve (pendiente); disponibilidad de equipo apropiado; facilidad administrativa; naturaleza y características del cultivo, principalmente referidas a épocas de absorción y cierre de la plantación; eficiencia técnica (mayores pérdidas por la vía aérea); ubicación de las plantaciones en puntos cercanos a centros de población entre otros. Esta vía a su vez emplea dos formas de aplicación: incorporado y superficial. La incorporación del nutrimento se emplea básicamente con el N (como urea), el P y el Ca (encalamiento), en tanto que el resto de elementos se aplican superficialmente, con la opción de incorporarlo a través de la desaporca y la aporca.

Vía aérea: fue común en la zona de Guanacaste hace más de 15 años, pero razones de uniformidad y eficiencia técnica hicieron que el método perdiera importancia. El uso de fertilizantes por la vía foliar es poco común y poco efectiva, pese a lo cual es conveniente evaluarla (Toledo, 1998).

Es importante señalar que el empleo de productos líquidos viene adquiriendo fuerza en los últimos años, principalmente aplicado en seco a través de riego por goteo, lo cual mantiene alta eficiencia técnica y reduce significativamente los costos.

El fraccionamiento de la fertilización es una práctica que si bien puede no redundar en incrementos productivos, sí racionaliza la posible pérdida de nutrimentos por lavado.

PALABRAS CLAVES: fertilización, caña de azúcar

REQUERIMIENTOS DE AGUA Y NUTRICIÓN DE CULTIVOS DE FLORES

Edgar Amézquita

CIAT. Apartado. Aéreo. 6713, Cali - Colombia

INTRODUCCIÓN

El presente artículo reúne una serie de experiencias que el autor ha tenido durante su trabajo como asesor en manejo de suelos para el cultivo de flores. En él se discuten aspectos relacionados con la toma de agua por las plantas, se definen algunos términos y propiedades físicas que son de común ocurrencia en el vocabulario del personal que labora en flores, con el fin de uniformizar y de facilitar la toma de decisiones relacionadas con aplicaciones de agua o de soluciones nutritivas. Se enfatiza, además que los sustratos para flores son en su mayoría predominantemente macroporosos y que por lo tanto la redistribución del agua dentro de las camas tiende a ser vertical y poco horizontal o en forma de bulbo, lo que dificulta el uso de solo riego por goteo y el cual debe ser completado con aplicaciones de agua con manguera (poma).

El agua es el principal constituyente de los seres vivos. Una planta verde posee en su constitución entre un 90% y un 95% de agua. El porcentaje restante (10-5%) lo constituyen las cenizas, las cuales portan los elementos nutritivos. De esta distribución biológica surge el principio de la esencialidad del agua para las plantas.

En la producción de flores, la esencialidad del agua para obtener altos rendimientos es indiscutible, por cuanto el agua produce la hidratación e hinchamiento de las células y ambos fenómenos causan el crecimiento vegetal, por ello en floricultura es necesaria la relación de riegos frecuentes y eficientes.

El agua es además el vehículo de transporte de los elementos nutritivos desde el suelo hasta las raíces y desde éstas a toda la planta. Con el conocimiento, y con la puesta en práctica de estos dos criterios (esencialidad y vehículo de transporte) debe ser manejada el agua en el suelo en floricultura.

Quien maneja el riego debe estar consciente de que tiene en sus manos el factor responsable del 90% de la producción y de la calidad de las cosechas, por eso debe estar permanentemente informado del estado de humedad y de la succión del agua del suelo y de la hidratación de las plantas. Solo así puede controlar cualquier riesgo de deshidratación de éstas, lo cual traería como consecuencia deficiencias en el transporte y distribución de las sustancias nutritivas, con la consecuente disminución en crecimiento y desarrollo y producción (Tabla 1).

La Tabla muestra que cuando la concentración de fósforo es baja (0.1 ppm) la cantidad absorbida de este elemento por 4 plantas (19.2 y 21.1 mg), no fue influida principalmente por la cantidad de agua transpirada absorbida: 0.7 ó 9.3 g de agua. Por el contrario, bajo alta concentración de fósforo (31 ppm) la cantidad absorbida de este elemento por las raíces y tallo, si fue influido por la cantidad de agua transpirada: 0.8 u 8.4 g. En el primer caso (0.8 g) la absorción total de fósforo de 14.1.9 mg y en el segundo caso (8.4 g) de 414 mg. De lo anterior, se concluye que ambas: cantidad de agua transpirada y concentración de nutrientes en la solución, son igualmente indispensables para la nutrición de las plantas.

En el proceso de transpiración, en el cual es regido por la demanda atmosférica imperante bajo los invernaderos, el agua debe moverse desde el suelo a las hojas y de éstas a la atmósfera en las cantidades que el déficit de saturación del vapor del agua de la atmósfera lo reclame.

Para que este proceso se realice sin limitaciones, debe haber en el suelo suficiente cantidad de agua y poseer éste rápida capacidad de transmisión de ésta (alta conductividad hidráulica no saturada), para que el movimiento se produzca a las velocidades creadas por la demanda atmosférica.

Tabla 1. Influencia de la transpiración en la absorción de fósforo para fresa

Concentración de P en	0.1		31	
Agua transpirada (g)	0.7	9.3	0.8	8.4
P – Absorbido (mg/4pl)				
Raíz	7.5	9.6	62.1	123
Tallo	11.7	11.5	79.8	291
Total	19.2	21.1	141.9	414

Si falla en el suelo la disponibilidad del agua (cantidad) o su velocidad de movimiento (conductividad), la planta sufre deshidratación en menor a mayor grado y por lo tanto se afecta negativamente la nutrición de la planta y su productividad.

Desde hace mucho tiempo se conoce que por el xilema la planta transporta en forma ascendente el agua y las sustancia nutritivas (sales inorgánicas y algunas sustancias orgánicas) hacia las hojas. Allí estas sustancias son utilizadas para formar sustancias orgánicas (fotosintetatos) de diferente grado de complejidad que bajan de nuevo a la raíz y que se distribuyen en la planta por los conductos del floema (Figura 1).

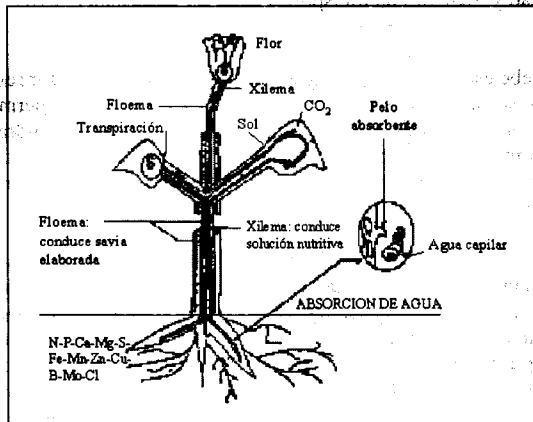


Figura 1. Esquema simplificado de la absorción y translocación de nutrientes

En los conceptos emitidos en el párrafo anterior, radica el principio de producción eficiente de cultivos, el cual en forma práctica se puede resumir así: por el xilema asciende la solución nutritiva (agua + nutrientes), en las hojas gracias al fenómeno de fotosíntesis se producen fotosintetatos que son distribuidos por el floema para nutrir las plantas y hacerlas producir.

Para que esto ocurra, es necesario que en ningún instante se presenten deficiencias ni nutricionales ni de agua a nivel de suelo. El manejo de suelos por eso tiene como uno de sus objetivos evitar que se presenten limitaciones en el proceso de absorción de agua y de nutrientes por las plantas.

El proceso de transferencia de agua (solución nutritiva) dentro del sistema suelo planta Π atmósfera es gobernado por fenómenos capilares y regido por principios de termodinámica y de cambios en el potencial hidráulico dentro del sistema. Para que el fenómeno de absorción de agua y de nutrientes se dé, es necesario que haya continuidad en el tamaño de los poros de la interface suelo – planta (xilema). Si falla la continuidad, falla la absorción. Absorción es el proceso mediante el cual un elemento (M) pasa del sustrato (suelo, solución nutritiva) a cualquier parte de una célula viva (pared, citoplasma o vacuola).

Los requerimientos de agua por los cultivos, deben verse desde esta panorámica y por la influencia de las propiedades físicas del sustrato con los principios expuestos. Solo así, es posible solucionar los problemas de productividad y de calidad de los productos florales exportables.

DEFINICIONES ÚTILES PARA EL MANEJO DE SUELOS EN FLORICULTURA

Capacidad de Campo: Cantidad de agua (porcentaje de humedad) que queda en el suelo después de que éste ha sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar por 48 horas evitando que haya pérdidas por evaporación. En suelos mezclados con cascarilla y con escoria o con ambas, la capacidad de campo se puede alcanzar después de 4 a 6 horas de haberse regado abundantemente por ser predominante macroporosos.

Punto de Marchitez: Cantidad de agua (porcentaje de humedad) que queda en el suelo después de que las plantas que en él crecen, mueran por deshidratación.

Punto de Marchitez Temporal o Punto de Marchitez Agronómico: Cantidad de agua o porcentaje de humedad que hay en el suelo cuando las plantas empiezan a mostrar síntomas de pérdida de turgencia por deshidratación a medio día, cuando se sucede la mayor intensidad lumínica y ocurren las más altas temperaturas.

Agua Util a Agua Disponible: Cantidad de agua que contiene el suelo y que puede ser utilizada por la planta. Desde el punto de vista práctico es la cantidad de agua que se almacena en el suelo entre capacidad de campo y punto de marchitez temporal. En éste volumen de agua se encuentra presente los nutrientes que utilizan las plantas, sea que provengan del suelo o de los fertilizantes, es la solución nutritiva del suelo.

Humedad Gravimétrica: Expresión porcentual de la cantidad de agua que posee el suelo expresada en función de peso. Está asociada con la textura y con la mezcla de mejoradores físicos (cascarilla y/o escoria) que se haya utilizado y con la frecuencia del riego. Es de poca utilidad agronómica.

Humedad Volumétrica: Expresión porcentual del contenido de humedad del suelo en función de volumen de agua sobre volumen de suelo. Es de gran utilidad agronómica porque permite llevar el contenido de humedad a términos de lámina de agua.

Lámina de Agua: Expresión del contenido de la humedad del suelo en términos equivalentes a altura de agua. Entre mayor sea la lámina a capacidad de campo, mayor es la disponibilidad de agua para las plantas y mayor la frecuencia entre riegos sucesivos.

Capacidad de Almacenamiento: Cantidad de agua que es necesario aplicar a un suelo para elevar su contenido actual hasta capacidad de campo.

Riego: Acción de aplicar agua a un suelo para elevar su contenido de humedad hasta capacidad de campo con el fin de que el cultivo disponga del máximo de agua aprovechable. Esta acción implica que haya mojamiento del suelo en la profundidad en que crecen las raíces.

Frecuencia de Riego: Período de tiempo generalmente en días, que debe transcurrir entre la aplicación de un riego y la necesidad de volver a aplicar otro. Es variable en época de lluvias o de verano.

Tiempo de riego: Tiempo que debe transcurrir para aplicar al suelo la cantidad de agua que éste requiere para llegar a capacidad de campo.

Aforo: Determinación de la cantidad de agua que por unidad de tiempo está entregando el sistema de riego al suelo bien sea por cacho, flauta, goteo, microaspersión, etc. Es indispensable hacer aforos diarios para poder saber con cuanta agua se riega cada cama. Por la falta de aforo se cometen muchos errores en riego y en fertilización.

Agotamiento de Agua: Disminución del contenido de agua del suelo en función de tiempo, por el uso que de ella hacen las plantas durante el proceso evapotranspirativo.

Perfil de Humedad del Suelo: Distribución del contenido de humedad del suelo en profundidad por capas u horizontes.

Fertilización: Aplicación de sales solubles que contienen los elementos nutritivos, en el agua de riego. Se cumplen dos principios fertilización y aplicación de agua.

Solución Nutritiva de Suelo: Medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes que debe tomar la planta. La dinámica del proceso de absorción de nutrientes de esta solución junto con la fotosíntesis, constituye los fenómenos básicos para el crecimiento, desarrollo y producción vegetal y, por lo tanto, del negocio de la agricultura.

Riego de Refrescamiento: riego que se aplica a las plantas recién sembradas o plantas en crecimiento, cuando la evapotranspiración es muy elevada a medio día, con el propósito de que no se deshidraten. Generalmente se aplica con poma. Las cantidades de agua que se utilizan son bajas.

Riego de Lavado: Cantidad de agua que es necesario aplicar en exceso de capacidad de campo para lavar las sales presentes en el suelo. Generalmente se utiliza un 25 a 50% de agua adicional.

Mojamiento del Suelo: Capacidad del suelo de imbibirse de agua y de transmitirla en profundidad cuando se riega. El riego cumple su objetivo cuando logra mojar el suelo. Es muy común encontrar suelos que a pesar de que se riegan no se mojan. Es indispensable que el técnico evalúe permanentemente la profundidad de mojado de su suelo y no confíe de que porque está regado está mojado el suelo.

Conductividad Hidráulica: Capacidad del suelo para transmitir el agua por su sistema poroso, tanto cuando el suelo está saturado (conductividad a saturación), como cuando no lo está (conductividad no saturada). La nutrición de las plantas depende mucho de la conductividad hidráulica no saturada y de la composición de la solución del agua del suelo.

Espacio Aéreo: Fracción de la porosidad total no ocupada por agua cuando el suelo está a capacidad de campo. Cuando un suelo está inundado su espacio aéreo es cero, cuando está totalmente seco, el espacio aéreo es igual a la porosidad total. Para flores un buen espacio aéreo a capacidad de campo debe estar entre 20% y 25%.

Densidad Aparente: Es la relación masa/volumen del suelo. Si la densidad aparente es alta (Ej.; 1.45 g/cc) el suelo está compactado y las raíces de las plantas no pueden crecer. Por el contrario un suelo de baja densidad aparente (Ej.; <1.0 g/cc) es un suelo ligero de alta porosidad que facilita la penetración de las raíces.

Porosidad Total: Es la relación que existe entre el volumen total de poros que tiene un suelo y el volumen de la parte sólida del mismo. Se calcula a partir de la densidad aparente y de la densidad de partículas. Una porosidad alta (Ej.; >55%) garantiza que el suelo es poroso. Pero no necesariamente su funcionamiento en relación con el crecimiento de las plantas, para ello es necesario dividir la porosidad total en clases de poros. Por ejemplo los macroporos son poros grandes que no retienen agua pero sirven para dar aireación al suelo, solo por ellos crecen las raíces. En los mesoporos se almacena "agua aprovechable" por las plantas, por lo tanto de su presencia y abundancia depende la nutrición constante y equilibrada de los cultivos. Los microporos no son importantes desde el punto de vista de agua por que son demasiados pequeños, pero en ellos, se realizan las reacciones de reducción del Fe y del Mn, los cuales son esenciales y asimilables en forma reducida.

Un buen suelo para floricultura debería contener alrededor de 20% - 25% de macroporos; 20% - 25% de mesoporos y 15% - 20% de microporos. Llegar a conseguir estas proporciones no es fácil, pero la filosofía de preparación de suelos y de camas debe tender a buscar ese fin. Como conclusión, debe tenerse en claro que no es solo la porosidad total, la propiedad que ayuda a obtener buenas cosechas, sino la distribución adecuada de los poros dentro de esa porosidad, la que determina el comportamiento nutritivo y funcional del suelo para las plantas de flores.

Perfil Cultural del Suelo: Es la descripción y cuantificación de las propiedades, químicas y biológicas, que presenta la parte superior del suelo, en relación con la capacidad del suelo para producir cosechas abundantes y rentables bajo determinadas condiciones de clima y de manejo.

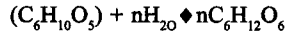
APLICACIONES DE AGUA EN FLORICULTURA

Importancia del agua para las plantas

Los organismos vivos por haberse originado y evolucionado en ambientes acuosos, son absolutamente dependientes del agua: Sin la presencia del agua, la vida como se conoce, no existiría.

El agua es esencial para las plantas por las siguientes razones:

- a. Es un constituyente primordial para el protoplasma celular, llegando a ocupar hasta 95% de su constitución. Cuando el protoplasma se deshidrata, deja de ser activo y por debajo de cierto límite de contenido de agua muere. Esto ocurre, por que las sustancias orgánicas hidratadas (carbohidratos, proteínas, ácidos, nucleicos, etc.), que se hallan en el protoplasma cambian sus propiedades físicas y químicas al perder el agua.
- b. El agua participa directamente en numerosas reacciones químicas que ocurren dentro del protoplasma. Las reacciones de hidrólisis y condensación, son importantes en varios procesos metabólicos, tales como la interconversión de carbohidratos.



Almidón

Glucosa

- c. El agua es el solvente en el cual muchas sustancias están disueltas y en el cual se llevan a cabo reacciones químicas.
- d. Gran parte del agua en las plantas, se presenta en las vacuolas siendo las responsables de mantener la turgidez de las células y por lo tanto de toda la planta.
- e. Las láminas delgadas y continuas de agua que rodean cada célula de la planta, crean microespacios entre el material sólido y la pared celular, permitiendo la entrada y movimiento de sustancias a través de la planta.
- f. El agua es el medio en el cual se mueve las sustancias disueltas en xilema y floema. Es el medio en el cual los gametos móviles efectúan la fertilización y en el que se sucede la diseminación de esporas, frutos y semillas,

El consumo de agua por los cultivos agrícolas normalmente se refiere a toda el agua perdida a través de las plantas por transpiración y gutación, del suelo por evaporación más el agua retenida en los tejidos vegetales.

El agua retenida por los tejidos vegetales es alta, sin embargo, es generalmente menor del 10% del total de agua evapotranspirada durante el ciclo de crecimiento de un cultivo. La figura 1, muestra diagramáticamente las cantidades relativas de agua transpirada, retenida y consumida por el maíz.

Agua del suelo

El agua en el suelo es retenida por fuerzas de adhesión, cohesión y capilaridad. El fenómeno de adhesión ocurre cuando láminas moleculares de agua se ponen en contacto con partículas del suelo, el de cohesión cuando más láminas de agua se unen a las láminas adheridas y el de capilaridad cuando las láminas cohesionadas encuentran los capilares (poros) del suelo.

Desde el punto de vista agrícola es interesante considerar tres tipos de tamaño de poros en el suelo; macro, meso y microporos. Por los primeros el agua se mueve libremente obedeciendo a la ley de gravedad. Son los poros de drenaje y de aireación del suelo. Por otro lado, son los poro por los cuales crecen los pelos radiculares, se constituyen así, en definitivos para permitir el desarrollo de las raíces y con ello de contribuir a la capacidad de absorción de agua y de nutrimento por las plantas.

El consumo de agua por los cultivos agrícolas normalmente se refiere a toda el agua perdida a través de las plantas por transpiración y gutación, del suelo por evaporación más el agua retenida en los tejidos vegetales.

En los segundos, los mesoporos, se almacena el agua aprovechable, la cual es definida como la cantidad de agua (volumen o lámina), que ocurre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). La capacidad de campo, es la máxima cantidad de agua (%) que un suelo puede retener contra la gravedad después de que se ha mojado abundantemente y ha drenado por 48 ó 72 horas. Preferiblemente debe determinarse en el campo con las condiciones de manejo de suelos de cultivos existentes.

El PMP se ha definido como la cantidad de agua presente en el suelo cuando un cultivo se marchita permanentemente. Involucra muerte en la planta en una atmósfera de alta humedad relativa (cerca al 100%). Agronómicamente debe determinarse el punto de marchitez temporal (PMT) que corresponde al contenido de humedad el suelo cuando los cultivos en el campo pierden la turgencia al medio día.

Usualmente estos puntos de humedad tan importantes, se han determinado en el laboratorio sometiendo muestras disturbadas o indisturbadas a equilibrio con presiones correspondientes a 0.3 (CC) y 15 (PMP) bares (30 y 1500 K Pa), sin embargo, esta metodología no puede ser tan precisa como hacerlo con las condiciones de campo y de manejo en que esté trabajando.

La interpretación agronómica del agua presente en los mesoporos, depende de qué tan grande es la diferencia de contenido de humedad volumétrica entre CC y PMT. Por ejemplo, un suelo que presente una diferencia de 20% tendrá una humedad aprovechable mayor que otro cuya diferencia sea de 15%. Para fines prácticos de uso consuntivo estos valores deben convertirse a términos de lámina multiplicado la humedad aprovechable en términos unitarios (0.20 a 0.15) por la profundidad de enraizamiento.

Un ejemplo, ilustra mejor esta situación si para ambos casos se considera una profundidad de:

25 cm.

$25 \text{ cm.} \times 0.20 = 5.0 \text{ cm.}$

$25 \text{ cm.} \times 0.15 = 3.75 \text{ cm.}$

El primer suelo tendrá una lámina correspondiente a 5.0 cm., y el segundo de 3.75 cm. a una profundidad de 25 cm.

En la interpretación también debe tenerse en cuenta el clima o demanda atmosférica bajo la cual crece el cultivo.

Los microporos aunque son muy importantes desde el punto de vista mineralógico, no lo son desde el punto de vista agrícola funcional.

MOVIMIENTO DE AGUA DENTRO DEL SISTEMA SUELO -PLANTA -ATMÓSFERA

El movimiento del agua dentro del sistema suelo-planta-atmósfera, obedece a diferencias de potencial de humedad entre los componentes de este sistema. El potencial de humedad en la atmósfera es creado por el comportamiento instantáneo de la humedad relativa. Cuando la humedad relativa es baja (medio día) se produce un potencial atmosférico más negativo y aumenta la demand transpirativa de los cultivos. Si la conductividad hidráulica del suelo y de la planta es alta

el agua fluye dentro del sistema para suplir la demanda transpirativa, pero si es baja, la rata de flujo es baja y la planta tiende a ceder agua de sus tejidos perdiendo su turgidez y originando el punto de marchitez temporal.

Una planta que pierde turgidez disminuye o anula su actividad fotosintética y por lo tanto, deja de producir materia verde afectándose negativamente los rendimientos.

TIPOS DE RIEGO EN FLORICULTURA

Riegos presiembra

En floricultura, dependiendo de qué tan fácil se moja el suelo y de las necesidades de agua que presentan los cultivos, de acuerdo a su estado de desarrollo, se deben dar riegos pesados que lleven el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo por lo menos hasta unos 20 cm. o 30 cm. de profundidad o suministrar riegos suaves o ligeros que ayuden a mantener el suelo a capacidad de campo.

En suelos con características de livianos o francos el riego presiembra puede ser pesado, pero en suelos de comportamiento arcilloso debe ser ligero para evitar que en la labor de siembra, se adhiera el suelo a las manos a los operarios y se dificulte la labor.

Después del riego de presiembra el suelo debe quedar mojado suficientemente (sin exceso) por lo menos hasta la profundidad que tengan las raíces de las plantas que se van a sembrar, para evitar que el prendimiento sea poco o no se dé por falta de mojamiento del suelo.

El riego de presiembra debe mojar al suelo en profundidad (es necesario evaluarlo en el campo) y debe ser hecho 2 ó 3 días antes de la siembra en suelos arcillosos y de 1 a 2 días antes de la siembra, en suelos livianos o medios.

El objetivo principal del riego presiembra es el de mojar el suelo en profundidad, para poderlo manejar en el futuro con riegos complementarios. EL riego presiembra puede hacerse con flauta o aspersión. En cualquiera de los casos debe evitarse que el agua aplicada golpee con alta intensidad la superficie del suelo para evitar el encostre superficial.

Riegos refrescantes

El riego de refrescamiento se hace en floricultura con el objetivo de mantener una humedad relativa alta alrededor de las plantas recién sembradas o estresadas, para que no se deshidraten. Este riego humedece muy superficialmente al suelo, el agua se pierde muy rápidamente por evaporación y no ayuda al mantenimiento de un buen nivel de humedad en el suelo (cercano a capacidad de campo) en profundidad.

El riego de refrescamiento es absolutamente indispensable en floricultura en las etapas de prendimiento y en los días calurosos (hacia medio día). En ambos casos para controlar la deshidratación de las plantas y no para mojar el suelo. Puede hacerse con poma, flauta o aspersión, es un riego de corta duración que moja planta y superficialmente al suelo.

Riego de producción

Es el riego diario o interdiario que se aplica a los suelos que se cultivan con flores, para que las plantas dispongan de la cantidad adecuada de agua que necesitan para su crecimiento y desarrollo.

El crecimiento de las plantas se basa en la hidratación, hinchamiento y estiramiento de las células, gracias al ingreso del agua absorbida por las raíces, la cual como se explica en la introducción es, además portadora de elementos nutritivos y otra sustancias indispensables para crecimiento y desarrollo de los vegetales.

El riego de producción debe cumplir con el objetivo de mantener tan permanentemente como sea posible el contenido de humedad del suelo a/o muy cerca de capacidad de campo. A capacidad de campo el agua es muy fácilmente tomada por las raíces y transportada a la parte aérea. A capacidad de campo la conductividad hidráulica no saturada, es la más alta que se puede poseer en el suelo, en condiciones normales de producción vegetal. Cuando el contenido de humedad del suelo disminuye de capacidad de campo, por haber sido absorbida por los cultivos, la conductividad hidráulica se hace menor y por lo tanto también la transmisión de agua del suelo hacia las raíces y se puede originar déficit de agua en las plantas.

FRECUENCIA DE RIEGO

La frecuencia de riego depende de sus objetivos. EL riego de refrescamiento debe hacerse tan frecuentemente como lo requieran las plantas recién sembradas o aquellas que estando en estado más avanzado de desarrollo productivo o vegetativo estén perdiendo su turgencia. La pérdida de turgencia es una manifestación de la alta demanda evaporativa impuesta por las condiciones climáticas de alta temperatura y alta luminosidad que se presentan en los invernaderos. En el riego de producción, la dotación de agua debe ser permanente y siempre enfocada a devolver al suelo el agua necesaria para llevarlo de nuevo a capacidad de campo. En producción de flores, es conveniente hacer riegos diarios en lugar de hacerlos interdiarios a cada dos días. Inclusive hoy se tiende a hacer varios riegos cortos durante el día (Figura 2 y 3). Las gráficas claramente muestran cuando se aumenta la frecuencia de riego, de un riego cada dos días a dos riegos diarios, los rendimientos del clavel se aumentaron más que cuando se incrementó la concentración de la solución de ~ 2 , aunque para la combinación frecuencia - concentración siempre hubo efecto positivo

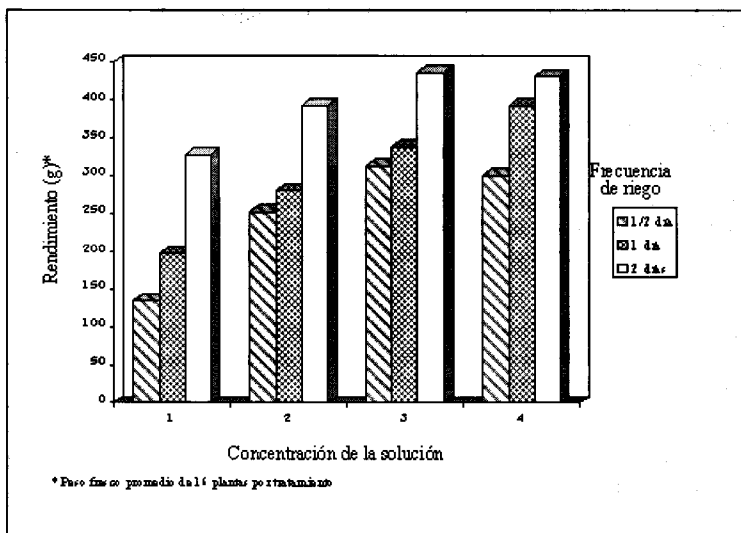


Figura 2. Influencia de la concentración nutritiva y de la frecuencia de riego en los rendimientos de clavel

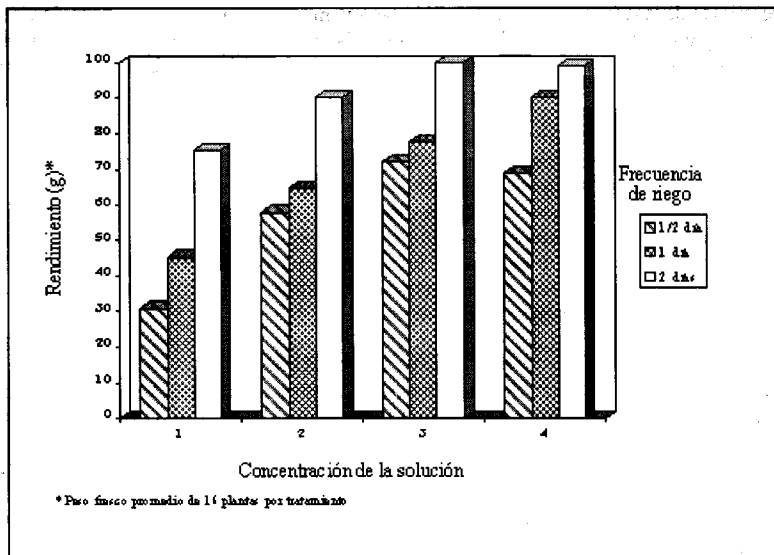


Figura 3 Influencia de la concentración nutritiva y de la frecuencia de riego en los rendimientos de clavel

La importancia de hacer riegos frecuentes, radica fundamentalmente, en que permanentemente se le está devolviendo al suelo el agua que ha sido tomada por los cultivo y por lo tanto, siempre tendrá agua disponible y por otro lado, en que teniendo el suelo buen contenido de humedad, no se disminuye tan drásticamente la conductividad hidráulica como cuando el suelo se seca.

Cantidad de agua en cada riego

La cantidad de agua que se debe suministrar en cada riego depende de la cantidad de agua consumida del riego anterior. El suelo tiene una capacidad de almacenamiento hasta capacidad de campo, el riego debe completar el agua actual, hasta restituir de nuevo el contenido a capacidad de campo.

Lo anterior lleva a concluir que si las condiciones climática imperantes son similares día tras día, los requerimientos de riego son iguales, pero si ellas son variables los requerimientos de riego también lo son. Se recomienda en días nublados aplicar menos cantidad de agua que en días brillantes.

En producción de flores está utilizando como criterio aplicar 1 m³ por cama (30 m. X 1.3 m.) por semana. Aunque esto ha dado buenos resultados carece de un análisis mas profundo de utilización y eficiencia de uso de agua y de solución nutritivas.

Posiblemente esa cantidad sea buena para algunos suelos y algunos cultivos pero no para todos los suelos y cultivos. Cuando se aplica semanalmente (7 días) 1 m³ de agua se está haciendo una aplicación equivalente aproximada de 143 litros/día/cama o 3.96 mm/día, lo que equivaldría a la evapotranspiración diaria.

Cálculo de la cantidad de agua para cada riego

La cantidad de agua a aplicar en cada riego (riego de producción) depende del consumo de agua (uso consuntivo) que haya habido desde la última vez que se regó, o sea, del agotamiento del agua del suelo desde el riego anterior el cual depende de la intensidad con que las fuerzas evapotranspiratorias hayan actuado sobre el sistema suelo-cultivo.

Hay dos formas técnicas de calcular la cantidad de agua que ha sido consumida:

1. Determinación del contenido actual de agua del suelo.
2. Determinación de la cantidad que se haya evapotranspirado desde el último riego al momento actual.

Tabla 2. Datos obtenidos en suelos de la Sabana de Bogotá

Profundidad cm	Capacidad de campo	Punto de marchitez agronómico	Agua aprovechable	Lámina de Agua aprovechable	
	(%) θ_v	(%) θ_v	(%)	cm.	mm.
0-7	32	17	15	1.05	10.5
7-25	31	18	13	2.34	23.4
25-40	29	16	13	2.40	24.0

Nota: Capacidad de campo y punto de marchitez deben ser determinados directamente en las camas del cultivo.
 θ_v = Humedad volumétrica, % agua aprovechable = % CC - % PMA
 Lámina aprovechable = agua aprovechable/100 * profundidad

Se explicará cada uno de estos puntos:

Determinación del contenido actual de agua del suelo

A medida que pasa el tiempo desde el último riego, las plantas están tomando agua y nutrientes a cada instante durante el día para poder formar biomasa a través del proceso fotosintético. El agua disponible del suelo, la cual es absorbida por las raíces para ser transpirada, empieza a agotarse en función del tiempo y de la profundidad de acción de las raíces, hasta alcanzar valores tan bajos que ya las raíces no pueden absorberla, necesiándose por lo tanto recargar de nuevo el agua consumida.

Supóngase que en la caracterización del perfil físico del suelo, se obtuvieron los datos de la tabla 2 (estos datos son comunes en camas con cascarilla en la Sabana de Bogotá):

Supóngase ahora que a las mismas profundidades se tomaran de humedad del suelo 3 días después de haber regado el suelo y de haberlo llevado a capacidad de campo y que se encontraron los siguientes contenidos de humedad gravimétrica: 32.5%, 26.8% y 19.5% respectivamente desde la capa superior a la más inferior. Se desea entonces saber cuánta agua en función de lámina se ha consumido y con cuánta agua debe regarse para llevar de nuevo el suelo a capacidad de campo. (Tabla 3)

Tabla 3. Cálculo de la lámina aplicar.

Prof cm	C. de C (%θv)	Humedad actual (%θv)	Densidad aparente (g. cm ⁻³)	Humedad actual (%θv)	Humedad consumi- da (%θv)	Lámina consumi- da (cm)	Lámina consumi- da (mm)	Lámina a aplicar (mm)
0-7	32.0	31.5	0.70	22.05	9.95	0.69	6.97	6.97
7-25	31.0	35.8	0.75	26.85	4.15	0.75	7.50	7.50
25-40	29.0	35.4	0.82	29.02	0.00	0.00	0.00	14.77

Nota: Humedad gravimétrica (%θv) se determina en laboratorio
 Densidad aparente (Pa): se puede determinar %θv = %θw x Pa.

De lo anterior se puede concluir:

- Que en los tres días que han transcurrido se han consumido: 4.8 mm/día igual a 14.47/3.
- Que para volver a llevar el suelo a capacidad de campo es necesario aplicar después de tres días una lámina de 14.447 mm (14.47L/m²); 520 L/cama de 36 m².
- Que la lámina debe mojar el suelo hasta una profundidad de 25 cm, ya que a más profundidad el suelo permanece a capacidad de campo.
- Que para comprobar si el agua penetró a esa profundidad, es necesario chequear la profundidad de humedad con barrenos de tubo hasta 25 cm.
- Que las raíces activas están consumiendo solución nutritiva (agua del suelo) de las dos primeras capas: aproximadamente 1 mm de agua por cada cm. de suelo de la primera capa y 0.42 mm de agua por cm de suelo de la segunda capa.

El principal problema que surge cuando se hace muestreo para determinar el contenido de humedad actual del suelo es que debe transcurrir mínimo 24 horas para poder secar las muestra en laboratorio a 105°C - 110°C, es decir, que siempre habrá un retraso de un día respecto al conocimiento de la humedad actual.

Para evitarse este problema se han ideado aparatos, como los bloques en yeso, los de nylon o los tensiómetros, mediante los cuales una vez se hayan hecho correlaciones entre la humedad actual del suelo y la lectura correspondiente es estos aparatos, es posible conocer el porcentaje de humedad que servirá para hacer los cálculos.

Determinación de la cantidad de agua evapotranspirada

En agricultura tecnificada bajo riego, se han desarrollado una serie de formulaciones matemáticas que correlaciona la evaporación en tanque "A", con algunos de los parámetros climáticos que la determinan. Así, se ha determinado la evapotranspiración potencial para todos los sistemas de riego en el mundo. La degradación por salinidad de casi todos esos sistemas, muestra claramente que la consideración de los factores de suelo que tienen que ver con almacenamiento y transmisión de agua, es la principal causa de su falta de sostenibilidad. Con el propósito de obviar los problemas mencionados y de desarrollar nuevas metodologías para hacer un riego más eficiente es necesario hacer una caracterización física de suelo de las camas, mediante la cual es posible construir, un diagrama para el cálculo de lámina de riego a partir de los parámetros básicos de agotamiento de agua en función de tiempo y de evapotranspiración.

A manera de ejemplo, se presenta el monograma siguiente. En el lado izquierdo aparece el contenido de humedad prometido de capacidad de campo (30%) y de punto de marchitez temporal (19%) (Figura 4).

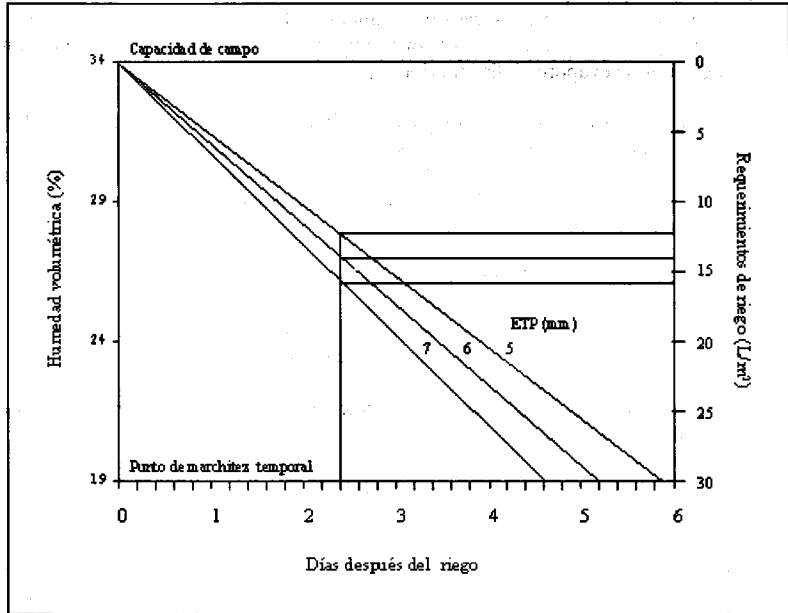


Figura 4. Requerimiento de riego

En la parte baja (horizontal) del gráfico aparece el número de días que transcurrirían para que se agote el agua disponible del suelo, en función de la demanda evapotranspiratoria, interpretada para días brillantes (ETP-7 mm/día), días claros (ETP 6mm/día) y normales (ETP 5mm/día). Hacia el lado derecho aparece en la línea vertical la cantidad de agua expresada en función de mm/mm² que es necesario aplicar con el riego para devolver el contenido de humedad a capacidad de campo.

Ejemplo: supóngase que las camas se llevaron a capacidad de campo, aplicado 30 mm de agua/m² (30mmx30 m² = 900L/cama) después de que ellas habían alcanzado el punto de marchitez temporal (el dato de 30mm procede de la escala de la derecha) y que han transcurrido 3 días después del riego

Se desea saber con cuánta agua es necesario regar si los días han sido normales (5 mm ETP), claros (6mm ETP) y brillantes (7 mm ETP).

Entrando por el eje de la "x" se encuentra el día 3, se traza una vertical que corte las líneas oblicuas de agotamiento de agua en términos de ETP que se ha estado presentando, se traza una paralela al eje "X", donde esta paralela corta la vertical de la derecha se encuentra la cantidad de agua que por m² se debe aplicar, la cual multiplicada por el área de la cama, dará la dosis de riego a aplicar. En este caso, si los días son normales se debe regar cada 3 días con 15 L/m², si son claros son 18 L/m² y si son brillantes con 21 L/m².

Dentro de la metodología de determinar el agua evapotranspirada podría mencionarse la siguiente, que por su facilidad de aplicación puede implementarse:

En uno, dos o más bloques representativos de las condiciones de cada uno de los cultivos de flores que se proceden, poner por lo menos tres tinas grandes de 40 cm a 60 cm de diámetro por 25 cm a 35 cm de altura con agua y evaluar diariamente por medio de una regla graduada en mm, la cantidad de agua que se evaporó el día anterior.

Esta lectura debe hacerse a las 7 a.m. para que el director del cultivo o la persona que él designe haga los cálculos de cantidad de agua con que es necesario regar y de la orden correspondiente. El calculo a hacer es el siguiente: basta multiplicar los milímetros perdidos por evaporación por el área de la cama, para obtener la cantidad de litros que hay que aplicar por cama ya que un mm. Evaporado equivale a 1l/ m².

La determinación diaria de la cantidad de agua perdida el día anterior, corresponde al agua evaporada y no a la evapotranspiración, que generalmente es menor por el efecto que la cobertura vegetal ejerce sobre la evaporación. Poco a poco el técnico del cultivo y asesor irán ajustando el efecto de la cobertura para condición específica de empresa y cultivo.

Para llegar a evapotranspiración es necesario multiplicar con el valor obtenido de evaporación por un coeficiente inferior a 1.0.

CUIDADOS ESPECIALES PARA EL RIEGO

La acción de regar es la que más repercute en la producción de los cultivos de flores. Hay una relación directa y altamente significativa entre agua disponible en el suelo con la fotosíntesis y la producción. Si no hay en el suelo suficiente agua disponible no habrá formación de biomasa y por lo tanto no habrá producción o será muy baja, por esto es por lo que debe darse especial cuidado a la práctica del riego. Los siguiente puntos deben tenerse en cuenta:

1. Calcular lo más acertadamente posible la cantidad de agua con que es necesario regar.
2. Asegurarse que esa agua entre efectivamente al suelo hasta una profundidad de 20 cm. y que no se pierda por escorrentia superficial para posteriormente mojar los caminos y no las camas.
3. Para que el agua entre efectivamente en el suelo, éste no debe presenta costras superficiales que proporcionen más la escorrentia que el mojamiento. Si el suelo está encostrado o se encostra es necesario escarificarlo permanentemente.

El tiempo entre una superficie y la siguiente depende del suelo (estabilidad estructural) y de la intensidad con que se aplique el agua (golpe con que el agua impacta al suelo).

4. Para poder dosificar bien el agua que se va a aplicar es necesario hacer aforos permanentes hasta que se tenga seguridad de la cantidad de agua con que se riega.

Al aforo debe hacerse con plena conciencia y representatividad de las condiciones en que se está regando.

Cuando se riega por pomas, por aspersión o por microaspersión deben colocarse unos 10 recipientes de 10 cm. a 15 cm. de diámetro en varias posiciones para evaluar la cantidad de agua con que se está regando. La evaluación se hace en función del tiempo de riego. Los resultados obtenidos deben permitir el hacer los ajustes necesarios para poder aplicar con uniformidad la cantidad de agua que se ha planeado aplicar.

Cuando se riega con cacho o flauta se deben hacer aforos diarios. El técnico debe quedar satisfecho cuando en función de un tiempo dado se coseche en un tanque el volumen de agua correspondiente a ese tiempo.

A manera de ejemplo se presenta la siguiente tabla, pero el técnico debe elaborar su propia Tablas 4, para el sitio donde está regado. El aforo del ejemplo supone que se está utilizando un recipiente de 20 litros dependiendo de la apertura del registro se llena en 15, 20... 50 segundos, con estos datos se construye el cuerpo de la tabla asumiendo que el regador se demore 5, 6, 7 u 8 minutos regando una cama.

5. Solo se puede estar seguro de que se ha regado efectivamente, cuando después de haber aplicado la cantidad calculada en el tiempo planeado el agua ha mojado el suelo hasta 20 cm de profundidad, lo cual se puede comprobar mediante el barreno de tubo.
Si el riego no moja el suelo en profundidad no se ha regado
6. Si el suelo se moja en profundidad, los próximos riegos serán eficientes, como eficientes serán todos los programas de fertilización que se hagan.
7. Un suelo que se humedece en profundidad no se saliniza o si esto ocurre es fácil de lavar.

Para lavar un suelo que se está salinizando es necesario aplicarle un 25% a 50% más de Agua que se requiere para lavar a capacidad de campo. A nivel de fondo de cama se exige que haya buen drenaje y buena evacuación del agua sobrante.

Tabla 4. Cálculo del tiempo de riego.

Recipiente (L)	Tiempo (seg.)	5min/cama	6min/cama	7min/cama	8min/cama
20	15	400	480	267	640
	20	300	360	350	480
	25	240	288	280	384
	30	200	240	233	320
	40	150	180	175	240
	40	120	144	140	192

FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación básicamente consiste en la aplicación de elementos nutritivos en las aguas de riego. Para ello, se utilizan sales inorgánicas de alta solubilidad que contienen uno o más elementos nutritivos.

Con relación a la fertilización sólida la fertirrigación, tiene la ventaja de que los elementos aplicados van disueltos en el agua de riego y por lo tanto son rápidamente absorbidos y utilizados por las plantas, permitiendo, además, solucionar rápidamente problemas de deficiencias específicas. Sin embargo, es necesario aclarar que el funcionamiento del suelo como medio para el desarrollo de las plantas, intervienen varias formas en las cuales se presentan los elementos nutritivos, resumidamente ellas son: no intercambiables, intercambiables y en solución. La fertirrigación aumenta el contenido de los nutrientes en la solución, pero poco o muy poco los contenidos intercambiables y posiblemente menos aún los no intercambiables.

La fertilización sólida incrementa las cantidades intercambiables y las presentes en la solución y es más o menos eficiente dependiendo de si hay suficiente cantidad de agua disponible en el suelo para disolver y movilizar los elementos nutritivos hacia la raíz o si esa cantidad es insuficiente, en cuyo caso la eficiencia de la fertilización es muy baja. Se requiere entonces, como se afirma en la introducción, que los nutrientes estén disueltos en el agua del suelo (solución nutritiva) para que puedan movilizarse hacia las raíces y ser tomados y utilizados por las plantas. Se conoce tres formas mediante las cuales los nutrientes llegan a ponerse en contacto con las raíces. (Figura 5).

1. Intercepción por las raíces.
2. Flujo en masa.
3. Difusión.

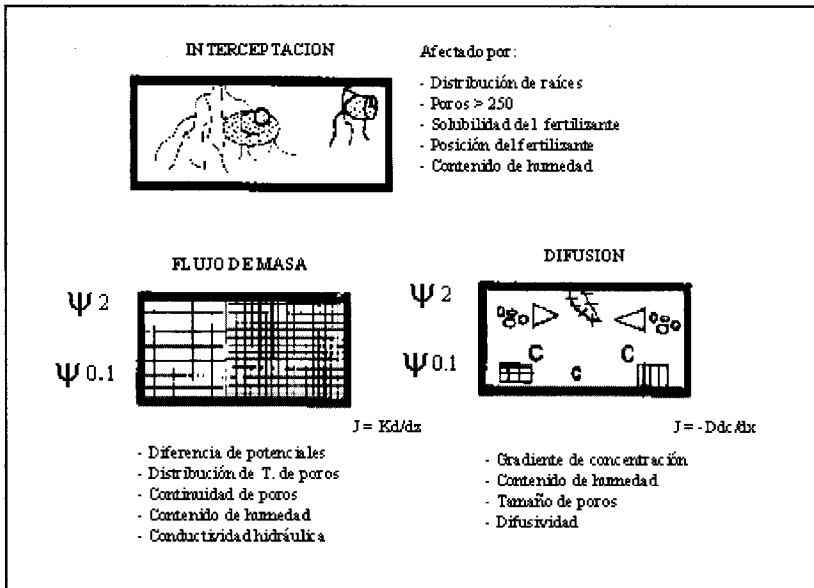


Figura 5. Procesos mediante los cuales se sucede el contacto Ion-raíz

Intercepción por las raíces

En este proceso, las raíces a medida que van creciendo por el espacio poroso del suelo (macroporos) van encontrando nutrientes disponibles, los cuales son absorbidos por ellas, en las cantidades que ellas en un momento dado de su crecimiento y desarrollo lo requieren. Esto implica que en el suelo debería haber homogeneidad en la distribución de los elementos nutritivos respecto a cantidades.

En fertirrigación, cuando se hace una buena aplicación de riego (uniformidad horizontal, vertical y calidad de la solución nutritiva respecto a los requerimientos nutricionales) y éste baña las raíces activas de las plantas se produce este tipo de contacto ion-raíz y los nutrientes son absorbidos y utilizados de acuerdo a las necesidades selectivas de las plantas.

Cuando se ha hecho fertilización sólida, los nutrientes que estaban en forma intercambiable, van pasando a la solución del suelo a medida que éste va humedeciéndose por acción del riego y van mojando las raíces, las cuales, al ponerse en contacto con la solución nutritiva producida por mojamiento del suelo, absorben los nutrientes requeridos de acuerdo al estado de su desarrollo fisiológico.

La descripción de la manera como actúan los sistemas de fertilización sólida y líquida permiten concluir que son complementarios. La fertilización sólida al ir a ocupar parte de las posiciones intercambiables disponibles dentro de la capacidad de intercambio de cationes de los suelos, se constituye en un sistema de reserva de nutrientes disponibles, susceptibles a pasar a la solución nutritiva procedente de la fertirrigación permita, por la concentración de nutrientes dentro de ella y por la disponibilidad de potenciales químicos, ser enriquecida por nutrientes que estén en posiciones intercambiables.

En la terminología científica se utilizan dos términos para designar los nutrientes que se hallan en forma intercambiable y de aquellos que se encuentran en la solución. Estos términos son: cantidad e intensidad respectivamente. Junto con ellos se utilizan los términos: capacidad y tasa, que se refieren, el primero a la relación entre la cantidad y la intensidad y el segundo, a la cantidad de ion que en una unidad de tiempo se libera a una unidad de volumen solución.

Flujo en masa

Mediante el proceso de flujo en masa los iones (elementos nutritivos en forma iónica) se desplazan de un sitio a otro donde son absorbidos por la raíz por diferencia de potenciales hídricos. Cuando una raíz activa está absorbiendo agua (solución) para transpirarla, obedeciendo a la demanda hídrica creada por la atmósfera, alrededor del área de influencia de la raíz se produce una disminución con el contenido de agua en ese volumen de suelo, disminuyéndose el potencial hídrico. Como en este volumen el suelo quedará más seco, el agua de los lugares circunvecinos más húmedos (de mayor potencial hídrico) tenderá a moverse en la dirección; húmedo \rightarrow seco para tratar de equilibrar la diferencia entre potenciales. A medida que el agua se mueve arrastra consigo todos los elementos nutritivos que en ella se encuentran disueltos los cuales serán tomados por las plantas.

Las cantidades de nutrientes tomados por la planta por flujo en masa, está relacionado con el uso consuntivo de ésta y con la concentración de nutrientes en la solución (factor intensidad) y son afectadas negativamente por la disminución en la conductividad hidráulica a medida que el suelo va secándose por evapotranspiración.

La cantidad de elementos que pueden entrar en contacto con la raíz mediante este proceso, puede ser expresado de la siguiente manera:

$$Q_{fm} = [M] v$$

Donde:

- Q_{fm}: Flujo en masa
- [M]: Concentración del elemento en la solución del suelo
- v: Volumen de agua absorbido por el cultivo

Teóricamente el flujo de masa se sucede por los mesoporos del suelo, en los cuales se almacena el agua útil o disponible por la planta, aquellas que en la práctica se determina por la diferencia entre

la capacidad de campo y el punto de marchitez. Cuando el suelo está a capacidad de campo y sobre él crece un cultivo, a medida que avanza la evapotranspiración el suelo se va secando y se van produciendo gradientes de potencial hídrico que originan el movimiento del agua en flujo de masa y con ella el flujo de los nutrientes.

Un suelo productivo debe entonces contener un buen volumen de mesoporos y una buena conductividad hidráulica aún a contenidos de humedad cercanos a punto de marchitez temporal para que el flujo de masa sea lo más constante posible.

El flujo masal, se afecta negativamente cuando el suelo se va secando, por ello cuando ocurre es necesario regar de nuevo, de aquí nace el concepto que se conoce como frecuencia de riego, el cual se asocia a cantidad o lámina de riego necesario para llevar de nuevo el suelo a capacidad de campo.

Difusión

El fenómeno de difusión expresa el proceso mediante el cual un ion o nutrimento se mueve desde un sitio donde está más concentrado hacia otro donde está menos concentrado, utilizando como medio para desplazamiento el agua contenida en los poros del suelo.

Lo anterior quiere decir que el movimiento de iones por difusión se debe a gradientes de potencial químico dentro de la solución del suelo, creados precisamente por absorción diferencial de iones por las raíces de las plantas.

El proceso de difusión es afectado dentro del suelo por la porción de volumen de poros llenos de agua, por la tortuosidad del sistema poroso y por otros factores físicos y químicos del suelo y de la solución que usualmente se agrupan dentro del concepto de coeficiente de difusión.

Comparativamente con los otros procesos de movimiento de iones, la difusión es el más lento, pero es igualmente importante en el proceso nutricional, porque los iones permanentemente se difundan aún a bajos contenidos de humedad del suelo. Los procesos de interceptación y flujo de masa al requerir mayores contenidos de humedad en el suelo, ocurren con menos frecuencia que la difusión, que es permanente.

VENTAJAS DE LA FERTIRRIGACIÓN

- Ahorro de fertilizantes, porque éstos se aplican en las proximidades de las raíces, procurándose que no haya pérdidas ni por volatilización y no por lixiviación.
- Mejor asimilación de los nutrientes aplicados por cuanto se aplican en forma solubles y con suficiente cantidad de agua como para que las plantas los puedan absorber rápidamente.
- Facilita la adecuación del fertilizante a las necesidades momentáneas a nutrición de las plantas. Por ejemplo, facilitaría la aplicación rápida y oportuna de Nitrógeno, Fósforo, Potasio u otros elementos y de combinación de ellos.
- Facilita la correlación rápida de síntomas carenciales específicos, por ejemplo, una deficiencia de N o de cualquier otro elemento, cuyo síntoma aparezca, se puede corregir rápidamente.
- Hay cierta economía en la distribución de los fertilizantes; aunque esto depende del costo de amortización de los equipos de aplicación que se compren. Una de las formas de ayuda a la amortización es utilizando los equipos, además en otras actividades: aplicación de insecticidas, fungicidas, etc.

LIMITACIONES DE LA FERTIRRIGACIÓN

- Obstrucciones en las tuberías o en los emisores causadas por incompatibilidades químicas entre las sales utilizadas para preparar las soluciones o entre las sales y calidad de agua para riego.
- Aumento excesivo en la salinidad del agua para riego por uso inadecuado de altas dosis de sales nutritivas.
- Corrosión, muchas de las sales utilizadas en fertirrigación son corrosivas y tienden a dañar las tuberías e implementos metálicos que se utilizan en las redes de distribución.
- Reacción de los fertilizantes en la red de distribución, lo cual causa que se entregue a los cultivos una solución nutritiva diferente a la planeada como necesaria para ellos.
- En algunos sistemas de aplicación de la fertirrigación, como en el riego por goteo, se presentan demasiadas irregularidades en la aplicación uniforme de las soluciones, quedando por lo tanto áreas regadas y otras sin regar. Siempre que se utilice ese sistema de riego, es necesario complementarlo con riego con flauta o con cacho para no crear deficiencias ni de agua ni de nutrientes.
- Como en fertirrigación se usan sales puras es necesario conocer que se deben aplicar en los programas de fertirrigación todos los elementos nutritivos macro, secundarios y microelementos para no tener problemas de carencia.

COMPATIBILIDAD QUÍMICA

Para la preparación de la solución madre es necesario conocer la compatibilidad o incompatibilidad de fertilizantes a usar para no provocar reacciones químicas que al final arrojan resultados diferentes a los esperados o planeados para nutrir un cultivo. Así mismo, es necesario conocer sobre antagonismos y sinergismos nutritivos y sobre la acidez o basicidad de la solución resultante.

La incompatibilidad más importante, se produce cuando la mezcla de fertilizantes origina precipitaciones en la solución madre. Con el fin de prevenir situaciones desagradables y soluciones ineficaces se presenta en la Figura 5 anterior, la cual muestra las compatibilidades e incompatibilidades de los fertilizantes más comunes.

Tabla 5. Compatibilidad química de la mezcla de fertilizantes.

Tabla 5. Compatibilidad química de la mezcla de fertilizantes.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Nitrato amónico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2 Urea	C	L	L	C	C	C	C	C	C	C
3 Sulfato amónico			C	C	C	C	C	C	C	I
4 Superfosfato triple				C	L	C	C	C	C	I
5 Superfosfato simple					L	C	C	C	C	I
6 Fosfato diamónico						C	C	C	C	I
7 Fosfato monoamónico							C	C	C	I
8 Cloruro potasio								C	C	C
9 Sulfato potásico									C	I
10 Nitrato potásico										C
11 Nitrato calcico										

I = Incompatible

C = Compatible

L = Compatibilidad limitada

Para prevenir riesgos de incompatibilidad no deben mezclarse sales que aporten calcio (Ca) con aquellas que aporten sulfatos (SO_4^{2-}) o fosfatos (HPO_4^-). Por ejemplo, si es necesario aplicar CaNO_3 , fertilizante de alta solubilidad, éste no se puede mezclar con un fertilizante fosforado, e inclusive conviene tomar como precaución aplicar el fosforado dos días después de CaNO_3 .

PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

Para el cálculo de soluciones que contengan N-P-K, se aconseja:

1. En función del contenido de K calcular la cantidad necesaria de KNO_3 .
2. En función del contenido de P, calcular la cantidad requerida de fosfato diamónico o monoamónico.
3. Si se utiliza fosfatos diamónicos es necesario rebajar el pH hasta 6.3 con HNO_3 a una razón aproximada de 1.3 Kg de ácido nítrico por cada kilogramo de fosfato diamónico.
4. Al nitrógeno necesario se le resta el aportado por KNO_3 por el fosfato y por el HNO_3 , la diferencia se aporta como NH_4NO_3 .

En la práctica se aconseja hacer lo siguiente:

1. Añadir lentamente el ácido nítrico al agua
2. Añadir el KNO_3 requerido
3. Añadir el fosfato diamónico o monoamónico
4. Añadir el NH_4NO_3
5. Agitar al menos durante 15 minutos

La concentración de la solución en agua no debe exceder de 700 ppm. La primera fase de cada riego y especialmente la última deben realizarse con agua sola para evitar obturaciones en los emisores y poder contar con suelo húmedo para una mejor distribución de nutrientes.

ABONOS UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN

Dos requisitos muy importantes deben cumplir los fertilizantes que se utilicen para fertirrigaciones.

- Solubilidad
- Pureza

Las sales nutritivas a utilizar deben ser de alta solubilidad y ser con otras y con el agua de riego. Así mismo, debe presentar alta pureza para poder aplicar las cantidades que se requieren.

La alta solubilidad y el alto grado de pureza generalmente conducen a la obtención de soluciones con alto grado de salinidad que a través del tiempo pueden llegar a salinizar parcial o totalmente al suelo o al sustrato de crecimiento de las flores.

En la Tabla 6 se hace un muestreo de l conductividad eléctrica (mmhos/cm) que producen algunas de las sales utilizadas en la preparación de soluciones nutritivas.

Tabla 6. CE máximas debido a la presencia de varias sales nutritivas

Sal	P. Equiv.	G/L	meq/L	CE mmhos/cm
MgSO ₄	60.19	262.00	4352	363.0
CaSO ₄	68.07	2.04	30	2.5
NaCl	58.45	318.00	5440	453.0
MgCl ₂	47.62	353.00	7413	618.0
CaCO ₃	50.00	---	10	0.8

Algunas características de las sales más comunes utilizadas en fertirrigación se muestran a continuación:

Acido nítrico: Se usa más para acidificar aguas de riego y para limpieza de tuberías, que para fertilización debido a las dificultades que su carácter ácido comunican a su manejo.

Nitrón-26: Solución concentrada de nitrato de amonio muy útil para la preparación de soluciones portadoras de N.

Urea: Es un compuesto soluble de alto contenido de nitrógeno más móvil que las sales amoniacales por ser menos absorbida por el suelo que éstas.

Nitrato de calcio: Se emplea más para aportar calcio que para aportar nitrógeno el grado greenhouse es altamente soluble, no así el grado agronómico. En general no debería aplicarse por goteo para evitar obturaciones y posteriores precipitaciones.

Fosfato monoamónico (MAP): Tiene buen contenido de P₂O₅ (60%) y de reacción ácida por lo cual disminuye el riesgo de obturaciones.

Fosfato diamónico (DAP): Da reacción ligeramente alcalina, por lo que se recomienda su utilización junto con un ácido, generalmente ácido nítrico 1.3 Kg por 1 Kg de fosfato diamónico.

Acido fosfórico (H₃PO₄): Su concentración varía entre el 50% y el 85%, puede utilizarse para acidular, su manejo tiene que ser cuidadoso.

Sulfato de potasio: Es un producto de no muy alta solubilidad (102 g/L) pero aportante de azufre.

Cloruro de potasio: Es una sal neutra de buena solubilidad (326 g/L).

Nitrato de potasio: Es una sal neutra de buena solubilidad (257 g/L) que presenta un buen sinergismo entre el nitrógeno y el potasio.

Fosfato de monopotasio: Es una sal doble de buena solubilidad (148 g/L), útil por su poder de sinergismo entre los dos nutrientes.

Sulfato de amonio: Sal de alta solubilidad (742 g/L) muy útil para usarla en suelos alcalinos.

Cálculos

Para la elaboración de soluciones es necesario recordar que 1 ppm es equivalente a 1 gramo por 1 m³ o a 1 mg por 1 litro.

Ejemplo, calcular las cantidades de fertilizantes que se requieren para preparar una solución madre que contenga: 220 ppm de N y 180 ppm de K por cada metro cúbico de riego que se aplique, sabiendo que se debe preparar una solución para 20m³, y se van a utilizar KNO₃ y nitrato de amonio como fuentes solubles.

Solución:

1. Composición del KNO₃: 13-0-46
Composición del NH₄NO₃: 26-0-0
2. Reducción del K₂O a K: $45\% \cdot 1.2 = 38\%$ de K
3. Cantidad de K requerida por una solución madre de 1m³ que se utilizara para disolver en 20 m³
 $100/38 \cdot 180 \cdot 20 = 9.424 \text{ g} = 9.42 \text{ Kg}$
4. Cantidad de N que porta el KNO₃
 $9424 \cdot 13/100 = 1225 \text{ g}$. En 20 m³
 $1225/20 = 61.3 \text{ g de N/m}^3 = 61.3 \text{ ppm}$
5. Nitrógeno faltante:
 $220 - 61.3 = 158.7 \text{ ppm} = \text{g/m}^3$
6. Nitrógeno requerido para una solución madre de 1 m³ que se disolvería a 20 m³
 $100/26 \cdot 158.8 \cdot 20 = 12.207 \text{ g/m}^3$
7. Conclusión: Para prepara una solución madre de 1 m³ que se inyecte a un sistema de riego que guarde una relación de 1:20 se requieren: 9.42 Kg de KNO₃ y 12.20 Kg o L. De NH₄NO₃ para obtener una concentración de N de 220 ppm y una de K de 180 ppm.

PRECAUCIONES EN LA PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES.

1. Elaborada la tabla de cálculo de requerimientos de cada fertilizante se procede a la pesada de productos por bloque o por dosificación de riego. La pesada de productos por bloque o por dosificación de riego. La pesada de productos debe ser cuidadosa para no cometer errores de dosificación así mismo, el almacenista debe anotar la fecha de entrega de los fertilizantes, la cantidad que de cada cual se entrega, en bloques y número de camas o en cuales se aplicarán y quedará un archivo las entregas para futuros chequeos.

2. El operario que va a preparar la solución, debe hacer una premezcla de balde grande para disolver los fertilizantes en poca agua. Una vez disueltos en el balde puede vaciarlos en el tanque y continuar agitando para evitar precipitaciones por gravedad o por formación de nuevos productos. Aún en las fincas donde la agitación es automática es necesario hacer las premezclas en baldes.
3. En el tanque de inyección la agitación debe ser permanente para conservar al máximo la homogeneidad de la solución que se está aplicando.
4. Es necesario hacer chequeos frecuentes de la relación inyección – irrigación por medio de aforos para poder estar seguros que las dosificaciones son las correctas.
5. Cuando se duda que la solución nutritiva contenga las dosis de nutrientes planeadas es necesario tomar muestras para análisis químicos.
6. Los siguientes parámetros deben analizarse: CE, pH, NO₃, NH₄, P,K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, SO₄, CO₃, HCO₃ y Cl.

Hacer análisis cada 3 a 4 meses de las soluciones nutritivas en un buen método de chequeo, sobre todo en relación con incompatibilidad que se puedan presentar dentro de la red.

PALABRAS CLAVES: floricultura, fertilización, nutrición, riego

FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN DE FORRAJES DE ALTURA

Gilberto Cabalceta

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO

El impacto de la actividad lechera sobre la economía se refleja en el aporte que esta hace al representar el 4º ingreso en importancia para el país. Se estima que esta actividad está en manos de 34469 fincas de las cuales un 85% poseen áreas menores de 50 hectáreas y con un total de 22 animales, lo que permite inferir que la actividad lechera nacional esta en manos de pequeños productores (Villegas, 1993).

Costa Rica es el país de Centroamérica que tiene la mayor tecnología en el sector lácteo y en 1996 produjo 559.5 millones de litros de leche, siendo exportador de leche a partir 1988. El sector lácteo ocupa el tercer lugar en el producto interno bruto agropecuario, teniendo un crecimiento de un 4% anual en los últimos años, además de esto se estima que incluyendo la cadena agroindustrial este sector emplea más de 180 mil personas (Tejada, 1998).

Existen aproximadamente 35000 fincas en la producción de leche siendo un 86% pequeñas con un área inferior a las 50 hectáreas. El 57% de las fincas son de doble propósito en la producción de leche y carne y un 43% especializada en la producción de leche. El incremento en la ganadería de doble propósito se debe al estancamiento de los precios de la carne de 1990 a 1998.

ZONAS EN LAS QUE SE UBICA EN EL PAÍS

Dentro de este contexto se considera que la región Huetar Norte posee el 22% del ganado lechero especializado y San Carlos aporta el 60% de la leche que industrializa la planta procesadora de productos lácteos más grande del país. Esta leche es producida bajo sistemas de pastoreo ó semiestabulación con predominancia de las razas Holstein y Jersey y sus cruces, con niveles de producción de 19.9, 13.2, 11.1 kg de leche para la zona alta, media y baja respectivamente (Esquivel, 1993).

Las principales zonas productoras de leche de Costa Rica son: Meseta Central (Goicoechea, Coronado, Dota, Cantón Central de Alajuela, Poás, Cantón Central de Cartago, Paraíso, La Unión, Turrialba, Alvarado, Oreamuno, El Guarco, Cantón Central de Heredia, Barva, Santa Bárbara, San Rafael, San Isidro y Sarapiquí) y Zona Norte de Costa Rica (San Carlos, Alfaro Ruiz, Upala, Los Chiles y Guatuso) (Gutiérrez, 1999).

RENDIMIENTO NACIONAL PROMEDIO (POR HA) DEL CULTIVO

En Costa Rica se reportan, las siguientes producciones (Rojas, 1999):

Pennisetum clandestinum (kikuyo): su producción promedio de materia seca (MS) es de 22 hasta 50 t/ha/año.

Pennisetum purpureum (gigante): produce de 35 a 50 t/ha/año de MS.

Cynodon nlenfluensis (estrella africana): producción promedio de MS de 25 hasta 50 t/ha/año.

REQUISITOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO

Cynodon nlenfluensis

Estrella Africana

Altura: entre 0 y 1600 msnm

Temperatura: promedio anual entre 21 y 27 °C

Precipitación: entre 1800 y 4000 mm de precipitación promedio anual.

Meses secos: en regiones con más de tres meses secos consecutivos al año (ústico), requiere riego adicional.

Pennisetum clandestinum

Kikuyu

Altura: 1900 hasta los 2700 msnm

Temperatura: 16 a los 21° C

Precipitación: resiste épocas de baja precipitación de hasta 750 mm (Araya, 1990)

Posee una tolerancia media al anegado

Pennisetum purpureum

Pasto gigante o elefante

Altura: 0 a 2 500 msnm

Temperatura: 12 a 29 °C

Precipitación: 200 a 4 000 mm

REQUISITOS PARTICULARES DE SUELOS

Los elementos que limitan más la productividad de los pastos, por presentar deficiencias más acentuadas, son el nitrógeno y el fósforo. Otros elementos que pueden también limitar la producción de pastos son el potasio, boro y zinc.

Los suelos en los cuales se produce forraje para ganadería de leche en nuestro país, son principalmente Andisoles, Inceptisoles y Ultisoles. En los Ultisoles se pueden encontrar además, problemas de acidez intercambiable ($Al^{+3} + H^+$), pH bajo (<5.5) y deficiencias de Ca y Mg, y en los Andisoles son muy comunes las deficiencias de Ca y Mg. Los Inceptisoles son suelos con características intermedias, por lo que es mejor estudiar cada caso por separado.

Nitrógeno

Es el principal elemento que limita el crecimiento de las plantas forrajeras y en el caso particular de las gramíneas, por lo que tiene la mayor importancia en la producción de materia seca e influye en la calidad de los pastos, al intervenir en el contenido de proteína cruda y digestibilidad. El nitrógeno influye sobre el crecimiento de los pastos al controlar la promoción y desarrollo de nuevos brotes, aumenta el número de hojas por planta y con ello el área foliar

El contenido de nitrógeno fluctúa notablemente y depende de su disponibilidad en el suelo, de la edad y especie de pasto, época del año, etc. Es un elemento de gran movilidad en la planta, desplazándose en forma masiva hacia los puntos de crecimiento.

La respuesta de los forrajes a la fertilización nitrogenada puede variar dependiendo de la dosis, frecuencia de aplicación, especie forrajera y su manejo, clima, tipo de suelo, elementos limitantes, riego, fertilización utilizada y época del año. También es importante tener presente que si existe una leguminosa asociada con una gramínea, la fertilización con nitrógeno puede ser perjudicial para la leguminosa, debido a que la gramínea la puede desplazar al responder mejor a la aplicación.

Fósforo

Puede considerarse el segundo nutrimento en importancia en el crecimiento de vegetales. Su absorción ocurre como ión $H_2PO_4^-$ (predominan en suelos con pH entre 2 y 7, que es lo más común en nuestros suelos tropicales) y HPO_4^{2-} (pH entre 7 y 12). El fósforo soluble en la solución del suelo se encuentra en cantidades muy pequeñas (menos de 0.2 mg/L), por lo que existe la necesidad de reponer continuamente $H_2PO_4^-$ en la solución del suelo (factor intensidad), dependiendo de la solubilidad y las cantidades de diferentes fosfatos presentes en la fase sólida del suelo (factor capacidad).

La participación del P orgánico del total de P en el suelo varía de 25 a 75%, pero en casos extremos estos límites pueden llegar hasta 3 y 85% dependiendo de la temperatura, precipitación pluvial, acidez del suelo, actividad biológica y el grado de desarrollo de los suelos. Se ha considerado que el P orgánico es la principal fuente de P en sistemas de agricultura sin fertilizantes, por lo que es importante en sistemas agrícolas tradicionales o de uso mínimo de insumos, como es el caso de los forrajes. La mineralización del P orgánico por parte de microorganismos, libera ácido fosfórico que llega a la solución del suelo, que es de mucha importancia en la nutrición vegetal, principalmente en sistemas donde la mayor parte del P está en forma orgánica y se utiliza poco o nada de fertilizante inorgánico. La tasa de mineralización estará siempre en función del pH, contenido de materia orgánica, microorganismos, humedad y temperatura. También existen ácidos que los microorganismos liberan que pueden solubilizar el P nativo o precipitado. Otro mecanismo de relevancia en la utilización por parte de las plantas, de formas de P poco disponibles, es la asociación de micorrizas con las raíces.

Se transloca rápidamente en los tejidos vegetales, y su movilización va de aquellos tejidos más viejos a las zonas juveniles de las plantas. Interviene como factor clave en una serie de procesos metabólicos de las células vivas, regulando varios procesos enzimáticos. Es importante fotosíntesis, respiración, en la floración, fructificación, producción y calidad de semillas. También promueve el desarrollo radical, sobre todo de las raíces laterales. El P es constituyente de muchos compuestos esenciales en las plantas como ácidos nucleicos, azúcares fosforilados, las nucleoproteínas, enzimas, vitaminas, fofolípidos, fitina y una de sus funciones principales está relacionada con los procesos energéticos dentro de la planta, por formar parte de la molécula de transportadora de energía ATP. Este elemento no presenta compuestos que puedan ser volatilizadas o lixiviados (como los nitrogenados), lo que provoca una gran estabilidad como resultado de su baja solubilidad, debido a una muy alta capacidad de los suelos tropicales de fijarlo, lo que causa deficiencias en la disponibilidad de P por las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo.

De los elementos mayores (N, P, K) el P es requerido por las plantas en cantidades menores, pero se acostumbra aplicarlo en grandes cantidades porque se fija en el suelo y no porque las plantas absorban mucho.

El balance del P disponible para las plantas se puede describir esquemáticamente de la siguiente forma:

Pérdidas: en la cosecha que sale de la finca, escorrentía superficial y erosión del suelo.

Ganancias: fertilizantes fosfatados, meteorización muy lenta de los minerales primarios.

Redistribuciones: desechos animales y humanos, residuos de cultivos.

El suelo debe liberar diariamente una cierta cantidad de P para satisfacer las necesidades de las plantas en su ciclo y si no puede aportar esta demanda el rendimiento final del cultivo disminuye. El P es bastante insoluble en el suelo y por esta razón apreciable cantidad de P nativo y aplicado como fertilizante se localiza lejos de la raíz para ser absorbido, lo que ocasiona una recuperación del 5 al 30% de P aplicado en el primer año.

El análisis de laboratorio para determinar P en el suelo predice bien la probabilidad de obtener un rendimiento con la aplicación de P, como también la respuesta promedio a largo plazo, pero no predice bien la cantidad de P que debe aplicarse para obtener un determinado rendimiento en un año. Sin embargo, en promedio existe buena relación entre el nivel de P en el suelo y el rendimiento relativo promedio al estimarse en una curva de regresión. Si enfocamos los análisis a largo plazo, se involucra el efecto residual de la fertilización fosfatada: hay que empezar por identificar el nivel inicial de P en el suelo (para cada lote y cultivo) e irlo calibrando; si el contenido está por debajo de lo óptimo las dosis que se deben aplicar deben ser mayores a las cantidades removidas del campo, si está o se ha llevado a un nivel óptimo se agregan dosis de mantenimiento o lo que se remueve en la cosecha, y si el análisis llega a niveles más altos que el óptimo, se puede o existe la opción de aplicar menores cantidades de P que aquellas removidas por la cosecha.

Al momento no existe un sustituto del análisis de suelos para predecir respuesta a la aplicación de P. Si las cantidades de P son bajas existe más de un 80% de probabilidades de obtener respuesta económica a la aplicación del nutrimento y si el análisis indica un contenido muy alto, la probabilidad de una respuesta económica es menor del 20%. Pero existen otros factores que afectan la respuesta de los cultivos a la aplicación de P como son la variabilidad del contenido de P dentro del campo, condiciones de drenaje, compactación del suelo, colocación del P en el suelo, inundación del suelo, variedades e híbridos utilizados, salinidad del suelo, contenido de aluminio y hierro, y una nutrición balanceada. El plan de manejo de P debe ser dinámico, evolucionando a medida que se conoce más de las necesidades particulares de los suelos en cada lote, los requerimientos de los cultivos y las prácticas empleadas.

Potasio

Es absorbido como el ion K^+ , en cantidades a veces mayores que cualquier otro elemento mineral. Es probablemente el elemento más móvil en la planta, siendo translocado a los tejidos meristemáticos cuando se presenta deficientemente en el tejido vegetal. Su función es de naturaleza catalítica; es imprescindible en el metabolismo de carbohidratos, formación, transformación y translocación de almidón; metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteína, controla y regula la actividad de otros elementos esenciales. Es un elemento esencial para mantener el régimen hídrico y la turgencia.

En Costa Rica los problemas por K no son frecuentes, pero los niveles de este elemento en los suelos se encuentran en el límite crítico, principalmente en los Andisoles. Es muy probable que en los Ultisoles de la Zona Norte del País, se puedan encontrar concentraciones menores.

Henríquez *et al.* (1994) encontraron que el K se fija al suelo en cantidades apreciables, dignas de considerar, aunque reconocen que la metodología empleada sobreestima el % en fijación en 3 veces.

Es importante resaltar que al aplicar más nitrógeno en los forrajes y aumentarse los rendimientos, también se incrementa la extracción de K; debe indicarse que los pastos extraen mayores cantidades de K del suelo que de N.

Calcio

Es el nutrimento mineral más importante de las paredes celulares convirtiéndose en el factor mayormente determinante en la organización estructural y de fortaleza de la planta. Es absorbido como Ca^{2+} . Su función es darle rigidez e impermeabilidad a la planta, intervenir en la mitosis,

división y elongación celular, en la síntesis de proteínas, la transferencia de carbohidratos y ayuda a desintoxicar la planta de metales pesados. El calcio tiende a aumentar su contenido con forme el pasto madura y durante la época seca.

Magnesio

Es el único mineral constituyente de la molécula de clorofila, localizándose en su centro, de allí su importancia en el proceso de fotosíntesis. Interviene en la síntesis de proteínas y como activador de muchas enzimas. Se absorbe como Mg^{2+} . El magnesio ha adquirido relevancia en el sistema animal-planta, por cuanto su deficiencia en los pastizales es una causa de tetania (hipomagnesemia) en los animales de pastoreo.

Azufre

Es componente de aminoácidos esenciales como la cistina, cisteína y metionina. Participa en la síntesis de clorofila y en la formación de varias vitaminas como la biotina, glutatióna y coenzima A, como también de glucósidos que son componentes de aceites esenciales que originan el olor a plantas como liliáceas y crucíferas.

En Guatemala en ciertos casos se ha obtenido respuesta a la aplicación de azufre, muy similar a la respuesta de una aplicación de nitrógeno, por lo que es importante considerarlo siempre en un programa de fertilización. Muchas veces no se toma en cuenta, debido a que este elemento se aplica sin querer al fertilizar con abonos nitrogenados, fosfóricos y potásicos, como sulfato de amonio, puperfosfato simple, sulfato de potasio o también sulfato de calcio.

Acidez

Los forrajes toleran una acidez moderadamente alta, pero si esta condición se mejora, aumentará la producción.

ESQUEMA GENERAL DEL CICLO DE VIDA DEL CULTIVO

Ciclo de vida de Estrella Africana:

Hábito de crecimiento: planta perenne de crecimiento rastrero.

Tallos: aéreos, rizomas y estolones que alcanzan hasta 5 m de largo.

Hojas: aplanadas, finas que se doblan suavemente.

Raíces: profundas, lo que ayuda a mantener el verdor de las hojas en época seca.

Flores: inflorescencia formada de 5 a 20 espigas, ajustadas a un eje común. El tiempo de floración es de 12 meses.

Semillas: pocas semillas viables en nuestro país.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL SISTEMA RADICAL

El kikuyo y la estrella son cultivos perennes, rastreros con estolones superficiales y subterráneos que dan frondosas ramificaciones, con raíces en la parte inferior de los nudos que son profundas y blancas. (Montiel, 1983; UCLA, 1997).

NUTRICIÓN DEL CULTIVO

REQUISITOS NUTRICIONALES O ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS

No existen tablas de requerimientos nutricionales para pastos tropicales, por lo que es uno de los puntos importantes para investigar. Es importante recalcar que el manejo de esta información no se debe realizar con el criterio tradicional que se hace en otros cultivos.

Paretas y Berna (1980) y Vicente-Chandler *et al.* (1974) reportados por Gutiérrez (1996), determinaron extracciones anuales de fósforo de 47 a 59 kg/ha, de 40 70 kg de Mg/ha/año y de 50 a 85 kg S/ha/año, en forrajes manejados intensivamente con aplicaciones considerables de N y con rendimientos de más de 25 t MS/ha/año.

Con los datos de producción del Cuadro 3 y los niveles críticos encontrados en la literatura (Cuadro 7), se calculó los siguientes requisitos nutricionales totales para el pasto estrella (Cuadro 4). También se calculó con estos datos la extracción o exportación de nutrientes por parte del ganado, partiendo que se consume un 60% del total del pasto (Cuadro 5).

Para el pasto elefante o gigante (*Pennisetum purpureum*) también se calcularon los requisitos nutricionales, tomando como base los niveles encontrados por Vargas y Fonseca (1989) y considerando una producción anual de materia seca de 40 t/ha (Cuadro 6).

Cuadro 3. Rendimiento del pasto Estrella (*Cynodon nlenfluensis*)

	Kg/ha semana.	Kg/ha/ 30 días	Kg/ha/año	referencia	lugar
medido a 21 días	714	2856	37128	Atlas	Costa Rica
medido a 28 días	790.6	3162.4	41111.2	Atlas	Costa Rica
medido a 35 días	1031.1	4124.4	53617.2	Atlas	Costa Rica
Medido 35 días	3260.4	13041.6	169540.8	Florico Stargrass	Florida
medido a 49 días	1714	6856	89128	Terranova	Colombia
MedianaCosta Rica	790.6	3162.4	41111.2		

Fuente: Cortés, 1994.

Cuadro 4. Requisitos totales del pasto Estrella (*Cynodon nlenfluensis*) en kg/ha en base a producción de 37.9 ton/ha/año de MS.

Elemento	-----kg/ha-----	
	30 días	año
N	55.66	667.9
P	9.49	113.8
K	31.62	379.5
Ca	12.65	151.8
Mg	6.32	75.9
B	6.33	75.9
S	6.32	75.9
Cu	0.32	3.8
Fe	1.58	19.0
Mn	1.26	15.2
Zn	1.26	15.2

Cuadro 5. Extracción de los nutrimentos por parte del ganado en pasto estrella, considerando que consume un 60% del total

Elemento	30 días	año
	-----kg/ha-----	
N	33.45	401.4
P	5.69	68.28
K	18.98	227.7
Ca	7.59	91.08
Mg	3.80	45.54
B	3.80	45.54
S	3.80	45.54
Cu	0.02	0.24
Fe	0.10	1.14
Mn	0.08	0.9

Cuadro 6. Resumen de requisitos nutricionales extraídos por la cosecha del pasto gigante o Elefante (*Pennisetum purpureum*) calculados por medio de los contenidos químicos (% base seca) encontrados por Vargas y Fonseca (1989).

Rendimiento ton/ha/año	-----kg/ha-----					Lugar
	N	P	K	Ca	Mg	
40	872	96	996	124	40	BARVA
40	1503	40	1544	48	44	CORONADO
40	1570	76	1872	128	100	MORAVIA
40	900	32	1408	100	60	POAS
40	1180	120	56	136	52	Sta.BARVARA
40	560	16	804	56	72	CARTAGO
Ambito	560-1570	16-120	56-1872	48-128	40-100	
Promedio	1097	63	1113	99	61	

Fuente: Vargas y Fonseca, 1989.

DIAGNÓSTICO FOLIAR:

Niveles críticos foliares óptimos

Cuadro 7. Niveles foliares de nutrientes para pastos a nivel general en Costa Rica

Elemento	Deficiencia	Nivel crítico	Óptimo	Tóxico
P %	<0.26	0.31	0.31-0.60	>0.60
K %	<0.80	0.80	0.80-2.00	>3.00
Ca %	<0.37	0.43	0.43-0.80	>2.00
Mg %	<0.16	0.20	0.20-0.40	>0.5
Fe mg/Kg	<50	50	50-100	>1000
Cu mg/Kg	<10	10	10-20	>80
Mn mg/Kg	<40	40	40-100	>1000
Zn mg/Kg	<40	40	40-100	>500

Fuente: Vargas y Fonseca, 1989.

Cuadro 8. Resumen de niveles críticos foliares ó concentraciones foliares óptimas¹ de Colombia.

Nutriente	Ámbitos adecuados	Promedio
% N	1.34-1.52	1.43
% P	0.19-0.22	0.21
% K	0.60-1.00	0.80
% Ca	0.28-0.37	0.32
% Mg	0.05-0.20	0.13
% S	0.08-0.15	0.12
Ppm B	4.00-8.00	6.00
Ppm Cu	4.00-10.00	7.00
Ppm Fe	50.00-100.00	75.00
Ppm Mn	20.00-50.00	35.00
Ppm Zn	20.00-40.00	30.00

Lugar: Colombia

Referencia: Botero, R.

¹ Datos estandarizados para todos los pastos.

Cuadro 9. Resumen de niveles críticos foliares o concentraciones foliares óptimas, para estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*)

nutriente	ambitos adecuados			Valores críticos en Costa Rica	valor utilizado
	bajo	medio	alto		
%N	1.80-2.19	2.2-4	>4.00	2.2-4	1.76
%P	0.20-0.24	0.25-.060	>0.60	0.25-.060	0.3
%K	1.40-1.79	1.80-3.0	>3.00	1.80-3.0	1
%Ca	<0.25	0.25-0.50	>0.50	0.25-0.50	0.4
%Mg	<0.13	0.13-0.30	>0.30	0.13-0.30	0.2
%B	<0.13	0.13-0.30	>0.3	0.13-0.3	0.2
%S	<0.18	0.18-0.50	>0.50	0.18-0.50	0.2
ppm Cu	<5.00	5-25	>25.00	5-25	10
ppm Fe	<50.00	5-350	>350.00	5-350	50
ppm Mn	<25.00	25-300	>300.00	25-300	40
ppm Zn	<20.00	20-50	>50.00	20-50	40
lugar	Georgia			Costa Rica	
referencia	Benton, J.			Varga y Fonseca, 1989	

Técnicas de muestreo de análisis foliar

Es recomendable realizar el muestreo foliar junto con el de suelos, y considerando los siguientes factores para lograr una homogeneidad en los lotes:

- topografía del terreno (pendiente, plano, ondulado) y uniformidad
- presencia de caminos del ganado, ríos, etc.
- especie utilizada y edad de corte
- manejo particular del forraje (riego, aplicación de estiercol, etc.)

El área de cada lote depende de la uniformidad del mismo y del grado de detalle con que se quiera realizar la evaluación (menos de 2 ha o de 2 a 5 ha).

Importante es que el muestreo sea representativo de todo el lote, por lo que la muestra debe ser compuesta, la cual se compone de varias submuestras tomadas al azar y en zig-zag, de manera sistemática cubriendo el área de muestreo. El número de submuestras debe ser de 15 como mínimo para minimizar la variabilidad (se recomienda 20).

La muestra foliar se realiza cerca de la submuestra de suelo, tomando con el puño de la mano el pasto y recortándolo con una tijera. Esto se realiza según el número de submuestras que se determine.

Generalmente, como los aparos son pequeños, pueden muestrearse aquellos que les toca el día siguiente o en la tarde la entrada del ganado.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA Y TOXICIDAD PARTICULARES

Nitrógeno: las plantas con un adecuado aprovisionamiento de nitrógeno desarrollan un exuberante follaje de color verde intenso debido a la gran actividad fotosintética que se realiza en ellas. En caso de deficiencia ocurren amarillamientos o clorosis en las hojas más viejas primero y luego sobre toda la planta, el crecimiento es lento y débil, y por lo tanto reduce el rendimiento y calidad. Un exceso de N produce un color verde oscuro en el follaje, tejido succulento, crecimiento vegetativo excesivo, mayor susceptibilidad a enfermedades y plagas. Concentraciones elevadas de NO_3^- y de NH_4^+ en las plantas ocasionan un color verde oscuro aumentado de las hojas, con clorosis y necrosis de los bordes de los bordes foliares más o menos marcadas. Un exceso de NH_4^+ puede causar deficiencias de Ca y necrosis de los bordes foliares de color blanco parduzco, un poco más pardo que el exceso de nitrato, al principio frecuentemente con una raya clorótica entre el mesofilo aun verde aumentado y la zona necrótica: siendo el exceso muy alto, las necrosis pueden extenderse sobre toda la superficie foliar.

Fósforo: la deficiencia de P en las plantas se manifiesta con un crecimiento lento o se detiene, las hojas de muchos cultivos son de color más verde oscuro o azuladas que lo normal, en otros las hojas y en algunas ocasiones los tallos pueden desarrollar un color rojizo-púrpura especialmente durante las etapas tempranas del crecimiento (acumulación de azúcares), la maduración se retarda, se restringe el desarrollo de raíces fibrosas, y en algunas ocasiones los pecíolos, las hojas y los márgenes de las hojas se tuercen hacia arriba. Por la gran movilidad del elemento las hojas viejas son las primeras en presentar los síntomas.

Bajo condiciones de cultivo es poco probable que existan consecuencias directas por excesos de P en el suelo, pero en caso de contenidos elevados y muy altos en el suelo, se pueden producir deficiencias de Zn y Fe, y parcialmente se puede inducir deficiencias de Ca, B, Cu y Mn.

Potasio: la deficiencia de K provoca clorosis en los márgenes y puntas en las hojas viejas, que posteriormente se necrosan de color pardo, gris moreno, pardo rojizo hasta pardo oscuro. Exceso de K en las plantas pueden desarrollar deficiencias de Mg y probablemente también de Ca, debido a un desbalance nutricional, y a un antagonismo de K con Ca y Mg, que causan también el efecto contrario.

Calcio: la deficiencia de Ca provoca que las puntas de las raíces y hojas se tornen parduzcas y mueran. Causa deformación y amarillamiento de las puntas en crecimiento de pastos, por se un elemento inmóvil dentro de la planta.

Un exceso de Ca produce deficiencias de Mg o K. Aplicaciones elevadas o excesivas de cal pueden inducir clorosis y otros daños debidos a deficiencias de B, Fe, Mn y Zn, y posiblemente también a la deficiencia de Cu.

Magnesio: la deficiencia de Mg en gramíneas causa una aglomeración de clorofila en forma de hilo a lo largo de los nervios foliares (jaspeado, "forma atigrada") de las hojas más viejas, parcialmente de color rojizo; algunas veces zonas necrotizándose dentro de las rayas cloróticas; existe un amarillo hasta la desecación de las hojas, partiendo del ápice de las hojas.

No existen síntomas específicos de toxicidad de Mg, pero podría causar un desbalance con Ca y K, y esto es muy dañino para las raíces que son muy susceptibles a la deficiencia de Ca. También puede provocar deficiencias de Mn, principalmente en suelos pobres en este elemento.

Azufre: cuando existe deficiencia de S, las hojas más jóvenes en la mayoría de los casos (incluyendo nervios principales) muestran un color verde claro hasta amarillo verdoso y amarillo, los nervios foliares frecuentemente son más claros que la lámina foliar. La planta adquiere un color verde más claro y un aspecto rígido, el brote es corto y débil, y las raíces son de un color blanco y muy ramificadas. Los síntomas podrían confundirse con una deficiencia de N.

Daños debido a un exceso de sulfato en el suelo ocurren raramente, y si se da, los efectos directos son manchas de color pardo o pardo oscuro hasta pardo rojizo en las hojas, frecuentemente rodeadas de un borde un poco más claro.

Pueden existir daños causados por lluvia ácida por parte del SO_2 y NO_x , y también por HCl y HF, mostrando síntomas dañinos similares a la deficiencia de Mg y K. En casos graves se da una necrosis aguda.

MANEJO DE LA NUTRICIÓN

Los análisis de suelos en suelos forrajeros, se han utilizado solamente para detectar niveles de deficiencia o toxicidad de algún elemento, que restrinja el crecimiento del cultivo adecuadamente y buscar una posible solución.

ENCALADO

Es una práctica que no es común es forrajes, pero cuando se realiza se acostumbra utilizar carbonato de calcio y dolomita para tratar de reducir la acidez y aumentar un poco el magnesio, cuando se agrega dolomita.

Bajo las condiciones tropicales en pastos no se han observado un buen resultado a la aplicación de cales, probablemente porque gran parte de las especies que comúnmente crecen son menos exigentes en Ca y son tolerantes a la acidez intercambiable. Pero se debe aplicar en suelos con problemas de acidez y bajos en Ca, donde existan especies mejoradas no tolerantes a la acidez del suelo. Otra ventaja del encalado es que aumenta el pH del suelo, disminuido principalmente por el lavado de bases y por la aplicación masiva de nitrógeno, que genera un efecto residual ácido.

La decisión de encalar se debe tomar tomando como base el análisis de suelo y considerando los siguientes indicadores de acidez:

- a) $\text{pH} < 5.5$
- b) acidez o Al intercambiable $> 0.5 \text{ cmol}(+)/\text{L}$
- c) suma de bases $< 5 \text{ cmol}(+)/\text{L}$
- d) % de saturación de acidez o Al intercambiable > 10 a 60% (dependiendo de la tolerancia de la especie forrajera utilizada al % de acidez en el suelo)

FERTILIZACIÓN:

Dosis: Una de las características más importantes de tomar en cuenta al dosificar áreas de pastoreo, es la deposición de heces fecales y la orina. Esta aporte permite que se reciclen alrededor de partes de los elementos mayores. No sucede lo mismo en forrajes de corte, ya que se retiran del terreno los nutrientes que se utilizaron para el desarrollo (Gutiérrez, 1996). Hay que considerar también que del total de excretas por día un 30% lo realiza la vaca en la lechería.

A continuación se presenta un ejemplo con una finca de 30 ha y con 70 vacas de ordeño, analizando el aporte de N, P y K, en las excretas:

Cuadro 10. Determinación del aporte de nutrientes por parte de las excreciones animales.

Peso del animal (Kg)	400		
Porcentaje de excreta (animal 400 kg)	8%		
Kg de excreta fresca.	32		
MS en excreta (%)	18%		
Kg de MS	5.76		
% N en excretas	1.60%		
% P en excretas	1.20%		
% K en excretas	1.80%		
kg MS queda en lechería (30%)	1.728		
kg MS queda en pastizal (70 %)	4.032		
UA/ha 2.8 (1.2*70)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
kg /vaca/día pastizal	0.06	0.05	0.07
kg /vaca/día lechería	0.03	0.02	0.03
kg /vaca/día total	0.09	0.07	0.10
kg ha/año de 70 vacas, pastizal	66	49	74
Kg año total/ha/año	94	71	106
kg año total en pastizales (30 ha)	1978	1483	2225
kg año total en finca (30 ha)	2826	2119	3179

NITRÓGENO: Como el N es el elemento que más limita la producción de forrajes, la dosis aplicada afecta la eficiencia de aprovechamiento, ya que a medida que se incrementa su utilización para producir cada unidad de biomasa se reduce, y también se aumentan las pérdidas por volatilización y lixiviación, y es mayor la inmovilización y fijación en el suelo

Para obtener un uso eficiente del nitrógeno, la dosis total anual deberá fraccionarse mínimo 3 veces y aplicarse durante la época lluviosa o con aplicación de riego; ese fraccionamiento se deberá aumentar cuando el suelo es franco o arenoso y exista mayor cantidad de lluvias intensas y frecuentes.

La dosis de N en el fraccionamiento por corte o pastoreo, no debe ser mayor de 50 kg/ha en forrajes de alta productividad, y en las de mediano rendimiento entre 25 y 40 kg/ha. Obviamente la eficiencia del fertilizante nitrogenado aumenta con la luz, la temperatura y la humedad del suelo (Gutiérrez, 1996). Acosta (1995) en Costa Rica recomienda no excederse de 100 kg/ha en una sola aplicación para prevenir problemas de envenenamiento con nitratos, ya que ocurre cuando los niveles de nitratos (N-NO₃) son mayores de 0.3%.

En el ciclo del P, el proceso de fijación, es uno de los aspectos más importantes que se deben considerar para una fertilización. En este proceso ocurren transformaciones de fosfatos monocálcicos solubles (superfosfatos) en fosfatos menos solubles de Ca, Al o Fe, por reacciones de precipitación y adsorción. Es evidente que el pH del suelo tiene un efecto grande en las formas de P presentes, pues el fosfato ligado al Ca es estable en suelos alcalinos y los fosfatos ligados al Al y Fe son estables en suelos ácidos. Se ha encontrado que la capacidad de fijación del P correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica, hidróxidos libres de Fe y Al, y el tipo de arcilla (alofanos fijan más que R₂O₃ y estos más que arcillas 1:1 y estas más que las 2:1), siendo el pH uno de los factores más importantes.

Es muy conocido que los fertilizantes fosfatados solubles en agua se fijan rápidamente al suelo, pero para optimizar la fertilización se debe considerar: concentración de P original en el suelo, la cantidad a aplicar (equiparada con lo extraído por el cultivo) y las transformaciones de P en el suelo. Además son importantes otras características específicas del suelo como pH, materia orgánica, carbonatos y sesquióxidos libres; del cultivo el sistema radical y duración del ciclo, y del sistema de explotación como rotación y laboreo del suelo.

Para el K es importante tomar en cuenta que el ganado devuelve al suelo como el 85% del potasio que fue extraído por el pasto, a través de las heces y orina, en aquellos sistemas de ganadería intensiva donde se distribuyen las deyecciones sobre los pastos y con carga animal alta, en donde la cantidad de K que hay que restituir es menor que en sistemas de explotación por cortes, que no restituyen y por lo tanto, habrá que aplicar cantidades mayores.

Es importante tomar en cuenta la fijación de K en los diferentes suelos para obtener una dosis más satisfactoria. Henríquez *et al.* (1994) encontraron que la fijación en Inceptisoles fue de un 33% (pero el 80% de los suelos estudiados fluctuaron entre el 20 y 60%), en los Andisoles de un 29% (65% de las muestras presentaron fijaciones entre 20 y 40% y un 8% tuvo valores mayores de 60%) y en los Ultisoles un 16% (60% de los suelos presentaron fijaciones inferiores a 20%)

Cuadro 11. Dosis recomendada en la literatura para kikuyo (*Pennisetom clandestinum*).

N	P ₂ O ₅	REFERENCIA
213	40	Acosta, 1995
240	-	Machado, 1997
240	-	Alvarado, 1985
215	40 - 130	Dos Pinos, 1997
200	65	López, 1985
240	-	Arriaga, 1983
Ambito (213-240)	(40-130)	

Cuadro 12. Dosis recomendada en la literatura para Estrella (*Cynodon nlemfluensis*)

N	P ₂ O ₅	REFERENCIA
213	40	Acosta, 1995
250	60	Arriegas, 1989
215	60	CATIE, 1991
250	80 - 130	Dos Pinos, 1997
320	65	López, 1985
Ambito (213-320)	(40-130)	

Cuadro 13. Síntesis de dosis recomendadas en la literatura, uniformando unidades para el pasto Elefante o gigante (*Pennisetum purpureum*)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Referencia	Lugar
	35	70	35	Acosta, R.	Costa Rica
	250	70	16	M. A. G.	Costa Rica
	250	70	8	M. A. G.	Costa Rica
	250	70	0	M. A. G.	Costa Rica
	250	35	16	M. A. G.	Costa Rica
	250	0	16	M. A. G.	Costa Rica
Ambito	35-250	0-70	0-35		
Promedio	214.2	52.5	16.2		

Cuadro 14. Síntesis de dosis recomendadas en la literatura, uniformando unidades para el pasto elefante o gigante (*Pennisetum purpureum*).

Rendimiento meses	kg/ha/2 meses						Lugar	Referencia
	N	P	K	Ca	Mg	S		
7.1	60	13.2	32	-	-	-	Guatemala	Gutierrez, 1970
4.7	76	12.2	76	-	-	-	Puerto Rico	Vicente-Chandler et al, 1970
4.8	76	12.4	76	-	-	-	Puerto Rico	Vicente-Chandler et al, 1970
7.0	142	17.2	150	-	-	-	Puerto Rico	Vicente-Chandler et al, 1970
5.2	104	12.4	110	-	-	-	Puerto Rico	Vicente-Chandler et al, 1970
4.4	42	-	-	-	-	-	Guatemala	ICTA, 1981
7.0	38	-	-	-	-	-	Guatemala	Vargas et al, 1988
7.0	300	-	-	-	-	-	Puerto Rico	Vicente-Chandler, 1974
9.4	50	-	-	-	-	-	Guatemala	Franco, 1978
5.0	74	-	-	-	-	-	Puerto Rico	Chandler, 1972
2.6	42	-	-	-	-	-	Cuba	Rodriguez, 1983
1.8	16.6	-	-	-	-	-	Cuba	Rodriguez, 1983
3.4	66	-	-	-	-	-	Cuba	Rodriguez, 1983
4.6	100	-	-	-	-	-	Cuba	Rodriguez, 1983
Bueno	350	70	400	110	70	80	Colombia	Silva, 1980*

* reportado en kg/ha

Fuentes: La fuente nitrogenada menos efectiva en forrajes es la urea, debido a las grandes pérdidas por volatilización (se incrementa con aplicaciones al voleo, en suelos alcalinos, con bajo intercambio iónico, en climas con alta temperatura y baja humedad ambiental y de suelo). El nitrato de amonio tiene un efecto benéfico más prolongado, por tener una parte como NO₃⁻ que la planta utiliza inmediatamente y otra como NH₄⁺ que se puede retene al suelo y transformar a NO₃⁻.

FÓSFORO: en suelos tropicales ácidos, la mejor opción parece ser el uso de la roca fosfórica, pues es de reacción lenta y puede evitar en parte ser fijado al suelo, dando más oportunidad a las plantas de irlo aprovechando al transcurrir el tiempo con forme se va solubilizando. Las fuentes más comunmente utilizadas son el triple superfosfato y el superfosfato simple, por su alta solubilidad y fácil asimilación por las plantas, pero eso mismo en suelos tropicales se constituye en arma de doble filo, pues son más fáciles de fijar por reaccinar más rápido con el suelo, pudiéndose fijar el P.

Cuadro 15. Fórmulas de fertilizantes recomendadas para pastos en Costa Rica.

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃	Ca	S	Otros
Pastofétil	18	11	6.3	5	0.4		6.6	
Nitrofétil 28	20			8				
Nitrocal	23.4					7.7		
Nitrato de Calcio	15					19.4		
Nitrato de Sodio	16							26 Na
Nitrosul	24.3						7.4	
Nutran	33.5	0	0					
Sulfato de amonio	21						23.7	
Urea	46	0	0					
DAP	16-21	48-53	0					
Triple superfosfato		46				13		
Superfosfato sencillo		20				20	12	
Roca fosfórica		30-36				33		
MAP	11		48					
10-30-10	10		30	10				
12-24-12	12		24	12				
Cloruro de Potasio				60				47 Cl
Sulfato de Potasio				50			17	
Nitrato de Potasio	13			44				
Sulfato de Magnesio					17		14	
Estiércol	18	30	33					

Métodos y épocas: Generalmente la fertilización en pastos se realiza al voleo aunque también se puede aplicar en forma localizada especialmente con elementos que se fijan como es el caso del fósforo a la siembra.

Nitrógeno: se recomienda realizar las fertilizaciones en la época de lluvia ya que esto favorece la incorporación de los nutrimentos al suelo, mayor aprovechamiento por la planta y menos pérdidas por volatilización, pero debe cuidarse pérdidas por lixiviación; esto para fincas donde no hay sistemas de riego. La fertilización se debe realizar después del pastoreo en cada uno de los apartos de la finca durante la época lluviosa, por lo que la dosis total del fertilizante se debe dividir entre el número de veces que pasa el ganado por los apartos durante esa época lluviosa, pero si posee riego entre el número de veces durante todo el año. La distribución de las lluvias rige en gran medida el patrón de crecimiento de los pastos, propiciando que el nitrógeno sea mejor y más aprovechado.

Fósforo: se recomienda que se procure incorporar al suelo en el establecimiento de los pastos, sin embargo, algunos indican que se da una reducción en la disponibilidad motivada por la inmovilización del fósforo en el suelo al transcurrir el tiempo. Con el método de aplicación, a la siembra se puede aplicar el fertilizante en bandas a los lados o por debajo del surco donde estén colocadas las semillas para evitar el contacto directo; en suelos ácidos es mejor utilizar roca fosfórica distribuida al voleo, para hacer más factible su reacción con el suelo que el P se haga disponible en forma gradual, y las fórmulas solubles deben aplicarse localmente. También, cuando se pueda, es conveniente incorporarlo para propiciar un mejor aprovechamiento. En forrajes establecidos funciona bien la distribución superficial al voleo, principalmente en gramíneas, pero si las plantas poseen un sistema radical profundo como las leguminosas, no podrán aprovechar bien el elemento en esas condiciones.

Potasio: no es tan móvil como el N pero puede perderse con cierta facilidad, principalmente en suelos francos a arenosos y en aquellos con baja capacidad de intercambio iónico (como los Ultisoles), donde la dosis total anual hay que fraccionarla en 2 o 3 aplicaciones, y donde las pérdidas por lixiviación son mínimas, con una sola aplicación es suficiente. Si las dosis son muy elevadas es mejor fraccionarlas en 2 o 3 aplicaciones al año, para evitar el consumo de lujo.

Abonos orgánicos: el aplicar abonos orgánicos al suelo es útil para mantener la fertilidad y productividad de los suelos, ahorra fertilizantes y contribuye a darle sostenibilidad al sistema de producción, aprovechando un subproducto abundante de la ganadería como es el estiércol.

La aplicación de abonos orgánicos tiene un efecto tardío o a largo plazo, porque los nutrimentos se encuentran en formas orgánicas que requieren mineralizarse. Este efecto tardío puede llegar a ser igual o mejor que una aplicación individual de fertilizantes.

Es importante considerar que la composición química de los estiércoles y otros residuos orgánicos, varía mucho con la especie animal, de la actividad de la cual procede y de las condiciones en que se mantuvo.

También hay que tener presente que el estiércol es una mezcla de heces y orina, con una población microbiana abundante, un potencial fermentativo grande y puede aportar patógenos.

El abono orgánico se debe distribuir bien y aplicarlo en períodos con suficiente disponibilidad de agua.

Debido a que los estiércoles no abundan lo suficiente para cubrir la demanda de abono en la finca, existe la posibilidad de realizar una compostera para descomponer previamente el material, proceso que es benéfico porque el material es más rico en elementos químicos disponibles para las plantas. En Guatemala se han realizado ensayos con abonos orgánicos en *Pennisetum purpureum* o pasto gigante aplicando 0, 10, 20, 30 y 40 t base fresca/ha de gallinaza y 0, 30, 60, 90, 129 t base fresca/ha de estiércol bovino, donde se obtuvo que la aplicación de cualquiera de esos materiales aumentó el rendimiento del forraje de 45 a 83%, y que no se justificaba aplicar cantidades mayores de 20 y 30 t/ha base fresca de gallinaza y estiércol bovino, respectivamente.

Cuadro 16. Composición química de algunos residuos orgánicos

material residual	porcentaje en base seca		
	N	P	K
estiércol vacuno	1.14	0.15	0.7
estiércol porcino	1.12	0.22	0.22
estiércol ovino	2.15	0.47	2.05
gallinaza	1.94	0.71	2.38
excretas de conejo	1.91	1.38	1.3
estiércol caprino	2.38	0.57	2.5
estiércol caballar	1.98	1.29	2.41
cachara	2.89	1.52	0.39
guano de murciélago	8.5-9.2	4.6-5.5	1.8-2.6
residuo de matadero de aves	7.05	1.08	0.21
residuales de fábrica de tórrula mg/l	190	50	615
aguas albañales, mg/l	12.3	2.86 P2O5	13.3 K2O

Fuente: Gutierrez, 1996

Abonos foliares: en fertilización de forrajes no se acostumbra el uso de abonos foliares.

LITERATURA CONSULTADA

- ACOSTA, R. 1995. Fertilizantes y pastoreo rotacional: dos técnicas para alta Producción de leche y carne CAFESA. San José, Costa Rica. 75 p.
- ALVARADO, A. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada y edad de corte sobre la producción. Acapulco, México.
- ARAYA, E. 1990. Respuesta del pasto kikuyo a la fertilización foliar en base a aminoácidos y a la fertilización nitrogenada. Tesis :Grado Lic. Zootecnia, UCR, Costa Rica.
- ARRIAGA, M. 1983. Efecto de cinco edades de corte y cinco niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento y calidad del pasto estrella africana. UCV. Venezuela.
- ARRIOJAS, L. 1989. Aspectos relevantes de la fertilización de pastizales. UCV. Maracay, Venezuela.
- BERGMANN, W. Nutricional disorders of plants: colour atlas.
- BENTON, J.J; WOLF, B.; MILLS, H.A. 1991. Plant analysis hanbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia, USA. 213 p.
- BOTERO, R. 1994. La ganadería intensiva basada en praderas como opción sostenible de diversificación para la zona cafetalera colombiana. Carta Ganadera. Colombia 31 (2): 36-37.
- CATIE. 1991. Ganadería y recursos naturales en América Central : Estrategias para la sostenibilidad. MEMORIAS DE SIMPOSIO MEMORIAS DE SIMPOSIO. San José, Costa Rica.

- CHANDLER, J.V. 1972. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. *Bulletin* 187. Dec 64. University of Puerto Rico.
- CUSSIANOVICH, P. 1996. El contexto económico comercial de Costa Rica y el sector agropecuario. Instituto Nacional de Aprendizaje. Núcleo Formación y Servicios Tecnológicos para el sector Agropecuario. 22p.
- DOS PINOS. 1997. Manual de nutrición de pastos. San José, Costa Rica.
- ESQUIVEL, T. 1993. Parámetros técnicos de las fincas lecheras bajo asistencia técnica computarizada de la Región de San Carlos. Informe Centro Análisis de la producción lechera, CAPLE. 4p.
- JIMENEZ, C; ROJAS, W. 1996. Composición química aproximada de las principales fuentes orgánicas e inorgánicas, más utilizadas para el abonamiento de pasturas y recomendaciones de uso. S.J, Costa Rica.
- GUTIÉRREZ, M.A. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala: su manejo y utilización, base de la producción animal. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Zootecnia. Guatemala. 318 p.
- GUTIÉRREZ, M. 1999. Comunicación Personal. Departamento de Capacitación y Asistencia Técnica. Cooperativa de Productores de Leche R.L. San José, Costa Rica.
- HENRÍQUEZ, C.; BORNEMISZA E.; BERTSCH, F. 1994. Fijación de potasio en Vertisoles, Inceptisoles, Andisoles y Ultisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18(2):133-140.
- LOPEZ, C. 1985. Respuesta del kikuyo a la fertilización. *Revista Agronomía Costarricense*. UCR. Costa Rica.
- LÓPEZ, T. 1997. Análisis de las implicaciones para Costa Rica de la situación y de la evolución del Mercado Mundial. In Entorno comercial y perspectivas del sector lácteo. Cámara Nacional de Productores de Leche. San José Costa Rica. p : 44-66
- MACHADO, D; DAVILA , C. 1997. Efecto de preplantas a la fertilización. Universidad de Los Andes, Venezuela. CAB Abstracts 1996-1/1998.
- MATA, E; Cussianovich, P. 1996. Del GATT (Acuerdo General Sobre aranceles y comercio): Implicaciones para el sector agropecuario. Instituto Nacional de Aprendizaje. Núcleo Formación y Servicios Tecnológicos para el sector Agropecuario. 37p.
- MAYRA MONTIEL.1983. Principios básicos de gramíneas y leguminosas forrajeras. Editorial UCR, San José, Costa Rica.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1963. Nuevos Pastos de altura y su fertilización Boletín Técnico N° 44. San José, Costa Rica. p. 11-13.
- MAG. 1966. Cultivo de pastos de Costa Rica: Manual de recomendaciones. Boletín Técnico N° 51. San José, Costa Rica. p. 21-25.
- ROJAS, A. 1999. Conversación Personal. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- SALAZAR, M. 1999. Conversación personal. Escuela de Economía Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- TEJADA, F. 1998. Diagnóstico del Sector Lácteo en República Dominicana. Editora de colores S.A. Santo Domingo, República Dominicana. 126p.
- VARGAS, E; FONSECA H. 1989. Contenido Mineral y proteico de forrajes para rumiantes en Pastoreo en Costa Rica. 1° ed. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 217 p.
- VILLEGAS, L. 1993. Situación actual y perspectivas del sector lechero. IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Vol 1:52.

PALABRAS CLAVES: *fertilización, nutrición, suelos*

FERTILIZACIÓN DE HORTALIZAS ORGÁNICAS

Gabriel Rodríguez

Jugar del Valle, Laguna, Alfaro Ruíz

Gabriela Soto M.

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Dentro de la producción orgánica del país, las hortalizas orgánicas son el producto más importante a nivel de consumo nacional (Payne, 1997). La demanda por estos productos se ha incrementado por la creciente conciencia del riesgo que implica para los consumidores y sus familias, el consumo de alimentos donde se abuse en el uso de plaguicidas. Este riesgo se considera aún mayor en el caso de las hortalizas por ser muchas de ellas de consumo fresco (Van Bemmelen, 1995. Proyecto Estado de la Nación, 1998). Sin embargo, las hortalizas orgánicas todavía representan menos del 0.1 % de la producción nacional de hortalizas.

El interés de analizar en este contexto este sistema productivo no es por el volumen de producción sino por el sistema mismo. La producción orgánica rompe con el paradigma de la dependencia que tiene nuestra agricultura en la utilización de agroquímicos sintéticos. Demuestra que es posible sembrar y cosechar productos sanos y abundantes sin la utilización de agroquímicos, lo que hoy, como secuela de la revolución verde, se creía imposible (Castañeda, 1995).

Agricultura orgánica no es sin embargo, una simple sustitución de insumos sintéticos por insumos biológicos, sino un cambio en la filosofía de producción y de vida (Castañeda, 1995). Implica mejorar el manejo de recursos tales como agua, biodiversidad, suelo, luminosidad, para asegurarse la sostenibilidad de los sistemas productivos para cumplir al largo y al corto plazo, con la demanda actual de alimentos (Castañeda, 1995).

Existe actualmente a nivel mundial una normativa de certificación que define claramente lo que se comercializa como producto «orgánico» (Ley de la Unión Europea, Codex Alimentarius, IFOAM, etc.). Esta normativa define que insumos se pueden utilizar, las distancias entre una finca convencional y una finca orgánica, los años que deben transcurrir entre la última aplicación de agroquímicos y la posible cosecha de un producto orgánico, etc. En Costa Rica, la Ley Orgánica del Ambiente (1995) establece a la Dirección de Protección Fitosanitaria del Ministerio de Agricultura como el ente acreditador de los sistemas de certificación nacional y el Decreto 24242-MAG (1997), adscrito a dicha ley, establece las normas básicas nacionales de producción orgánica. Todo productor que desee comercializar sus productos como orgánicos, debe de estar registrado en la Dirección de Protección Fitosanitaria y debe estar certificado por una agencia acreditada ante la misma dirección. Estas normativas buscan dar al consumidor confianza en la integridad de la calidad orgánica de los productos que consume como «orgánicos».

La mayor producción de hortalizas orgánicas en nuestro país se da en el cantón de Alfaro Ruíz (Estado de la Nación, 1998). Esto se debe básicamente a dos factores. En primera instancia la pasantía realizada en la zona por el técnico voluntario japonés Shogo Sasaki, quién capacitó a un grupo de productores al final de la década de los ochentas, en técnicas y conceptos de producción

orgánica japonesa. Y el segundo factor es el terreno fértil donde cayó la semilla sembrada. Los agricultores creyeron que era posible cultivar de forma orgánica y decidieron convertir sus fincas al nuevo sistema (Guerrero, 1998, Rodríguez y Paniagua, 1995). Hace ya casi 10 años de estos primeros pasos, y hoy en día se han consolidado varios grupos de productores orgánicos en la zona, dentro de los que sobresalen el grupo de Jugar del Valle de Laguna y el grupo APOETAR de Tapezco.

El trabajo de estos agricultores ha tenido un gran impacto en la producción orgánica de la región, como ejemplo para muchísimos otros productores nacionales e internacionales. Con su tenaz labor ellos lograron demostrar que era posible cultivar hortalizas orgánicas en forma económicamente sostenible. Y el impacto de su trabajo se ha visto multiplicado por el sin número de capacitaciones que ellos han realizado. Jugar del Valle tiene un Centro de Capacitación, donde llegan agricultores nacionales e internacionales a recibir cursos de una semana impartidos totalmente por los mismos agricultores. El grupo APOETAR, por su parte, colaboró durante muchos años con el Programa de Agricultura Orgánica, del convenio Universidad de Costa Rica/gobierno de Japón/Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), recibiendo en su finca semanalmente a los participantes al curso. Son los productores de Zarcero los que hoy suplen a la Corporación Más x Menos y a la Corporación Auto Mercados de sus hortalizas orgánicas.

La zona Norte de Cartago también produce hortalizas orgánicas, pero en un volúmen mucho menor. La Asociación de Productores Orgánicos de la Zona Norte de Cartago (APROZONOC) agrupa alrededor de 40 productores orgánicos, su mayoría en transición hacia la agricultura orgánica (Coto, 1999). La comercialización es principalmente en las Ferias del Agricultor. Otros esfuerzos individuales se han observado en Grecia, San Pedro de Poás, San Ramón, Escazú y Tilarán. En su mayoría apoyados por organizaciones no gubernamentales como CODECE, CEDECO, AUPA, CENAP, etc.

La mayoría de las hortalizas que se producen en forma orgánica son: lechuga, brocoli, acelga, culantro, perejil, remolacha, repollo y zanahoria. La producción de papa, cebolla, chile dulce y tomate es ocasional.

Para la elaboración de este documento nos vamos a basar sobre todo en la experiencia de los productores de Alfaro Ruiz, por ser los que tienen una trayectoria más amplia en el tema. Aunque se consultaron diferentes fuentes de todas las zonas productivas.

MANEJO DEL SUELO EN LA FINCA DE HORTALIZAS ORGÁNICAS

CONCEPTOS BASICOS EN EL MANEJO DEL SUELO

El manejo del suelo en la finca orgánica parte de varios principios básicos:

* **Productividad a largo plazo.**

El productor orgánico está muy claro de la característica «no renovable» de muchos de sus recursos, por lo que busca como manejarlos de tal forma que le permitan mantener una buena productividad a largo plazo. No piensa solo en la cosecha de este año, sino en las cosechas futuras. Espera que su hijo también pueda vivir de esa tierra (Guerrero, 1998, Rodríguez y Paniagua, 1995).

- * El suelo como ente fundamental de un sistema productivo en equilibrio.
El productor orgánico da un alto valor a su suelo. Se considera el recurso número uno de su finca, y se maneja y se cuida como tal. Un manejo adecuado del suelo es la mejor forma para evitar problemas de plagas y enfermedades posteriores en los cultivos (Howard, 1920, Rodríguez y Paniagua, 1995).
- * El suelo como algo más que un sostén físico y un acarreador de nutrimentos.
Esta visión del suelo ha ido cambiando últimamente tanto en agricultores convencionales como orgánicos. El productor orgánico establece un plan de manejo del suelo a corto y largo plazo. En este plan la manutención y cuidado de la flora y fauna del suelo son fundamentales (Guerrero, 1998, Rodríguez y Paniagua, 1995).
- * La biodiversidad en el suelo ayuda a mantener el equilibrio del sistema.
Para el productor orgánico no solo se trata de proteger la vida del suelo, sino y sobre todo la biodiversidad del sistema suelo y finca (Ingham, 1997, Primavesi, 1982).

Estos cuatro principios básicos hacen que la visión del agricultor de hortalizas, al pensar en el sistema de nutrición de sus cultivos, no solo esté pensando en los requerimientos nutricionales de las hortalizas, pero en un manejo global de sus suelos. A continuación se describen las prácticas más comúnmente utilizadas para manejo de la fertilidad en fincas de hortalizas orgánicas.

PRÁCTICAS MÁS COMUNES DE MANEJO DE SUELOS EN FINCAS DE HORTALIZAS ORGÁNICAS

* **ROTACIÓN DE CULTIVOS**

Este aspecto es fundamental para el manejo del suelo como sustrato de nutrimentos y de enfermedades para el cultivos. El productor de hortalizas orgánicas rota normalmente entre cultivos de hoja y de raíz, dejando períodos de barbecho de 2 meses, después de varios ciclos de hortalizas.

Sin embargo, en Jugar del Valle, desean manejar mejor su rotación para evitar estos períodos de barbecho por el alto costo económico que implican para un productor que normalmente cuenta con poco terreno. Para esto es necesario seleccionar muy bien los cultivos que se utilicen en la rotación, de tal forma que cada uno de los cultivos aporte diferentes materiales al suelo, favoreciendo su biodiversidad y estabilidad, pero que también sean de interés económico para el productor. Entre los cultivos a introducir en la rotación se han considerado las gramíneas como maíz o avena, como fuentes de carbono y leguminosas como fuentes nitrógeno.

* **USO DE COBERTURAS**

El uso de coberturas, aunque muy generalizado en fincas orgánicas en Estados Unidos, no es muy común entre los productores de hortalizas en nuestro país. En la zona norte de Cartago, la UCR/MAG/IICA-GTZ han montado algunos ensayos para evaluar diferentes coberturas, a ser utilizadas como cultivo intercalado o para rotación de cultivos. Pero el proceso de investigación está en sus estadios iniciales.

* **USO DE ABONOS ORGÁNICOS**

Tipos de abonos

La producción de abonos orgánicos ha sido el área prioritaria en el manejo de suelos de la finca orgánica, para productores y capacitadores. Se ha observado un proceso evolutivo desde sus inicios con la receta original de «bocashi» del Ing. Sasaki, la adaptación de este sistema a las condiciones locales de cada productor y la influencia de otros sistemas de elaboración de abonos que han venido a ampliarle al productor los criterios en la producción de abonos. Es posible actualmente, encontrar productores que se apegan al sistema tradicional de bocashi, mientras que otros prefieren modificarlo y adaptarlo. Es por esto que creemos que vale la pena discutir cada paso.

La receta original de Shogo Sasaki comprende la preparación de una mezcla de gallinaza (3 partes), carbón (3 partes), semolina (1 parte), suelo (3 partes) y granza (3 partes), volteada regularmente una o dos veces al día, en un proceso completamente aeróbico. No se permite que las temperaturas suban a más de 45-50°C, y el material se seca en una o dos semanas. El proceso es un compostaje incompleto, las temperaturas bajan al disminuir el contenido de agua de los materiales (Sasaki, 1994).

Este sistema de producción de abonos presenta las ventajas de tener altos contenidos de nitrógeno (ver análisis en Cuadro 1.), fácilmente disponible por la población de microorganismos que se le ha formado, ser de rápida elaboración y una rápida respuesta a nivel de suelo. La acogida a este sistema de producción de abono ha sido notoria y fue adaptado por un gran número de productores orgánicos. Es el sistema utilizado por el INA en sus capacitaciones en todo el país. Algunos productores consideran esta «la « forma correcta de producir abonos orgánicos.

Sin embargo, esta receta presenta los inconvenientes de la disponibilidad de las materias primas que no siempre están accesibles en todas las comunidades o los costos de transporte de las mismas hacen prohibitiva su elaboración. Para solucionar esto, los productores han mantenido la metodología pero han ido modificando la lista de materias primas, agregando materiales que son más fácilmente accesibles para ellos. A este material se le ha denominado «TICASHI» (Guerrero, 1998). Nombre por el que se le conoce en países vecinos como Panamá y Guatemala.

En el caso de Jugar del Valle se utilizó la receta original del bocashi desde 1988 hasta 1992. En ese año se empezaron a hacer modificaciones con la adición de estimuladores como la melaza y la levadura. Se observó un incremento en el contenido de fósforo original pasando de 48 ppm a 78 ppm. Luego se empezaron a adicionar otros materiales como residuos de la finca, aserrín, etc. Hoy en día la receta ha cambiado drásticamente: aserrín, pulpa de café, boñiga, desecho de cosecha, pastos y desechos de fruta.

En la zona de Cartago también se han observado cambios drásticos entre los productores, cada uno creando diferentes mezclas con los recursos locales. El análisis químico de los abonos no es una práctica muy generalizada entre productores, dado el costo de los mismos. En la mayoría de los casos con los que se cuenta análisis es por financiación externa. El cuadro 1 recopila análisis del abono utilizado actualmente en la finca Jugar del Valle.

Cuadro 1. Contenido de nutrientes del abono orgánico producido en la finca Jugar del Valle.

Abonos de Jugar del Valle	(%)					mg/Kg			
	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
1994*	1.18	0.7	2.05	0.21	0.5	2304	19	61	506
1999	1.36	0.90	1.43	0.52	2.71	1024	64	64	609

* Rodríguez y Paniagua, 1994.

En su mayoría, las recetas de abono orgánico buscan suplir un rango amplio de nutrientes, para una gama de cultivos, sin embargo los productores utilizan también insumos que pueden enriquecer sus materiales para requerimientos específicos del cultivo o limitantes del suelo. Por ejemplo si se observan deficiencias de boro, se adiciona miel de purga al compost, si falta P o Mg, Roca fosfórica, cal dolomita o gallinaza, que son altas en estos nutrientes (Rodríguez y Paniagua, 1995).

Dosis de aplicación

Las dosis de aplicación de los materiales han sido descritas en varias publicaciones previas (Rodríguez y Paniagua, 1995, Guerrero, 1998, Cussianovich, 1998). Dependen un poco del estadio del cultivo, pero varían poco con la hortaliza que se trabaje, con algunas excepciones.

También se verá mucha variación dependiendo del estado de formación del suelo. En fincas convencionales que hacen su transición a orgánico las dosis pueden ser mucho más altas que en una finca con 10 años de manejo orgánico. Este es el caso de Jugar del Valle, donde anteriormente se utilizaban 40 ton/Ha de abono orgánico, aplicado en pequeñas cantidades en cada ciclo del cultivo. Actualmente Jugar del Valle aplica aproximadamente de 4 a 5 ton de abono orgánico/Ha. Es importante ver los resultados que este tipo de abonos han tenido sobre características de suelo tales como pH, Mg, K, y Ca (Cuadro 3).

VIVERO

En el vivero la dosis que se ha acostumbrado utilizar es alrededor de un 20-30% de abono orgánico con un 70-80% de suelo. Guerrero (1998) y Rodríguez y Paniagua (1995) recomiendan el uso de suelo rojo por tener una población menor de organismos patógenos. El suelo es solarizado previamente.

PLANTACIÓN

Las dosis de aplicación varían de acuerdo al cultivo y la zona de siembra. A continuación se da una tabla que recopila datos de diferentes hortalizas en la zona de Alfaro Ruíz (tomados de Cussianovich, 1998). El objetivo de presentar esta tabla es dar una idea de las dosis utilizadas en algunas de las fincas orgánicas de la zona de Zarcero. La producción orgánica se basa en que cada circunstancia es diferente, y las recomendaciones de dosis de abono no pueden ser copiadas literalmente de una finca a otra. Deben ser adaptadas y analizadas según las condiciones del suelo, del abono y del cultivo.

Cuadro 2. Dosis de abono orgánico utilizado para varias hortalizas orgánicas cultivadas en la zona de Alfaro Ruiz, Costa Rica.

HORTALIZA	Fechas de aplicación	Número de plantas por Ha	Dosis abono orgánico (Ton/Ha)	Producción estimada /Ha.
Brecoli (<i>Brassica oleracea</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días d. t.	40 000	30	22 100 Kg.
Culantro (<i>Coriandrum sativus</i>)	A la siembra	20 Kg	46	104000 rollos
Lechuga americana (<i>Lactuca sativa</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días d. t.	60000	32	57200 u.
Lechuga criolla (<i>Lactuca sativa</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días d. t.	94000	23	90000 u.
Perejil (<i>Petroselinum crispum</i>)	A la siembra, 0,5, 2,5 y 3.5 meses después trasplante.		14	284 375 rollos
Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	Durante la preparación del terreno y 8 días d. t.	80000	53.3	75 800 u.
Repollo morado (<i>Brassica oleracea</i> var. capitata)	Durante la preparación del terreno y 8 días d. t.	35 000	50	32 500 kg.
Repollo verde (<i>Brassica oleracea</i> var. capitata)	Durante la preparación del terreno y 8 días d. t.	48000	42	39 600 kg.
Vainica (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	A la siembra y 10 días después de la siembra.	67 kg semilla	6.3	10 720 Kg
Zanahoria (<i>Daucus caroto</i>)	Durante la preparación del terreno	2.6 Kg semilla	3.8	27 600 Kg

Datos tomados de Cussianovich, 1998.

Formas de aplicación del abono orgánico

La mayoría de las aplicaciones se hacen en mezcla en la preparación del suelo, al fondo del surco al la siembra o un lado de la planta una o dos semanas después del trasplante. Primavesi (1984) no recomienda la incorporación de la materia orgánica en el suelo dado el bajo contenido de oxígeno del suelo, lo que desfavorece la descomposición de los materiales. Por lo que se recomienda que en caso de incorporarse al suelo, no se haga en forma muy profunda.

* USO DE ENMIENDAS MINERALES

En la lista de insumos permitidos para producción orgánica de la Unión Europea, que recopila los productos por nombre genérico, aparecen «el polvo de roca». El Instituto de Revisión de Materiales para Producción Orgánica de Estados Unidos (OMRI) es un poco más restrictivo, ya que establece que todo producto mineral extraído puede ser utilizado siempre y cuando no sufra ningún cambio en su estructura molecular a través de calentamiento o combinación con otras sustancias (OMRI, 1999). Esto hace que la una gran mayoría de enmiendas en el mercado puedan ser utilizadas en agricultura orgánica, pero el productor en general conoce muy poco de ellas, con la excepción del carbonato de calcio, la cal dolomítica y un poco menos, la roca fosfórica. Es importante recordar, sin embargo, que la filosofía orgánica, ve las enmiendas como un apoyo en el manejo de suelos, pero no como la esencia del plan de manejo de suelos de la finca orgánica.

Carbonato de calcio

La enmienda más utilizada en las fincas de hortalizas orgánicas de Costa Rica es el carbonato de calcio, con muy buenas respuestas hasta la fecha. Algunos productores agregan el carbonato en mezcla con el abono, lo que reduce los costos de aplicación (Guerrero, 1998).

El impacto de aplicaciones de cal sobre las características del suelo es notorio. En el Cuadro 3 se puede observar el cambio que se dió en el suelo de la finca de Jugar del Valle, desde que se inició el trabajo en 1993, hasta 1998. Sin embargo algunos productores han abusado en el uso de la cal. Las aplicaciones de altas dosis de cal dan una gran respuesta en productividad y salud del cultivo, hasta cierto punto. Es importante que el productor conozca los daños que puede ocasionar el abuso en el uso de la cal. En la finca de Jugar del Valle se llegaron a aplicar hasta 24 ton de carbonato por Ha por año. Esto ocasionó una pérdida de la estructura, cuyo efecto se está eliminando únicamente con el uso de abonos orgánicos y de otras enmiendas. El efecto de las altas dosis de cal se observa en el Cuadro 3 a nivel del año 1998. En 1999 se eliminó el uso de la cal completamente, se buscaron otras opciones de manejo, como la adición de Rosa de Azufre, la eliminación de la gallinaza de los abonos orgánicos, la adición de Kieserita, para balancear contenidos de Mg y K en el abono orgánico.

Cuadro 3. Análisis de suelos de la finca Jugar del Valle en el mismo lote desde 1993 a 1999.

Fecha de muestreo	pH en agua	cmol (+)/L				acidez extraíble	mg/L					CICE (cmol)	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
		K	Ca	Mg			P	Fe	Cu	Zn	Mn				
24/08/93	5,6	0,3	5,9	0,9	0,35	22	99	5	1,9	11	7,4	6,7	19,5	2,9	
25/11/96	7,0	1,5	15,5	1,8	0,20	49	61	8	4,1	7	19,0	8,5	10,7	1,3	
15/12/98	7,3	1,2	15,6	1,7	0,20	37	30	5	1,4	12	18,8	9,0	12,8	1,4	
20/01/99	7,3	1,4	16,9	2,0	0,15	52	37	3	7,1	25	20,5	8,5	11,8	1,4	
23/03/99	7,2	1,4	11,7	1,6	0,15	15	22	7	3,6	4	14,9	7,3	8,5	1,2	

Roca fosfórica y otras enmiendas

El uso de roca fosfórica también se ha generalizado en fincas donde se necesita aumentar los contenidos de P. En Jugar del Valle se adiciona la roca fosfórica junto con el vinagre de madera.

* FERTILIZACION FOLIAR

En la mayoría de las fincas orgánicas se utilizan dos fertilizantes foliares básicos: el vinagre de madera y fermento de frutas. Estos materiales se utilizan no solo por su contenido nutricional, sino por el poder biocida del primero y como estimulante de la vida de la filosfera del segundo. En investigaciones realizadas en la Estación Experimental Fabio Baudrit, se demostró que el vinagre de madera en plantaciones de tomate, elimina las poblaciones de la filosfera casi completamente, mientras que el fermento de frutas aumentó las poblaciones hasta 10^6 - 10^8 organismos/gramo de materia verde (G. Soto, datos sin publicar). En la mayoría de las hortalizas se hacen dos aplicaciones durante el ciclo del cultivo, dependiendo de la época del año y las condiciones climáticas.

Los productores de Jugar del Valle también están evaluando la fertirrigación a base de abono orgánico con enmiendas minerales. Las evaluaciones están en sus estadios iniciales.

ASPECTOS ECONÓMICOS

La producción de abonos orgánicos es uno de los costos más altos dentro de la producción de la finca orgánica. El estudio de Cussianocich 1998, demuestra que la preparación y aplicación de abonos, representa un 35% de los costos totales de la finca orgánica. Estos costos fueron mayores en aquellas fincas donde no se cuenta con:

Cuadro 4. Costo de producción y aplicación de abono orgánico en fincas orgánicas.

Hortaliza	Costo del abono orgánico y su aplicación en proporción con los costos totales de producción	
	Abono orgánico	Transporte y aplicaciones
Lechuga americana	32%	8.0%
Brocoli	34%	4.9%
Repollo	28%	7.4%

ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación realizada hasta este momento ha sido en su gran mayoría ejecutada por agricultores en sus fincas, por lo que a pesar de que existe amplia información, existe muy poca documentación de sus resultados. En Tierra Blanca, en 1997, se realizó un taller para determinar los intereses de investigación de los productores de hortalizas orgánicas y recopilar conocimientos hasta la fecha en producción de papa y cebolla orgánica (Ramírez et al, 1997). Las prioridades establecidas por los productores se describen a continuación, junto con criterios de los productores orgánicos de Zarcero:

Áreas prioritarias de investigación:

1. Caracterización de las materias primas a utilizar en compost.
2. Tasas de liberación de nutrientes de las materias primas durante y después del compostaje.
3. Formas de aplicación de los abonos orgánicos. Incorporación o aplicación superficial.
4. Uso de enmiendas: cuándo y cuánto aplicar.
5. Fertilización foliar: efecto de las aplicaciones de vinagre de madero y fermento de frutos. Liberación de nutrientes y acción fungicida.
6. Efecto de la fertilización sobre el control de enfermedades de los cultivos.
7. Posibles mezclas de abono químico y orgánico para el período de transición.

BIBLIOGRAFIA

- BRENES, L., GOMEZ, J. y CHAVERRI, F. 1995. De Convencional a Orgánico: una Experiencia en Tierra Blanca de Cartago. Aportes. 109: 36-38. Costa Rica.
- CASTAÑEDA, O. S. 1995. De la agricultura convencional a la agricultura orgánica. Aportes (109):18-22. Costa Rica.
- CUSSIANOVICH, P. 1998. La Agricultura Orgánica: una alternativa económica para mejorar la calidad de vida rural. Análisis de rentabilidad de 10 hortalizas cultivadas en forma orgánica y en forma convencional. Jugal del Valle, IMAS. 107 p.
- ECHEVERRIA, C.F. y VARGAS, A. J. 1998. Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible. Informe número 4. Editorama, Costa Rica. 354 p.
- GUERRERO, H. 1998. Abonos para la producción de hortalizas orgánicas. Asociación de Productores Orgánicos Ecológicos de Tapezco de Alfaro Ruiz (APOETAR). CEDECO, CoopeBrisas R.L. 34 p.
- HERSHEY, D. R. 1991. Sir Albert Howard and the indore process. History of the Organic Movement. Proceedings of the Workshop at the 88th American Society for Horticultural Science Annual Meeting. HortTechnology. Apr/June (2)2:267-269.
- HOWARD, A. 1940. Un testamento agrícola. United press. 174 p.
- INGHAM, E. 1997. Life in the soil. Understanding the soil foodweb. Acres U.S.A.. January, 1997. p 18-23.
- LA GACETA No. 100. Jueves 25 de mayo, 1995. Decreto 24242-MAG. p. 4.
- LA GACETA No. 215. Lunes 13 de noviembre, 1995. Ley Orgánica del Ambiente. No. 7554. p 5 y 6.

- LA GACETA. No. 205. Viernes 25 de octubre de 1996. Reglamento para el uso, vigilancia y control de la gallinaza. No. 25538-MAG-MINAE. p 2 y 3.
- LA GACETA. No. 42. Viernes 28 de febrero de 1997. Reglamento sobre la Agricultura Orgánica. Decreto No. 25834-MAG. p 1-7.
- LA GACETA. No. 83. Viernes 2 de mayo de 1997. Ley de Protección Fitosanitaria. No. 7664. p. 2 y 6.
- OMRI. 1999. Generic Materials and Brand Name Products Lists. Organic Materials Review Institute. Feb. 1999. 77 p.
- PAYNE, N. 1997. Encuesta al consumidor urbano de Costa Rica sobre la demanda de productos orgánicos. Sin publicar.
- PRIMAVESI, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. Traducción al español de la 5ta edición. Editorial El Ateneo. Argentina. 499 p.
- RAMIREZ, L., MESEN, R., SOTO, G., GARRO, J. y TAPIA, A. 1997. Memorias Taller de productores orgánicos y en transición de la zona norte de Cartago. Tierra Blanca, Cartago. Agosto, 1997. 19 p.
- RESTREPO, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores en Centro América y Brasil. Cedeco-OIT. 51 p.
- RODRIGUEZ, G y PANIAGUA, J. J. 1994. Horticultura orgánica: una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruiz, Costa Rica. Serie No. 1, Vol 2. Fundación Guilombé. San José, Costa Rica.
- RODRIGUEZ, G y PANIAGUA, J. J. 1995. Asociación JUGAR: una Experiencia en Agricultura Orgánica. Aportes. 109: 32-35. Costa Rica.
- SASAKI, S. 1994. Desarrollo de una proyecto en agricultura orgánica en Costa Rica. Material mimeograficado. 102 p.
- VAN BEMMELEN, C. 1995. Comercialización de productos orgánicos: el caso de Costa Rica. En García, J.E., Monge Nágera, J. (ed). 1995. Memoria del Simposio Centroamericano sobre Agricultura Orgánica. 6-11 de marzo de 1995, San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia (EUNED). p. 267-278.
- ZAMORALEPÍZ, R. 1994. Viabilidad económica de un proyecto hortícola con métodos orgánicos en la zona de Tapezco de Alfaro Ruiz. Tesis de Graduación para optar el grado de Licenciado en Administración de Empresas

PALABRAS CLAVES: *fertilización, hortalizas*

MANEJO DE LA NUTRICION Y FERTILIZACION DEL MANGO EN COSTA RICA

Rodrigo Ríos y Francisco Corella
Consultores en Cultivo del Mango

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO

El mango es una de las producciones frutícolas importantes en el mundo y cada día es más apreciada en los países consumidores y desarrollados, especialmente Estados Unidos y la Comunidad Europea. En este último mercado la evolución de la oferta y la demanda, le ha permitido batir márgenes de importación.

La producción mundial (Trejos, 1997) representa alrededor de 20 millones de toneladas métricas (TM), siendo la India el principal productor mundial con más de 10 millones de TM (58%), siguiendo México con 1.5 millones de TM (6.5%) y Pakistán con 800 mil TM (5%). Otros países de segunda importancia son China, Brasil, Filipinas, Perú y Costa de Marfil, entre otros.

En tercera línea, produciendo entre las 50 mil y 100 mil TM, figuran Colombia, Ecuador y Cuba. Costa Rica por su parte, ronda la producción en 25 mil TM, con lo que figura en un cuarto nivel en importancia. Desde los 80, hay países que muestran una tendencia creciente, como México, China, República Dominicana Colombia y Costa Rica. En nuestro país se ha presentado una alta tasa de crecimiento en los últimos 10 años, en tanto la India, Brasil y Cuba han experimentado fluctuaciones significativas en sus volúmenes de producción.

ZONAS EN LAS QUE SE UBICA EN EL PAÍS

En un estudio que presentó Raúl (1995) del Consejo Nacional de Producción, sobre la situación actual del mango en Costa Rica, se señala que habían unas 7.796 ha en total y en producción 4.471 ha. Del total de área, un 58% corresponde al Pacífico Central, un 22% a la Zona Norte y un 20% a la Región Central. También, se presenta el porcentaje de área de siembra por cultivar, siendo la de mayor área el Tommy Atkins con un 31%, seguido por el cultivar Haden "Rojo" con un 14%, Irwin 12% y Keitt con un 6,5%, entre otras.

Con relación al incremento de áreas, se nota que en 1990 habían cerca de 4.000 ha y con las políticas gubernamentales de los Programas Nacionales se decidió llegar a 6.000 ha. Ya en 1992 se había alcanzado la meta, entre los años de 1992 a 1994 se mantuvo estable la siembra de nuevas plantaciones, principalmente por la caída de los precios en mercados internacionales, principalmente el Europeo, pero, en 1994 se reactivó el Programa Nacional de Mango y en un año se vió el efecto de estas políticas, incrementándose en más de 1.000 ha las áreas de siembra. Prácticamente desde 1995 hasta 1999 las áreas de siembra de mango se estabilizaron, producto de las malas cosechas que se han dado en los tres últimos años, principalmente por las variaciones de clima provocados por los efectos del "Niño" y de la "Niña".

En los últimos cinco años las exportaciones de mango de nuestro país han oscilado de 400 a 500 mil cajas de 4.0 a 4.5 kg y principalmente han sido hacia el mercado Europeo. Para 1996 comienza la apertura con el mercado de Estados Unidos al establecerse la primera planta empacadora para esa dirección. Tomando como base, la máxima exportación de cajas (2.500 TM) y un área en producción de 4.000 ha según Raúl (1995), el promedio nacional exportado por hectárea en los últimos años es de 650 kg/ha aproximadamente, volumen ridículo pero real según los censos realizados en este cultivo. El mango es una fruta de gran consumo nacional y la producción por hectárea oscila entre los 3.000 y 3.500 kg/ha. La meta para que esta actividad se mantenga en Costa Rica, será alcanzar una productividad mínima de 12 TM/ha, con óptimos entre 15 y 18 TM/ha, por lo tanto, será necesario replantear las zonas de siembra y el uso de los cultivares actuales (Ríos, 1999).

REQUISITOS CLIMÁTICOS DEL CULTIVO

El mango es de zonas subtropicales y las plantaciones comerciales en los trópicos están normalmente limitadas a altitudes inferiores a 600 msnm, siendo necesario por lo menos 1000 mm de lluvia, con una estación seca bien marcada de 4 a 6 meses de duración con medias mensuales inferiores a 60 mm, con el fin de obtener las mejores producciones.

Sing (1960 citado por Avilán et al, 1989) señala que la temperatura media considerada óptima está entre 24 y 26°C, asimismo la temperatura media anual óptima está entre 21.1 y 26°C, óptima con tendencia al déficit entre 19 y 23°C y óptima con tendencia al exceso, mayor a 26°C.

REQUISITOS PARTICULARES DE SUELOS

Al recomendar suelos para mango, Popenoe (1974) afirma que es mucho más importante la configuración mecánica que la química del terreno, especialmente el drenaje. Por su parte Sing (1970), señala que el suelo debe de poseer una profundidad de 1.2 m, ser de textura franca a franco arenosa, estructura granular y con una tabla de agua a 1.9 m de profundidad. Sin embargo, algunos autores indican que el mango es poco exigente en cuanto a que los suelos sean profundos o no, ácidos o alcalinos, arenosos o pesados.

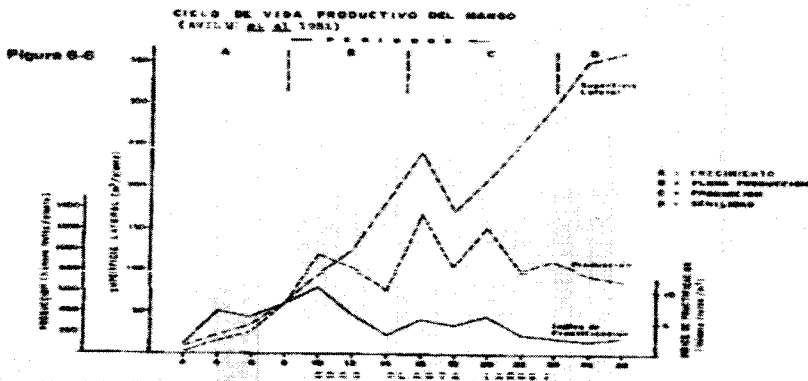
ESQUEMA GENERAL DEL CICLO DE VIDA

Avilán *et al*, 1981, establecieron cuatro períodos definidos en el ciclo de vida productivo del mango (Figura 1).

- a. "Período de crecimiento", que abarca entre los dos y ocho años de edad, caracterizado por un marcado incremento de la superficie lateral y acompañado de una acentuada elevación del número de frutos.
- b. "Período de plena producción", donde la planta expresa su máxima capacidad de producción. Este período puede situarse entre los ocho y quince años de edad de la planta.

- c. “Período de producción”, en que la planta presenta un incremento de la superficie lateral, pero, donde el mismo no está acompañado de un incremento proporcional de la capacidad reproductiva del árbol, como sucede en los dos períodos anteriores. Este período se inicia a partir de los 15 a 20 años de edad de la planta.
- d. “Período de senilidad”, señala el comienzo de la etapa final y se caracteriza por una acentuada disminución de los rendimientos. Se inicia alrededor de los 28 años de edad o posteriormente, dependiendo del estado fitosanitario de la planta y del manejo de la plantación en los años anteriores.

Figura 1.: Ciclo de vida productivo de la planta de mango.



Fuente: (Tomado del Manual de Fruticultura, Avilán, Leal y Bautista, 1989)

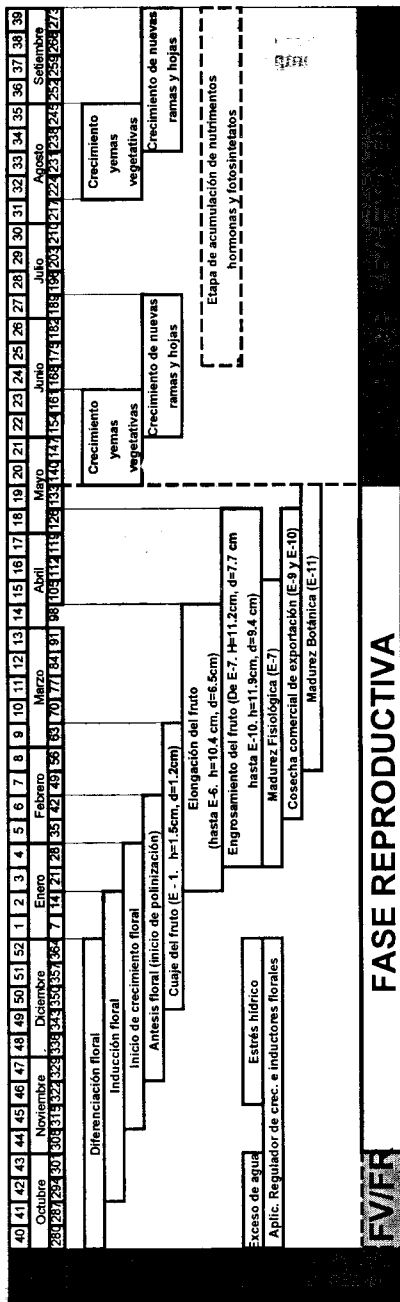
ETAPAS DE CRECIMIENTO ANUAL DEL CULTIVO DE MANGO

Para orientar la nutrición con base en las diferentes etapas de crecimiento o fenología, es necesario tener claro el concepto de crecimiento y desarrollo. El primero de ellos es donde se producen nuevas estructuras (primordios vegetativos, primordios florales, cuaje del fruto, etc) y el desarrollo es cuando sólo se produce producción de células (crecimiento de hojas, crecimiento de fruto).

En el siguiente cuadro se presenta una propuesta mejorada de las etapas de crecimiento anual en Costa Rica y que se divide en dos fases:

- 1- La fase vegetativa en donde se producen las yemas vegetativas, crecimiento de raíces, nuevas ramas y expansión de las hojas.
- 2- La fase reproductiva en la que se producen las yemas florales, floración, cuaje del fruto, elongación del fruto y llenado del fruto

Cuadro 1.: Etapas de crecimiento anual del cultivo de mango en Costa Rica



Dentro de cada una de las fases se deben de maximizar los componentes del rendimiento; en la fase vegetativa se definen el número de frutos por árbol, ya que se definen el número de yemas vegetativas y se tendrá una mayor posibilidad de obtener mayor número de frutos por árbol, además, se acumularán fotosintatos que luego serán trasladados a los frutos y se podrá sostener mayor cantidad de ellos. En la fase reproductiva hay que lograr el mayor número de yemas florales con frutos, así como una fase efectiva de elongación de los frutos, para que se acepten la mayor cantidad de fotosintatos posibles y obtener un mayor peso del fruto.

Por lo tanto, es necesario sincronizar al árbol para que produzca un crecimiento vegetativo fuerte a la entrada de las lluvias, al igual que un buen crecimiento radical, y a la par, evitar el estrés por nutrimentos y agua, con el fin de construir una arquitectura foliar y radical óptimas para producir el mayor número de yemas florales y llenar los frutos efectivamente con una alta eficiencia fotosintética. Con base a lo anterior se enfocará una discusión nutrimento por nutrimento.

NITRÓGENO

Las funciones del nitrógeno se analizarán desde tres puntos de vista, el primero es que tipo de compuesto estructural forma en la planta, el segundo si forma una enzima o activador de alguna de ellas y por último los procesos de la planta que son afectados por exceso o deficiencia. Este elemento forma parte de los aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas y ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas, glicó y lipoproteínas, pigmentos y productos secundarios, en síntesis, es un constituyente de todas las enzimas involucradas en la síntesis de aminoácidos y proteínas. Los procesos que afecta, por lo tanto, son desde la absorción iónica, fotosíntesis, respiración y multiplicación, hasta la diferenciación celular y la herencia.

Etapas Vegetativa: En esta etapa del mango, el nitrógeno es primordial, y se hace necesario fertilizar con fuentes amoniacales debido a que esta fuente estimula un mayor número de puntos de crecimiento y el crecimiento de raíces laterales. Luego se refuerza con una fertilización nítrica que estimula el crecimiento celular e incrementa la producción y exportación de citoquininas de las raíces, así como la producción de giberelinas en las hojas y de auxinas en los puntos de crecimiento; ambas fitohormonas aumentan la dominancia apical, división celular y expansión, síntesis de RNA y proteínas, retarda los procesos de senescencia y activa las enzimas. Se debe de evitar fertilizaciones nitrogenadas excesivas para evitar acumulación de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular que fomentan la germinación de esporas e hifas por parte de hongos patógenos.

Etapas de Preinducción Floral: En esta etapa al existir estrés hídrico y de nutrimentos principalmente el nitrógeno, se incrementa la producción de ácido absísico que provoca una madurez prematura de las yemas florales, se disminuye la producción de giberelinas, citoquininas y auxinas, lo que provoca un aumento en la respiración del árbol y disminución de la eficiencia fotosintética. El ácido absísico se produce en las raíces y hojas maduras por lo tanto, se debe tener un estrés controlado, para que maduren el mayor número de yemas vegetativas posibles en el menor período de tiempo, con el fin de evitar una disminución de las reservas de fotosintatos (respiración) acumulados durante el crecimiento vegetativo.

Etapa Reproductiva: En esta fase hay que lograr una floración óptima, en la cual la presencia de auxinas, citoquininas y giberelinas son esenciales, por lo tanto, al incrementar el nitrógeno se aumenta la producción de estas fitohormonas, de ahí que las fuentes amídicas de nitrógeno (Urea) favorezcan la floración. En la fase del cuaje del fruto las formas amoniacaes son más eficientes y para la elongación de la fruta las formas nítricas son mejores, durante la fase de crecimiento del fruto un balance ente formas amídicas, nítricas y amoniacaes son el óptimo.

FOSFORO

El fósforo como compuesto estructural forma parte de los esterres de los carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas y ácidos nucleicos, pero, no es activador de enzimas. Interviene en procesos metabólicos como la absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, multiplicación y diferenciación celular, almacenamiento de energía y fijación simbiótica del nitrógeno.

Etapa Vegetativa: El fósforo tiene un efecto positivo en el desarrollo de las nuevas raíces, que serán las estructuras de absorción del agua y nutrimentos durante la fase de desarrollo vegetativo y en especial durante la floración y llenado de fruto. El fósforo es de vital importancia en los fotosistemas I y II, por lo tanto es esencial para la acumulación de fotosintatos durante la fase de acumulación, así como para optimizar la tasa de asimilación fotosintética durante todo el ciclo del mango.

Etapa Reproductiva: Se ha encontrado que los niveles óptimos de fósforo incrementan en forma lineal el número de inflorescencias, además, estimulan la producción de citoquininas en las raíces del mango lo que promueve una floración más efectiva, de aquí que niveles óptimos y equilibrados durante la floración y la polinización son de vital importancia por ser precursor de citoquininas en las raíces de donde son exportadas. Además, el balance del fósforo con el nitrógeno y el potasio es de vital importancia ya que son precursores de las giberelinas, que juegan un papel importante en la inducción floral. En la etapa de elongación y llenado del fruto, el fósforo es de gran importancia como donador de energía en fotosíntesis y transportador de fotosintatos de las hojas a las frutas, por lo tanto contenidos deficientes de este nutrimento provocarán un menor número de yemas florales y frutos de menor tamaño y peso.

POTASIO

El potasio dentro de la planta no forma ningún componente estructural, se conserva en forma iónica. Es activador de más de 60 enzimas dentro de la planta, siendo las de mayor importancia, la quinasa pirúvica, sintetasa de glutamato, sintetasa de succinil-CoA, sintetasa de glutamilsteína, sintetasa del NAD⁺, sintetasa de amidas, etc. Los procesos metabólicos en los que el potasio participa activamente, son la apertura y cierre de estomas, fotosíntesis, transporte de carbohidratos y otros fotosintatos, respiración, síntesis de proteínas y fijación simbiótica del nitrógeno.

Etapa Vegetativa: El potasio tiene un efecto en la magnitud de la transpiración dentro de la planta; también tiene su efecto en fotosíntesis, translocación y retranslocación de fotosintatos de hojas maduras a puntos de crecimiento aéreo y radical, y afecta positivamente las citoquininas. Plantas deficientes en potasio producen una reducción considerable en la eficiencia fotosintética, mayor producción de ácido abscísico, implicando una senescencia prematura de hojas. También, se producen hojas más pequeñas y con mayor número de células.

Etapas Reproductiva: El potasio afecta el tamaño de la hoja, translocación de fotosintatos y el cierre de estomas. Si se baja la eficiencia fotosintética se provoca un período de llenado del fruto más corto e intenso, por lo tanto, si existe deficiencia de este nutrimento se producen frutos más pequeños y de menor peso. Es de primordial importancia mantener los niveles de potasio óptimos. Su presencia aumenta la resistencia a las enfermedades como la antracnosis y la turgencia celular, incrementándose la firmeza de la fruta y los contenidos de sólidos solubles en la fruta.

CALCIO

El calcio como componente estructural dentro de las células es de gran importancia en la membrana celular, formación del oxalato, carbonato, fitato y calmodulinas. Como activador de enzimas activa la ATPasa, alfa amilasa, fosfolipasa D y las nucleasas. Además, actúa en los siguientes procesos metabólicos: estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónica, relaciones hormonales y activación enzimática.

Etapas Vegetativa: Siendo el calcio indispensable en la formación de la pared celular, es necesario en todo punto activo de crecimiento de la parte aérea y radical del mango, por lo tanto, su disponibilidad debe de ser constante a través de todo el ciclo anual del mango. Si se quiere producir yemas vegetativas con un crecimiento vigoroso y un sistema radical que explore el mayor volumen de suelo posible, es necesario la disponibilidad de calcio en todo momento.

Etapas Reproductiva: El calcio tiene gran importancia en la floración; el crecimiento del tubo polínico depende de la presencia de calcio. Se ha encontrado que la dirección del crecimiento del tubo polínico es químicamente controlada por el gradiente de calcio extracelular: la concentración más alta de calcio se presenta en el ápice del tubo polínico, por lo tanto, es necesario un adecuado contenido de este nutrimento para producir flores normales y a la vez frutas cuajadas exportables. El calcio también participa en la resistencia a las enfermedades y firmeza en la fruta.

MAGNESIO

El magnesio es el núcleo central de la clorofila y esa es su función como componente estructural de las células. Es un activador de enzimas relacionadas con el metabolismo energético; las principales enzimas que activa este elemento son la tioquinasa acética, quinasa pirúvica, hexoquinasa, deshidrogenasa isocítrica, y la sintetasa del fosfopiruvato entre otras. El magnesio participa en procesos metabólicos como la absorción iónica, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transporte de energía, síntesis orgánica, balance electrolítico y estabilidad de los ribosomas.

Etapas Vegetativa: El magnesio tiene un papel primordial en la fotosíntesis y transferencia de energía, su deficiencia afecta la eficiencia fotosintética, metabolismo del nitrógeno, absorción del fósforo y de la fijación del dióxido de carbono por la planta, por eso se deben de tener niveles óptimos en la etapa de crecimiento vegetativo.

Etapas Reproductiva: Si se quieren obtener rendimientos altos y sostenidos en el cultivo de mango, el magnesio debe de estar presente en cantidades óptimas con el fin de optimizar la fotosíntesis y de la duración del período del llenado de la fruta.

AZUFRE

El azufre como componente estructural es parte de los aminoácidos, proteínas, vitaminas, coenzimas y ésteres de los polisacáridos (membrana celular). Como activador de enzimas activa las del grupo sulfhidrilo y ferredoxinas. El azufre interviene en los siguientes procesos metabólicos: fotosíntesis, fijación fotosintética del dióxido de carbono, síntesis de proteínas y grasas y fijación simbiótica del nitrógeno.

Etapa Vegetativa: El azufre es vital para el desarrollo de una arquitectura fotosintética capaz de absorber la mayor cantidad de luz posible, así como en la síntesis de proteínas y fijación de dióxido de carbono por la planta, por lo anterior se hace necesario tener el azufre en cantidades óptimas, así como su equilibrio con el nitrógeno, ya que ante una relación N/S desfavorable al azufre se produce una disminución en la síntesis de proteínas, debido a que por cada 34 átomos de nitrógeno se necesita un átomo de azufre para la síntesis proteica.

Etapa Reproductiva: Gran cantidad de azufre que se transloca la fruto es almacenado durante la fase vegetativa, por lo tanto es necesario un buen manejo de este elemento en la etapa de crecimiento. En la etapa de elongación y llenado de fruto es necesario tener suficientes cantidades de azufre para la síntesis proteica. La deficiencia de este nutrimento provoca una disminución en la síntesis de cloroplastos y de la ferredoxina por lo tanto si falta, se disminuye la eficiencia fotosintética de la planta, provocando una limitante en la maximación de los rendimientos. El azufre se relaciona con la producción del etileno en la planta, ya que se produce a partir de la metionina (aminoácido azufrado). El etileno es altamente correlacionado con la disponibilidad de auxinas, de modo que altas concentraciones de etileno producen el crecimiento horizontal de las ramas y de los frutos, además de ser utilizado para cosechar más temprano y aumentar la dehiscencia de los frutos. El etileno tiene un efecto positivo en la inducción floral, en el crecimiento de la fruta, así como en la maduración.

COBRE

El cobre como componente estructural forma parte de las siguientes proteínas: anurina, estelacianina, umecianina, glicoproteínas. También, es constituyente de las siguientes enzimas: oxidasa de ascorbato, polifenol oxidasas, creolasas y tirosinas. En los procesos metabólicos en que participa están la fotosíntesis, respiración, regulación hormonal y metabolismo de compuestos secundarios.

Etapa Vegetativa: Al participar el cobre en la fotosíntesis se hace necesario mantener cantidades adecuadas de este nutrimento a través de todo el ciclo del mango. El cobre es un nutrimento que ayuda a lignificar los tejidos infectados por hongos, también promueve la función de fenoles que son sustancias con propiedades antifúngicas.

Etapa Reproductiva: Además, del efecto en la fotosíntesis y antifungistático, el cobre es primordial en la floración, una deficiencia de cobre inhibe la formación de anteras y produce menor número de granos de polen y de menor tamaño y no viable. El cobre también afecta la lignificación de la pared celular de las anteras y puede producir frutos deformados.

Actualización de la información con el apoyo de los recursos de la Red y el Internet.

ZINC

El zinc no forma parte de ningún componente estructural, sin embargo, forma parte de muchas enzimas, como la anhidrasa carbónica, isomerasa de la fosfomanosa, deshidrogenasa láctica, deshidrogenasa alcohólica, aldolasa, deshidrogenasa glutámica, carboxilasa pirúvica, síntesis del triptófano y ribonucleasas. En los procesos metabólicos que participa son en el control hormonal, respiración y síntesis de proteínas.

Etapas Vegetativa: Al ser el zinc un elemento esencial en la síntesis de triptófano, el cual es precursor del ácido indol acético (AIA), no cabe duda que es esencial que su concentración en los tejidos foliares sea óptima. El IAA tiene como funciones la dominancia apical, inducción y activación de enzimas, y la división y expansión celular de los tejidos cambiales. Lo anterior indica que la producción de yemas vegetativas o nuevos brotes necesitan tener niveles óptimos de zinc para maximizar la producción de yemas.

Etapas Reproductiva: El zinc afecta básicamente en tres procesos, el primero es la floración, donde afecta el crecimiento de las flores, el segundo es en el crecimiento del fruto después del cuaje del fruto (fase de elongación) y el último es el llenado del fruto, ya que el AIA al determinar dominancia apical, le indica a la planta donde debe de translocar los fotosintatos.

MANGANESO

El único componente estructural en el cual el manganeso es parte es la manganina. Este micronutriente es activador de diversas enzimas como la sintetasa del glutatión, activador de la metionina, ATPasa, quinasa pirúvica, enolasas, deshidrogenasa isocítrica, descarboxilasa pirúvica, pirofosforilasa, entre otras. En los procesos metabólicos que participa son en la absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas y control hormonal.

Etapas Vegetativa: Es necesario tener un buen suministro de manganeso a través de todo el ciclo anual del mango, debido a que este micronutriente afecta procesos claves para el rendimiento como son la fotosíntesis, respiración y síntesis de proteínas, por lo tanto, es necesario maximizar la acumulación de fotosintatos en esta etapa ya que luego serán translocados al fruto.

Etapas Reproductiva: Siendo el manganeso esencial en los fotosistemas I y II y en la fotofosforilación cíclica, este micronutriente no debe estar deficiente en esta etapa, ya que limitaría la capacidad de la parte aérea de fotosintetizar y por ende disminuye la cantidad de fotosintatos que pueda translocar al fruto.

HIERRO

Como componente estructural el hierro forma parte de quelatos con ácidos di y tricarbónicos y es parte de la fitoferrina. Forma parte de diversas enzimas como la hemeperoxidasa, citocromos a, a3, b2, b6 y f, reductasa del sulfito, oxidasa del sulfito, ferredoxina, entre otras. Los procesos metabólicos donde participa el hierro es en la fotosíntesis, respiración, fijación biológica del nitrógeno, asimilación del nitrógeno y del azufre.

Etapas Vegetativa: Por los procesos metabólicos en que participa el hierro, se debe de evitar su deficiencia, ya que la asimilación del azufre y del nitrógeno, son esenciales para optimizar la síntesis proteica. El hierro participa en la síntesis de cloroplastos, así como, en los fotosistemas I y II, esenciales para optimizar la fotosíntesis.

Etapas Rreproductiva: Siendo el hierro un partcipe de la síntesis de cloroplastos y fotosistemas I y II, cualquier limitante en su suministro va a provocar una reducción en el rendimiento del cultivo de mango y lo manifestará con frutos más pequeños.

BORO

El boro como componente estructural forma parte de complejos con difenoles, carbohidratos y azúcares-P. Es componente de las ATPasa de las membranas celulares y sintetetasas del glicano. En los procesos metabólicos en los que actúa el boro son la absorción iónica, transporte de carbohidratos, síntesis de lignina y celulosa, síntesis de ácidos nucleicos y proteínas.

Etapas Vegetativa: Contenidos deficitarios de boro en las hojas causan una menor tasa de transporte de los carbohidratos y menor síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, lo que redonda en un menor crecimiento de las hojas, disminuyendo el índice del área foliar. Lo anterior provoca una baja en la eficiencia fotosintética, así como, menor cantidad de fotosintatos producidos y almacenados.

Etapas Reproductiva: El boro es esencial durante la floración en el desarrollo del tubo polínico y germinación de granos de polen. La deficiencia de boro provoca un menor número de granos de polen por antera y una menor viabilidad de los mismos. Por lo tanto, el boro aumenta el cuaje de los frutos, produce una menor cantidad de flores estériles y menor deformación del los frutos.

Descripción del sistema radical

Estudios sobre la distribución del sistema radical llevados a cabo en diferentes regiones productoras del mundo indican que es muy vigoroso, con el mayor porcentaje de raíces del sistema ubicado lateralmente a 1.8 y a 1.2 m de profundidad, y destacando la abundante presencia de pelos radicales. En árboles injertados empleando el método de radioisótopos, encontraron que la mayor cantidad radical se situó a 1.2 m lateralmente del tronco y a 15 cm de profundidad.

En Venezuela al estudiar la distribución del sistema radical, se puso en evidencia que además de los impedimentos físicos del suelo, tales como horizontes compactos y elevado nivel de la tabla de agua, la secuencia estructural y el perfil del suelo influyen en la distribución horizontal y vertical de las raíces.

La mayor concentración de raíces de menos de un mm o de más elevado poder de absorción se sitúan lateralmente a 1.5 m en suelos con texturas gruesas a medias y en suelos con texturas finas a 2.5 m respectivamente del tallo (Avilán, Leal y Bautista, 1989).

NUTRICION DEL CULTIVO

En relación con los estudios sobre la nutrición de mango y o respuesta a la aplicación de fertilizantes, son muy variables, en el sentido de que en un año de estudio hay respuestas y en los subsecuentes no, en otras áreas no recomiendan la aplicación de fertilizantes y en otras lo sugieren en forma intermitente; es común escuchar entre algunos productores que nunca han fertilizado y aún así obtienen buenas producciones (Lee, 1987).

El sistema de producción de mango como en cualquier otro cultivo, desde el punto de vista del método racional, radica en tener muy claras las demandas nutricionales del cultivo, así como las aportaciones de nutrimentos por el suelo.

Por las experiencias en Costa Rica, principalmente en plantaciones tecnificadas en el Pacífico Seco, se concluye que la nutrición es el componente tecnológico más significativo en modificar positivamente los rendimientos del cultivo del mango.

Requisitos nutricionales o absorción de nutrimentos

Trabajos realizados en otros países productores de mango (Brasil, Venezuela) coinciden con los resultados obtenidos en nuestro país (Cuadros 2 y 3), donde, se pone en evidencia que los elementos potasio y nitrógeno son los elementos extraídos en mayores cantidades por una cosecha, de cualquiera de los cuatro cultivares que son principalmente plantados en Costa Rica. Les siguen, con cantidades similares, el calcio, el fósforo y el magnesio. Posteriormente aparece el azufre manteniendo una relación con el Mg de 2:1 (Mg:S). En los micronutrimentos es importante resaltar la relación aproximada de 2:1 que se mantiene entre el hierro y el manganeso

Cuadro 2: Extracción de nutrimentos de frutas de mango de cuatro cultivares en la Zona de Liberia, Costa Rica

CULTIVAR	PORCENTAJE (%)						mg/kg					PESO FRESCO	PESO SECO	CONTENIDO HUMEDAD
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	(g)	(g)	(%)
TOMMY A.	0.72	0.11	0.20	0.09	1.06	0.04	34	10	22	12	3.1	530.36	122.90	76.83
KEITT	0.65	0.14	0.27	0.13	1.29	0.09	43	9	14	39	2.9	738.84	133.54	81.93
IRWIN	0.28	0.10	0.17	0.12	1.16	0.09	43	6	14	13	1.6	837.74	137.10	83.63
HADEN A.	0.42	0.10	0.06	0.12	1.06	0.02	30	6	9	11	4.3	826.93	196.53	76.23
HADEN R.	0.76	0.13	0.23	0.11	1.12	0.07	37	10	14	22	0.7	479.09	140.94	70.58
PROMEDIO	0.57	0.12	0.19	0.11	1.14	0.06	37	8	15	19	2.5	682.59	146.20	77.84

Cuadro 3.: Extracción de macronutrimentos y micronutrimentos en kg/ha para una cosecha estimada en 15 000 kg/ha, Liberia, Costa Rica

CULTIVAR	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	(kg/ha)										
TOMMY A.	108.0	16.5	30.0	13.5	159.0	6.0	0.51	0.15	0.33	0.18	0.05
KEITT	97.5	21.0	40.5	19.5	193.5	13.5	0.65	0.14	0.21	0.59	0.04
IRWIN	42.0	15.0	25.5	18.0	174.0	13.5	0.65	0.09	0.21	0.20	0.02
HADEN A.	63.0	15.0	9.0	18.0	159.0	3.0	0.45	0.09	0.14	0.17	0.06
HADEN R.	114.0	19.5	34.5	16.5	168.0	10.5	0.56	0.15	0.21	0.33	0.01
PROMEDIO	84.9	17.4	27.9	17.1	170.7	9.3	0.56	0.12	0.22	0.29	0.04

La información de los cuadros anteriores es de gran importancia para planificar la estrategia en la fertilización del cultivo de mango con lo referente a la proporción de los elementos nutritivos por árbol y por ciclo anual

Diagnóstico Foliar

La habilidad diferencial de las plantas de absorber nutrimentos es reflejada en la concentración de estos elementos en los tejidos, por lo tanto el análisis químico provee una valiosa información acerca del estado nutricional de la planta. Los niveles foliares considerados como adecuados se muestran en el cuadro 4. Esta información es una recopilación de varios autores como Young y Koo (1969), Wolf et al (1970), Smith and Scudder (1965), Kumar y Nauriyal (1977), Bhargava y Chadha (1988) y Biswas (1987).

Cuadro 4.: Límites de niveles adecuados de los elementos en mango, expresados en % del peso de la materia seca

ELEMENTO	LIMITE ADECUADO
Nitrógeno	1-1.54 (%)
Fósforo	0.05- 18 (%)
Potasio	0.8-1.8 (%)
Calcio	2.0-5.0 (%)
Magnesio	0.15-0.40 (%)
Azufre	0.1-0.2 (%)
Hierro	60-120 ppm
Manganeso	60-500 ppm
Cobre	20-150 ppm
Boro	50-100 ppm
Zinc	60-170 ppm

Uno de los problemas identificados en Costa Rica y que es general, es la poca presencia de zinc y boro. Según Davenvort, 1999 (Comunicación personal), los niveles de estos dos nutrimentos deben estar por encima de 100 ppm con el fin de aumentar la productividad de la variedad Haden.

Técnicas de muestreo de análisis foliar

El muestreo es uno de los eslabones más débiles del diagnóstico. En las plantaciones de mango en Costa Rica se ha utilizado la metodología de recomendada por Kenworthy (1964) y Koo y Young (1972) que indican que las hojas deben ser colectadas de la parte media de la copa de los árboles y siguiendo los cuatro puntos cardinales, y tomar brotes normales de similar edad fisiológica que no estén en crecimiento ni floración. Se toma la hoja completa (limbo + peciolo), cuyas edades oscilen entre cuatro y siete meses, las cuales se ubican entre la tercera y sexta hoja del retoño, partiendo del extremo apical del mismo. Se debe de tomar de una a dos hojas por brote (de 4 a 8 hojas/árbol) y mostrar un mínimo del 2% del área.

MANEJO DE LA NUTRICIÓN

Encalado

En Costa Rica se recomienda aplicaciones de 1 a 2 toneladas/ha de carbonato de calcio o de cal dolomítica en dos aplicaciones (mayo y noviembre).

Fertilización

En plantaciones tecnificadas que cuentan con un sistema de irrigación el próximo cuadro muestra la época, nutrimento y la relación de nutrimentos aplicados en el ciclo anual. En árboles en producción y dirigido principalmente a la variedad Tommy Atkins y con base a la extracción de nutrimentos se recomienda aplicar por año y por árbol 1.5 kg de nitrógeno, 0.7 kg de fósforo como P_2O_5 , 2.0 kgs de potasio como K_2O , 0.5 kg de magnesio como MgO , 0.5 kg de calcio como CaO y de 0.4 kg de azufre como S.

Cuadro 5.: Época de aplicación, fuente y proporción del fertilizante a aplicar en el cultivo de mango en Costa Rica

EPOCA ELEMENTO	MAYO	JULIO	SETIEMBRE	OCTUBRE*	ENERO	TOTAL
NITROGENO	2	2	0		2	6
FOSFORO	0	0	2		1	3
POTASIO	1	1	2		4	8
CALCIO	0.25*	0.5	0.5	0.25*	1	2
MAGNESIO		0.5	0.5		1	2
AZUFRE	0.25	0.25			1	1.5
BORO	1*			0.5	0.5	1
ZINC	0.5*			0.5		0.5
CALCIO	1*			1		1
HIERRO				0.5		0.5

*Aplicación foliar

Con los parámetros mencionados anteriormente, se puede programar para cada finca y cultivar las necesidades de la fertilización con base a la siguiente ecuación:

$$Q = f(S, P, P_p, E) * C \text{ donde,}$$

Q=Cantidad o dosis de nutrimento a aplicar

S=Nivel de disponibilidad en el suelo

P=Requerimiento nutricional del cultivo

P_p=Potencial de producción del cultivo

E=Eficiencia de la fertilización

C=Costo y rentabilidad

Abonos foliares

En Costa Rica se aplican en cuatro épocas, la primera al crecimiento vegetativo (mayo, junio), la segunda en prefloración (octubre), la tercera aplicación en la floración (diciembre, enero) y la cuarta en el llenado del fruto (febrero, marzo).

Con base en las necesidades de este cultivo y de la disponibilidad en el suelo se ha generado fertilizante foliar específico para mango y su composición es la siguiente:

Quelato de calcio a 1 L/ha +

Quelato multimineral (Mg 5.8%, S 7.0%, Fe 0.5%, Cu 0.12%, Zn 4.2%, B 2.5% y Mo 0.02%)

PALABRAS CLAVES: *nutrición, fertilización, mango*

FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN DE NARANJA EN COSTA RICA

Eloy Molina

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la naranja a nivel extensivo es una actividad relativamente reciente en Costa Rica, y debido a ello existe muy poca información a nivel local acerca de las prácticas agronómicas que el cultivo requiere para lograr altos rendimientos. Durante la década de los 90 el cultivo de la naranja ha adquirido gran importancia en las regiones de Sarapiquí, Grecia, Los Chiles, San Carlos y Upala; además de las áreas tradicionales de explotación ubicadas en Acosta, Mora, Puriscal, Aserri, Atenas, Pérez Zeledón, Alajuela, etc.

Uno de los aspectos que más incide en el rendimiento de la naranja es la nutrición mineral, principalmente cuando los árboles entran en la etapa de producción de fruta. La fertilización del cultivo en nuestro país se realiza en forma empírica, ya que hasta el momento hay muy poca información que permita establecer con seguridad las dosis óptimas de fertilizantes, y las necesidades de nutrimentos específicos que la planta requiere. Esto sin duda alguna constituye una seria limitación para planificar el programa de fertilización del cultivo en forma eficiente y racional.

En los últimos años el cultivo de cítricos se ha extendido a una gran variedad de suelos y condiciones climáticas del país, lo cual vuelve un poco más complicado el establecimiento de programas de fertilización. Actualmente es posible encontrar plantaciones sembradas en Ultisoles, Inceptisoles, Andisoles y Alfisoles, con una gran variedad de características químicas y físicas que afectan el rendimiento y calidad de la fruta.

Por otro lado, la mayoría de las grandes plantaciones apenas comenzaron a producir recientemente o están cerca de hacerlo, por lo que muchos de los problemas nutricionales están empezando a manifestarse con el inicio de la etapa de producción. Esto necesariamente obligará a los productores a buscar soluciones concretas para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo bajo diversas condiciones de clima y suelos, y de esta forma obtener rendimientos adecuados que permitan generar utilidades.

REQUERIMIENTOS DE SUELO

Los cítricos se adaptan a una amplia variación de suelos. Sin embargo, su sistema radicular es muy superficial, y su capacidad de absorción de nutrientes es baja debido al limitado número de pelos radicales que poseen. Por este motivo las características físicas de los suelos son de gran importancia para el cultivo. Los cítricos prefieren los suelos ligeros, de texturas franco arenosas, francas o franco arcillosas, con buen drenaje y aireación. Los suelos de texturas pesadas o arcillosas, y con limitaciones de drenaje, no son aptos para los cítricos, y están asociados con problemas de crecimiento y proliferación de enfermedades radicales.

Los cítricos se desarrollan bien en un rango amplio de pH que oscila entre 4 y 9, pero por lo general el valor de pH óptimo es de 5.5 a 6. Este cultivo es tolerante a la acidez del suelo, llegando a desarrollarse en forma normal hasta un valor de 30% de saturación de acidez. Sin embargo, es preferible que la saturación de aluminio no sobrepase más del 20%.

La mayoría de los suelos dedicados al cultivo de naranja en Costa Rica son de naturaleza ácida, principalmente Inceptisoles y Ultisoles, con diferentes grados de acidez que oscila entre moderada a alta, y niveles medios a bajos de calcio y magnesio. Algunas de sus principales características físicas y químicas se describen a continuación.

INCEPTISOLES

Los Inceptisoles son suelos con escaso desarrollo pedogenético, en los cuales es posible distinguir una secuencia de horizontes moderadamente desarrollados. Este orden es el más abundante en Costa Rica, representando casi el 39% del territorio. La mayoría de los suelos aluviales pertenecen a este orden, por lo cual tienen un gran potencial para la producción cítricos.

Los Inceptisoles se encuentran distribuidos en todo el país, y entre ellos se destacan los formados en las llanuras y valles aluviales de los ríos Tempisque, Bebedero, Tárcoles, Parrita, Térraba, Sierpe y Coto, en el Pacífico; y Matina, Reventazón, Parismina, Pacuare, Estrella y Sixaola en el Atlántico (Bertsch et al, 1993).

Debido a que el material parental y las condiciones de formación de estos suelos son muy variables, pueden existir grandes diferencias en sus características de fertilidad. La mayoría de los Inceptisoles de origen aluvial pertenecen a los Grandes Grupos de Eustrustepts, Eutrodepts, Ustrustepts y Ustrudepts, los cuales presentan un alto grado de fertilidad, con contenidos de medios a altos de Ca, Mg y K, pH ligeramente ácido a casi neutro, baja acidez intercambiable, alta capacidad de intercambio catiónico y saturación de bases. Estos suelos por lo general son planos, profundos, oscuros o de color pardusco, de texturas medias a moderadamente pesadas, y de drenaje bueno a moderado. Algunas plantaciones de cítricos ubicadas en Guanacaste y San Carlos se encuentran sembradas en estos suelos.

Los Inceptisoles que pertenecen a los Grandes Grupos Dystrustepts y Dystrudepts muestran algunas diferencias importantes con relación a los suelos anteriormente mencionados. Estos suelos son bajos en bases intercambiables; el pH varía entre ácido y ligeramente ácido, y algunos pueden presentar problemas de alta acidez intercambiable y saturación de Al. Por lo tanto, estos suelos son de fertilidad moderada a baja, y con frecuencia es necesario el uso de cal y P. Estos suelos se distribuyen en todo el país, y son más comunes en relieve ondulado a fuertemente ondulado. Este tipo de Inceptisol predomina con mayor frecuencia en las plantaciones de naranja del país, principalmente en zonas como San Carlos, Los Chiles, Upala, Grecia, Los Santos y Atenas.

ULTISOLES

Son suelos muy viejos y meteorizados, que ocupan el 21% del territorio, localizándose principalmente en los cantones de Upala, Sarapiquí, Pérez Zeledón, Buenos Aires, Turrialba, San Carlos y Los Chiles.

Los Ultisoles se pueden originar de cualquier material parental, bajo condiciones de alta precipitación y temperatura durante un prolongado lapso de tiempo. Estas condiciones favorecen la lixiviación de bases y sílice, con la consecuente acumulación de Al intercambiable, y óxidos de Fe y Al.

La mineralogía de estos suelos está dominada por la presencia de arcillas 1:1 (caolinita) y óxidos de Fe y Al. Esto da como resultado un buen grado de estructura, ya que los óxidos de Fe actúan como agentes cementantes y forman partículas de pseudoarenas. La abundante presencia de Fe le confiere coloraciones rojizas y pardo amarillentas a estos suelos, por lo cual son reconocidos como "suelos rojos". La mayoría de estos suelos son de textura arcillosa, la cual se incrementa con la profundidad. A pesar de esto normalmente el drenaje es de bueno a moderado, debido a sus excelentes características físicas.

La fertilidad de estos suelos es pobre, debido a los bajos contenidos de Ca y Mg, y la predominancia de Al intercambiable y alta saturación de Al en el complejo de cambio. El contenido de Al intercambiable con frecuencia es superior a 1 cmol(+). Debido a la acidez y su mineralogía de óxidos de Fe y Al, la retención de P en estos suelos es alta, lo que afecta su disponibilidad para el cultivo. Deficiencias de Zn, B y S son también frecuentes en Ultisoles sembrados de naranja. La proliferación de iones ácidos como el Al y Fe está muy relacionada con problemas de crecimiento de raíces. La "raíz corchosa" en naranja ha sido asociada con niveles altos de Fe y desbalance de Mn.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Extracción de nutrientes

La absorción de nutrientes en cítricos se presenta durante todo el año, pero es más acentuada durante las etapas de floración y formación de frutas. En las partes vegetativas de la planta el Ca es el elemento más abundante, seguido por el N, K, Mg, S y P. Sin embargo, el N y el K son los más abundantes en el fruto, cerca del 30 % del N total en la planta y el 70 % del K son absorbidos en el fruto.

Uno de los medio más prácticos de determinar los requerimientos de nutrientes es mediante la estimación de la remoción de éstos por los frutos, que constituye la parte de la planta que es extraída del sistema de producción y que por lo tanto no es restituida. La absorción de elementos nutritivos en los frutos depende de varios factores, entre los que se puede mencionar la variedad, clima, suelo, edad de la planta y nivel de rendimiento. En los cuadros 1 y 2 se aprecia los valores de extracción de nutrientes reportados por varios autores. Una tonelada de naranja fresca extrae entre 1.18 y 1.90 kg de N, 0.17 y 0.25 kg de P, 1.77 y 2.03 kg de K. Las cantidades de N y K aumentan continuamente en el fruto hasta la maduración; consecuentemente ellos son absorbidos regularmente durante todo el ciclo anual de desarrollo y deberían ser suministrados de acuerdo con ello. El P y Mg aumentan durante el primer periodo de desarrollo del fruto y posteriormente permanecen constante.

Los valores de extracción de P, K y Mg encontrados en naranja Valencia en Costa Rica son superiores a los reportados por otros autores, en tanto que la extracción de N y S es muy similar. Con base en los resultados del cuadro 2, para producir 4 cajas/árbol de frutos frescos (40.82 Kg/caja) que son aproximadamente 40 ton/ha, la extracción de nutrientes en la zona de San Carlos sería la siguiente:

N:	60 Kg/ha
P:	12.3 Kg/ha (28.2 Kg P ₂ O ₅ /ha)
K:	96 Kg/ha (114.7 Kg K ₂ O/ha)
Ca:	25.6 Kg/ha
Mg:	11.6 Kg/ha
S:	4.8 Kg/ha

El K es el elemento extraído en mayor cantidad, seguido por el N. La relación de extracción en el fruto de N: P₂O₅: K₂O es de 2: 1: 4. Estos valores de extracción brindan una idea de la cantidad de nutrientes que debe suplir el suelo y la fertilización para sostener un rendimiento de 4 cajas, y muestran que el N y el K son los elementos que se requieren con mayor cantidad.

CUADRO 1. NUTRIMENTOS REMOVIDOS EN Kg/ton DE NARANJAS FRESCAS

Fuente	N	P	K	Ca	Mg	S
Chapman y Kelly (1943)	1.18	0.25	2.03	0.95	0.18	0.11
Smith y Reuter (1953)	1.25	0.15	1.77	0.45	0.19	--
Labanauskas (1972)	1.85	0.17	1.79	0.78	0.17	--
Bataglia <u>et. al</u> (1977)	1.90	0.17	1.50	0.53	0.13	0.14

CUADRO 2. NUTRIMENTOS REMOVIDOS EN Kg/ton DE NARANJAS FRESCAS EN LA var. VALENCIA, SAN CARLOS, COSTA RICA

N	P	K	Ca	Mg	S
1.49	0.30	2.33	0.64	0.29	0.12

Fuente: Molina y Morales (1994), datos sin publicar.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA Y FUNCIÓN DE LOS NUTRIENTES

Una de las características más sobresalientes en la nutrición de los cítricos es la gran cantidad de deficiencias nutricionales que han sido identificadas bajo cultivo intensivo en muchas regiones citricolas del mundo. Entre los síntomas visuales de deficiencias reconocidos se pueden mencionar: N, P, Ca, Mg, K, Fe, Zn, Mn, Cu, B y Mo.

A continuación se presenta el papel que cumple cada uno de los nutrimentos esenciales en el cultivo y sus síntomas de deficiencia.

Nitrógeno

El N es considerado el elemento más importante en la nutrición de cítricos, debido al marcado efecto que tiene en el crecimiento del árbol y la producción y calidad de la fruta. El N es el elemento absorbido en mayor cantidad por la planta, acumulándose en mayor grado en las hojas y frutas. El N es esencial para una adecuada absorción y distribución de otros nutrimentos, tales como el P, K, Ca y Mg. Como constituyente de proteínas y aminoácidos, es de vital importancia para la división celular, por lo que su deficiencia afecta severamente el crecimiento de la planta. La mayor absorción y translocación del N ocurre poco antes y durante la floración y cuaje de los frutos. De ahí que una deficiencia de N durante este periodo puede disminuir el número de flores y por ende el rendimiento.

Deficiencias: clorosis o amarillamiento de las hojas. Hojas delgadas, frágiles y pequeñas. La clorosis es más pronunciada en ramas con frutos. Los frutos son pequeños, con la cáscara fina y tienden a madurar precozmente. Reducción del crecimiento de la planta, defoliación y muerte descendente de las ramas.

Exceso: crecimiento exuberante, hojas grandes de color verde intenso, ramas suculentas y angulares, retraso en la maduración. Los frutos presentan cáscara gruesa, menos jugo y mayor acidez.

Fósforo

El P es componente de enzimas, nucleoproteínas, fosfolípidos, ATP y otros compuestos que intervienen en la formación de órganos reproductores. Es importante en la fotosíntesis, síntesis de carbohidratos y transferencia de energía dentro de la planta. El P se acumula en los frutos y semillas.

Los cítricos tienen bajos requerimientos de P, y es absorbido en mucho menor grado que el N, K, Ca y Mg. Se estima que 1 tonelada de fruta extrae apenas cerca de 0.2 Kg de P, por lo que la extracción de P para un rendimiento estimado de 40 ton/ha es de aproximadamente 8 Kg/ha. Cerca del 60 % de P total absorbido por la planta es extraído por el fruto.

La deficiencia de P es poco común en el cultivo de naranja, probablemente debido a los bajos requerimientos de la planta y a la habilidad de sus sistema radical para extraer el P del suelo. El efecto más marcado que produce en naranja es la reducción en la floración y disminución en el cuaje de los frutos.

Deficiencia: hojas de color verde pálido o bronceado, caída de hojas, reducción de la floración.

Los frutos presentan piel más gruesa y rugosa. Raíces achaparradas y pobremente ramificadas.

Exceso: síntomas son casi desconocidos. Puede disminuir el tamaño de los frutos, piel delgada y fina, disminuir acidez.

Potasio

Los cítricos remueven grandes cantidades de K, principalmente en los frutos. Es el elemento extraído en mayor cantidad por la planta después del N.

Entre las funciones fisiológicas que se le atribuyen están: formación de azúcares y almidones, síntesis de proteínas, crecimiento y división celular, regulación del suministro de CO₂, translocación de azúcares desde las hojas al fruto, regulación hídrica, etc. El K mejora la sanidad de la planta y la resistencia a enfermedades.

Las exigencias de K se incrementan el término de la floración y durante la maduración de los frutos. El K es uno de los elementos que tiene mayor influencia en la calidad de los frutos. Incrementa el tamaño del fruto, es sabor y el color. La extracción de K en el fruto es de alrededor de 60 g / caja.

Deficiencia: reducción del tamaño de hojas nuevas, clorosis de hojas y aparición de áreas necróticas y moteos pardo amarillentos. Frutos pequeños, de cáscara delgada, baja acidez.

Exceso: defoliación, clorosis marginal de las hojas. Frutos más grandes, cáscara más gruesa, mayor acidez del jugo. Puede inducir una deficiencia de Mg.

Calcio

Las hojas de cítricos tienen gran cantidad de Ca. Este elemento es particularmente importante en suelos muy ácidos como los Ultisoles. El Ca promueve el desarrollo del sistema radical de la planta. Es un elemento inmóvil en los tejidos, por lo que tiende a acumularse en las hojas.

El Ca forma parte de la pared celular y desempeña un papel importante en la división celular y el crecimiento vegetativo.

Si se considera la constitución mineral de los frutos y las partes vegetativas, el Ca ocupa un tercer lugar después del N y K.

Deficiencia: poco desarrollo radical. Clorosis en los márgenes y nervaduras de las hojas jóvenes, que luego se extiende a toda la lámina foliar. Se produce necrosis en áreas amarillentas, comenzando también en los márgenes. Defoliación. Frutos pequeños y deformes, con bolsas de jugo arrugadas, cáscara áspera y gruesa. Disminuye crecimiento y producción.

Exceso: el principal efecto está asociado con cambios en el pH del suelo que causan deficiencias de elementos menores tales como Fe, Zn, Mn y B. También puede provocar un desbalance con Mg y K.

Magnesio

Es el componente principal de la clorofila e interviene en la síntesis de carbohidratos. Además participa en la síntesis de proteínas, nucleoproteínas y el ácido ribonucleico, así como favorece el transporte de P dentro de la planta. Es un elemento móvil en la planta, por lo que usualmente su deficiencia se presenta primero en las hojas más viejas.

Aproximadamente la mitad del Mg se encuentra en el tronco y ramas del árbol, un tercio en las raíces y el resto en las hojas. Durante la floración y fructificación se produce una translocación significativa de Mg hacia los brotes y frutos. El Mg es extraído en el fruto casi en la misma proporción que el P.

Deficiencia: clorosis intervenal de aspecto bronceado en hojas viejas, en forma de V que se inicia en la punta de las hojas y avanza hacia el centro cubriendo los márgenes, posteriormente las zonas amarillentas comienzan a necrosarse. En ramas con frutos maduros, las hojas próximas a éstos muestran los síntomas en mayor grado que las ramas sin frutos. Los frutos son pequeños, con piel delgada y contenido bajo de azúcares y acidez.

Exceso: síntomas son poco comunes, pero pueden causar deformación de hojas nuevas.

Zinc

Es un elemento de gran importancia en la producción de naranja. Después de N, la deficiencia de Zinc es la más común en este cultivo, y ocurre bajo un amplio rango de condiciones de suelos. La deficiencia de Zn en Costa Rica está ampliamente difundida en las plantaciones de cítricos, y aparentemente está en parte relacionada con la ineficiencia de los patrones para absorber Zn.

El Zn es esencial para la síntesis de algunas hormonas, tales como la auxina, y para la síntesis de proteínas.

Deficiencias : clorosis intervenal en hojas nuevas, donde la nervadura central y los nervios laterales permanecen verdes. Las hojas son pequeñas, estrechas y puntiagudas. Los brotes jóvenes adquieren forma de roseta. Si la deficiencia es severa, se reduce el tamaño y la producción de frutos, y éstos son de menor calidad.

Exceso: es poco conocido. Quema de hojas, defoliación, prolonga la maduración. Puede causar deficiencia de Fe por antagonismo.

Manganeso

Cumple un papel importante como catalizador de los sistemas enzimáticos que intervienen en los fenómenos respiratorios, fotosíntesis y el metabolismo del N. La deficiencia de Mn es común en suelos alcalinos y en suelos arenosos. También podría presentarse en algunos suelos ácidos con baja CIC y sometidos a alto lavado. El Mn es un elemento importante en la nutrición de cítricos en zonas como la Florida, España, Israel, Marruecos, etc. En Costa Rica la deficiencia de Mn es poco común, aunque algunas zonas productoras de Guanacaste presentan niveles de medios a bajos de Mn.

Deficiencia: muy similar al Zn. En hojas jóvenes y maduras se presentan áreas verde pálido o amarillento entre las venas, aunque la clorosis es menos pronunciada que la de Zn. Los frutos son suaves y de color pálido.

Exceso: es raro de encontrar. Se produce un amarillamiento marginal de las hojas, permaneciendo verde el área central. En Costa Rica existe sospecha que niveles altos de Mn en el suelo son responsables de la formación de raíz corchosa, aunque aún no está claro la causa de este síntoma. El encalado constituye la práctica más razonable para disminuir la toxicidad de Mn.

Hierro

El Fe es un activador enzimático e interviene en la formación de la clorofila. La deficiencia de Fe está bien identificada en suelos calcáreos y suelos arenosos bajos en materia orgánica. En nuestro país, la deficiencia de Fe es poco probable, debido a que la mayoría de los suelos presentan contenidos altos de este elemento. La deficiencia de Fe podría ser inducida por un sobreencalado, o por la aplicación excesiva de Cu, Zn o Mn al suelo.

Deficiencia: debido a su baja movilidad, los síntomas aparecen en hojas jóvenes. Estas se tornan amarillentas, con una red de nervaduras de color verde pálido. Al incrementarse el síntoma, toda la lámina foliar se torna amarilla. Las hojas son pequeñas. El cuaje de los frutos y el rendimiento disminuyen, los frutos tienden a ser pequeños. El patrón Trifoliata parece ser más susceptible a la deficiencia de Fe.

Exceso: quema de hojas y defoliación. La toxicidad de Fe podría presentarse en suelos muy ácidos y con drenaje pobre. Al igual que se indicó con el Mn, la aparición de la raíz corchosa y el incremento en el ataque de sinfilidos, parece estar relacionado con los niveles altos de Fe.

Boro

El B es de gran importancia en la división celular, de ahí que afecte en alto grado el crecimiento meristemático de las plantas. También se le atribuye un papel valioso en el transporte de azúcares y otros compuestos orgánicos desde las hojas a los frutos, en la reproducción y la germinación del polen.

El B junto con el Zn constituyen los micronutrientes más importantes en la producción de cítricos del país, por lo que normalmente es incluido en la mayoría de los programas de fertilización. El B es quizás el micronutriente que más influye en el rendimiento y calidad de los frutos.

Deficiencia: hojas jóvenes deformadas, con amarillamiento de las venas central y laterales. Las hojas más viejas se enrollan y deforman. Muerte descendente de ramas y formación múltiple de yemas vegetativas. Frutos pequeños, con poco jugo, duros, de cáscara gruesa y áspera, con puntos de goma en el interior de los gajos.

Exceso: es fácil inducir toxicidad de B dado que el ámbito entre deficiencias y toxicidad de este elemento es muy estrecho. Manchas amarillentas en las puntas de las hojas, que se extienden hacia los márgenes, mostrando un aspecto moteado. Formación de goma cafésuzca en el envés. Defoliación en casos severos.

ANÁLISIS FOLIAR

El análisis foliar es una de las mejores técnicas para evaluar el estado nutricional de los cítricos y orientar los programas de fertilización, junto con la información del análisis de suelos y otros factores limitantes.

El diagnóstico de las necesidades nutritivas de las plantas mediante el análisis foliar se basa en el principio de que cada uno de los órganos de la planta requieren de una determinada concentración de cada nutriente esencial para el crecimiento. Si el contenido de un elemento en particular se encuentra por debajo de cierto nivel crítico, la planta puede experimentar una disminución en el crecimiento y producción. El análisis foliar permite identificar deficiencias nutricionales, evaluar el estado nutricional de la planta y establecer recomendaciones de fertilización.

La primera etapa en el diagnóstico foliar de cítricos es el muestreo, el cual debe ser representativo de área que se desea estudiar. Para eso existen ciertas pautas básicas que deben respetarse para asegurar que los datos que genere el Laboratorio de análisis sean confiables, entre ellos se tienen los siguientes:

- 1.- El muestreo se debe hacer al azar en lotes que oscilen entre 2.5 y 5 has.
- 2.- Se deben tomar hojas con una edad que oscile entre 4 y 7 meses de edad, situadas a la mitad de la copa del árbol, en los cuatro puntos cardinales del árbol.
- 3.- Se debe muestrear la tercera o cuarta hoja a partir del ápice de la rama terminal sin fruta, en 20 a 30 árboles al azar en cada lote. También es posible muestrear ramas con frutos, para lo cual se deberá consultar la tabla de interpretación respectiva, ya que está demostrado que la concentración de nutrimentos en hojas de ramas con frutos es diferente al de ramas sin frutos.
- 4.- La época ideal para el muestreo es durante el verano o al inicio de la floración.
- 5.- Las hojas se colocan en bolsas limpias de papel o plástico debidamente rotuladas, y se deben enviar lo más pronto posible al Laboratorio.

La interpretación de análisis se basa en tablas de niveles foliares (cuadro 1), en donde se indican los contenidos de los nutrimentos en escalas de deficiente, bajo, óptimo y alto.

CUADRO 4. GUIA PARA EL DIAGNOSTICO FOLIAR EN NARANJA.

Elemento	R a n g o				
	Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Exceso
N %	2.2	2.2 - 2.3	2.4 - 2.6	2.7 - 2.8	2.8
P %	0.09	0.09 - 0.11	0.12 - 0.15	0.17 - 0.29	0.3
K %	0.4	0.4 - 0.7	0.7 - 1.1	1.1 - 2.0	2.4
Ca %	1.5	1.5 - 2.9	3.0 - 5.5	5.6 - 5.9	7.0
Mg %	0.15	0.15 - 0.25	0.26 - 0.6	0.7 - 1.1	1.2
S %	0.14	0.14 - 0.19	0.2 - 0.3	0.4 - 0.5	0.5
B mg/Kg	21	21 - 30	31 - 100	101 - 260	260
Fe mg/Kg	35	35 - 59	60 - 100	130 - 200	250
Mn mg/Kg	16	16 - 24	25 - 200	300 - 500	1000
Zn mg/Kg	16	16 - 24	25 - 100	110 - 200	300
Cu mg/Kg	3.6	3.6 - 4.9	5 - 15	17 - 22	100

ENCALADO

La mayoría de los suelos cultivados de naranja tienen problemas de acidez, por lo que el encalado constituye una práctica necesaria para reducir la saturación de aluminio e incrementar la fertilidad del suelo. Es bien conocido que los cítricos son tolerantes a la acidez, y se ha establecido un nivel mínimo de tolerancia a 30% de saturación de acidez. Sin embargo, en términos generales se puede indicar que el valor deseable para el cultivo debería ser menor de 20%. Para el cálculo de la dosis de cal se utilizan algunos de los parámetros que brinda el análisis de suelos, como el contenido de Ca, Mg y K, la acidez intercambiable, la CICE, y el % de saturación de acidez. A partir de esta información y con la ayuda de la siguiente fórmula, es posible estimar el requerimiento de cal:

$$\text{ton CaCO}_3/\text{ha} = \frac{1.5 (\text{Al} - \text{RAS}) (\text{CICE})}{100} \times f$$

RAS = % de saturación de acidez deseado

Al = % de saturación de acidez que presenta el suelo

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva (Ca+Mg+K+Acidez)

f = 100/PRNT

PRNT = Poder Relativo de Neutralización Total = Equivalente Químico x Eficiencia Granulométrica/100

La fuente de cal más utilizada en nuestro medio es el CaCO_3 , debido a su abundancia natural y bajo precio. La cal dolomita es un alternativa más eficaz en suelos ácidos con deficiencia de Mg, pero su alto costo limita su utilización en muchas plantaciones de cítricos. Para más información sobre materiales de encalado y calidad referirse a Molina(1998).

El efecto favorable de la cal en la producción de naranja se ilustra con los resultados de un experimento a largo plazo establecido en un Ultisol de Río Cuarto de Grecia por Rojas et al (1996) (cuadro 5). La dosis más alta de 3 ton/ha produjo el mejor rendimiento, en un Ultisol con 66% de saturación de Al, luego de tres cosechas de frutas de naranja (1995 a 1997). En la mayoría de los años evaluados, la dosis de 3 ton/ha produjo más del doble de rendimiento que el testigo sin cal, independientemente de la fuente utilizada, si bien con una ligera tendencia de la mezcla física de CaCO_3 y Magox a mostrar los mejores resultados, probablemente debido a su aporte de Mg, elemento deficiente en este suelo. Los resultados de este ensayo muestran que la naranja puede requerir dosis más altas de cal, dado que la respuesta a la aplicación de la enmienda fue de tipo lineal y no se logró obtener el punto de inflexión.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de cal en el rendimiento de naranja Valencia, cosechas 1995-1997. Grecia. Costa Rica.

Tratamiento (ton/ha)	Cajas/ha*			LSST/ha **		
	95	96	97	95	96	97
0	113	141	592	353	392	1862
CaCO_3 grueso 1	267	145	782	973	432	2386
CaCO_3 grueso 2	423	269	1017	1398	754	3191
CaCO_3 grueso 3	551	204	1225	1832	604	3949
CaCO_3 fino 1	191	157	836	684	452	2680
CaCO_3 fino 2	295	180	922	1058	537	2834
CaCO_3 fino 3	435	265	1111	1604	713	3354
$\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$ 1 ***	244	183	895	883	512	2791
$\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$ 2	358	203	1042	1236	583	3241
$\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$ 3	558	292	1242	1860	1036	3574

* Cajas de 40.18 kg de naranjas frescas

** LSST = Libras de Sólidos Solubles Totales en el jugo

*** Mezcla de CaCO_3 y Magox

Fuente: Rojas et al. 1996 y Molina, E. 1998 (Datos sin publicar)

FERTILIZACIÓN

La fertilización de los cítricos se ha concentrado en el suministro de N y K, debido a que la investigación realizada en nutrición de cítricos ha concluido que ambos elementos son los que más influyen en el rendimiento y calidad de los frutos. Adicionalmente otros elementos podrían ser importantes de acuerdo con las características de fertilidad de suelos. Así por ejemplo el Ca y el Mg deben ser considerados en suelos muy ácidos como los Ultisoles, y en algunos Andisoles. La respuesta al P es escasa en naranja, por lo que la dosis de este elemento generalmente es baja y su aplicación se concentra durante los primeros años de crecimiento vegetativo.

La tendencia en Costa Rica ha sido el uso de fórmulas completas cafetaleras, como la 18-5-15-6-2, fraccionada en dos o tres aplicaciones al año. Sin embargo, en los últimos años se ha tratado de cambiar el programa de nutrición a las necesidades del cultivo y las características de los suelos. Los micronutrientes más importantes en la nutrición de cítricos en nuestro país son el B y Zn, los cuales son aplicados con frecuencia en aspersiones foliares. El B también es incorporado al suelo cuando se utilizan fórmulas cafetaleras en el programa de fertilización, lo cual es muy común en el país. En ocasiones se aplica también Mn, aunque aún no está bien definido la importancia de este elemento en nuestras condiciones. Los resultados de análisis químico de una gran cantidad de muestras foliares de naranja analizadas en el Laboratorio del CIA por lo general muestran valores medios de Mn que oscilan entre 25 y 40 mg/Kg. No se tienen reportes de deficiencias de Fe y Cu, y la tendencia que muestran los análisis foliares es la presencia de niveles altos de Fe.

Fuentes de fertilizantes

Las fuentes de fertilizantes más usadas son fórmulas completas, tanto de origen químico como físico. La fuente de N depende de la naturaleza del fertilizante. En mezclas físicas por lo general se usa urea, en tanto que en mezclas químicas el N se presenta en forma nítrica y amoniacal. Se ha sugerido el uso de sulfato de amonio en las mezclas físicas para aportar S, pero esta práctica no es conveniente debido a que el efecto residual ácido del sulfato de amonio es mayor que la urea y el nitratode amonio.

La fuente de P más común es el Fosfato Diamónico en las mezclas físicas, y la roca fosfórica en las químicas, luego de ser acidulada con ácido nítrico. Como fuente de K se utiliza KCl y K-mag. Se ha discutido acerca del riesgo de utilizar KCl en cítricos debido a la presencia de cloruro que podría resultar tóxico. Sin embargo, no existe ninguna evidencia que demuestre que el KCl es detrimental para los cítricos en Costa Rica, especialmente si se toma en cuenta que el cultivo se siembra en suelos de pH ácidos y en climas muy lluviosos, donde el Cl se puede lixiviar con facilidad. El sulfato de potasio puede ser un sustituto del KCl, pero su uso llega casi a duplicar el costo por unidad de K aplicado al cultivo.

Dosis

La dosificación de nutrientes en cítricos es una de las prácticas que genera mayor controversia debido a las grandes variaciones que se presentan en las recomendaciones obtenidas de la literatura internacional. En el cuadro 6 se presenta un resumen de recomendaciones de fertilización de naranja reportados en varios países.

Existen una gran cantidad de factores que se deben considerar para la fertilización de naranja, tales como la variedad, patrón, clima suelo, humedad, etc. Uno de los aspectos que más influye es el tipo de suelo. Así por ejemplo, las plantaciones de cítricos de la Florida están sembrados en gran parte sobre Entisoles, que son suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico, deficiencias de Ca, Mg y K, y niveles bajos de materia orgánica, lo que obliga a utilizar un

programa intensivo de fertilización que incluye además del N y K, la aplicación de cal y elementos menores. Estos suelos presentan características químicas y físicas muy diferentes a los suelos en los que se siembra naranja en Costa Rica, de ahí que el uso de recomendaciones de fertilización provenientes de la Florida puede resultar inconveniente en nuestras condiciones, tal es el caso de las aplicaciones de Fe y Cu, las cuales son comunes en esos Entisoles, pero que en nuestro medio resultan innecesarias. El suministro de Fe al suelo puede llegar a causar con el tiempo un incremento de la acidez del suelo en la banda de fertilización, y desbalance nutricional con otros elementos con los que el Fe es antagónico, tales como el Zn y Mn.

La cantidad de nutrientes aplicados en naranja presenta dos opciones bien definidas. Una de ellas consiste en dosificar de acuerdo con la edad de los árboles. De esta forma, la cantidad de fertilizante se incrementa cada año hasta que el árbol alcanza el desarrollo óptimo, lo que normalmente se logra entre los 8 y 10 años de edad. Este sistema asume que a mayor edad, mayor crecimiento, y por lo tanto la cantidad de abono debe aumentarse en proporción aproximada a la edad. Sin embargo, en muchos casos puede llegar a sobrestimar la cantidad de nutrientes a aplicar.

La otra alternativa que parece más razonable consiste en dosificar según el nivel de rendimiento del cultivo, el cual se estima normalmente con el número de cajas/árbol producidas, o el tonelaje de frutos por hectárea. Este sistema resulta quizás el más práctico porque permite un uso más racional del fertilizante y fomenta una nutrición más balanceada. Sin embargo, una de las desventajas de este sistema es que requiere de información previa de registros de rendimiento determinado o esperado. Esta información es precisamente la que es difícil de obtener en nuestro país, debido a la escasez de investigación y a la poca edad de la mayoría de las plantaciones. Para implementar este sistema, los datos de absorción de nutrimentos en los frutos son de gran ayuda, así como los resultados de experimentos de fertilización.

CUADRO 6. RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION EN DIVERSAS ZONAS CITRICOLAS DEL MUNDO

Fuente	Lugar	N	Kg / ha	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
Anderson, 1982	Florida	225 - 280	100	130
Moreira, 1983	Florida	100 - 300	100	100 - 200
Cohen, 1983	California	200 - 500	---	---
Moreira, 1983	España	200 - 300	150 - 250	300 - 500
Moreira, 1983	Sudáfrica	200 - 300	---	---
Moreira, 1983	Japón	300	180	240
Cohen, 1983	Australia	145	24	200
Rodríguez, 1983	Brasil	90 - 110	45 - 55	80 - 100
Malavolta, 1991	Brasil	150	90	120

La fertilización con base en rendimiento establece que las plantaciones de alta productividad reciben más fertilizante que las de escasa producción, aún cuando los árboles tengan la misma edad. Como ejemplo, en la Florida, los árboles adultos son abonados con 4.44 Kg de N y 3.68 Kg de K por tonelada de frutos. Para un rendimiento promedio de 35 ton/ha, estas cantidades equivalen a 155 Kg de N y 193 Kg de K₂O por ha.

Un ejemplo de fertilización de árboles en producción en Costa Rica en suelos de moderada fertilidad podría ser el siguiente:

Cantidad de fertilizante a utilizar para un rendimiento estimado de 4 cajas/árbol:

Fórmula	Kg/árbol	Kg/caja	N	Kg / ha / año		
				P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
18-3-10-8-1.2	1	0.25	56	9	31	25
15-3-31	1	0.25	47	9	97	0
Total	2	0.50	103	18	128	25

A pesar de que estos parámetros pueden resultar útiles para planificar el programa de fertilización, la forma más precisa para el cálculo de dosis es contar con información derivada de experimentos de campo. La investigación en nutrición de este cultivo en nuestro país lamentablemente es escasa, y los esfuerzos realizados hasta la fecha han sido principalmente por iniciativa de empresas privadas con el apoyo de la UCR. Los resultados de un experimento de largo plazo realizado en un Ultisol de Buenos Aires de Cutris, con dosis crecientes de nitrógeno y potasio, se presentan en los cuadros 7 y 8, para la cuarta cosecha de fruta realizada en 1998.

Los resultados indican que luego de 4 años de investigación, la dosis de 150 kg de N/ha presenta el rendimiento más alto para las variables cajas de fruta /ha y libras de sólidos solubles totales/ha en el jugo. Así mismo, en el ensayo de potasio el mejor tratamiento es la dosis de 150 kg de K₂O/ha. Ambos experimentos recibieron una base de fertilización fosfórica de 50 kg de P₂O₅/ha. Los resultados también muestran la necesidad de incrementar los esfuerzos del sector productivo de cítricos por la investigación en nutrición en el país.

Con base en resultados experimentales, los datos de absorción de nutrientes en frutas, y las características de fertilidad de los suelos, en el cuadro 9 se sugieren los requerimientos nutricionales para naranja en producción en Costa Rica.

Cuadro 7. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el rendimiento de naranja Valencia, San Carlos. (cosecha 1998).

Dosis de N (Kg/ha)	Naranja Cajas/ha [*]	Jugo LSST/ha ^{**}
0	253	1251
50	418	1998
100	498	2365
150	719	3448
200	549	2351

* Cajas de 40.18 kg de naranjas frescas

** Libras de Sólidos Solubles Totales en el jugo de naranja

Fuente: Molina y Morales, 1999 (datos sin publicar)

Cuadro 8. Efecto de la fertilización con potasio en el rendimiento de naranja Valencia, San Carlos. (cosecha 1998).

K ₂ O (Kg/ha)	Cajas/ha*	LSST/ha**
0	340	1781
50	496	2280
100	660	3011
150	815	3962
200	490	2332

* Cajas de 40.18 kg de naranjas frescas

** Libras de Sólidos Solubles Totales en el jugo de naranja

Fuente: Molina y Morales, 1999 (datos sin publicar)

Cuadro 9. Requerimientos nutricionales para naranja en producción

ELEMENTO	DOSIS (kg/ha)	1º APLICACION	2º APLICACIÓN
Nitrógeno (N)	150-200	60%	40%
Fósforo (P ₂ O ₅)	25-50	50%	50%
Potasio (K ₂ O)	150-200	40%	60%
Magnesio (MgO)	20-40	50%	50%
Azufre (S)	25-50	50%	50%
Boro (B)	2-4	50%	50%

BIBLIOGRAFIA

- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Universidad de Costa Rica. 86 p.
- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. ACCS. 157 p.
- COHEN, A. 1983. Fertilización de los cítricos. Boletín IIP No. 4, Berna, Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. 48 p.
- EMBLENTON, T.W.; REITZ, H.J.; JONES, W.W. 1973. Citrus fertilization. In The Citrus Industry, edit. Por W. Reuther, University of California, USA. p. 122-182.
- CHAPMAN, H.D. 1968. The mineral nutrition of citrus. The Citrus Industry. Bartow, California, USA. V. 2, p. 127-289.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBACAO E CALAGEM PARA CITROS. 1994. Recomendacoes de adubacao e calagem para citos no Estado de Sao Paulo. Laranja. Coerdeirópolis, Brasil.
- MALAVOLTA, E. 1983. Nutricao mineral e adubacao da laranjeira. In Nutricao mineral e adubacao dos citros, edit. por T. Yamada. Instituto da Potassa, Piracicaba, Brasil. P 13-72.
- MALAVOLTA, E.; PRATES, H.S. 1994. Seja o doutor dos seus citros. Informacoes Agronómicas (Brasil) No. 65, p 1-6.
- MOLINA, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. San José, Costa Rica, ACCS. 45 p.

- OBREZA, T.A. 1996. Adubacao de plantas cítricas na Florida, USA. In: Anais IV Seminario Internacional de citros: nutricao e adubacao, Sao Paulo, Brasil. Fundacao Cargill. p. 27-40.
- PRATT, R.M. 1983. Guía de Florida sobre insectos, enfermedades y transtornos de la nutrición en los frutos cítricos. México, LIMUSA. 199 p.
- ROJAS, A.; MOLINA, E.; MORALES, F. 1996. Evaluación agronómica de tres fuentes de cal en el cultivo de naranja. In: X Congreso Agronómico Nacional. Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica. Vol. III. p. 143.
- SMITH, P.F. 1966. Citrus nutrition. In: Temperate to Tropical Fruit, edit. Por N.F. Childers, Somerset Press, New Jersey, USA. p. 174-207.
- VITTI, G.C. et al. 1996. Tecnicas de utilizacao de calcario e gesso na cultura dos citros. In: Anais IV Seminario Internacional de citros: nutricao e adubacao, Sao Paulo, Brasil. Fundacao Cargill. p. 131-160.

PALABRAS CLAVES: fertilización, nutrición, naranja

MANUAL DE SUELOS Y NUTRICIÓN DE PEJIBAYE PARA PALMITO

Eloy Molina

Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

El pejibaye para palmito requiere para su crecimiento y producción de gran cantidad de elementos nutritivos minerales que con frecuencia no pueden ser suministrados totalmente por el suelo. Las cantidades absorbidas de elementos minerales deben ser reemplazadas a fin de mantener el nivel de fertilidad del suelo y la continua obtención de altos rendimientos. Una manera eficiente de conseguir este propósito es mediante el uso racional de fertilizantes y enmiendas que pueden suplir los nutrimentos en forma concentrada y fácilmente disponible.

La nutrición balanceada del pejibaye para palmito debe estar íntimamente relacionada con otras prácticas agronómicas del cultivo, tales como el suministro de agua, el clima, el drenaje, el control de malezas, el estado fitosanitario, etc.

La gran rusticidad que presenta el pejibaye para palmito le permite adaptarse a una amplia gama de condiciones agroecológicas, y lo convierte en una excelente alternativa para pequeños y medianos productores.

A pesar de su alto potencial, algunos aspectos importantes de la producción agronómica del palmito han sido poco estudiados. El manejo de los suelos y la nutrición es quizás uno de los que menos interés ha recibido, por lo que la información disponible sobre este tema es escasa y poco concluyente. El propósito de este manual es presentar algunos aspectos básicos del manejo de los suelos, la nutrición del cultivo, y recomendaciones de fertilización y encalado

SUELOS

El palmito se adapta muy bien a una gran variabilidad de suelos. En Costa Rica se pueden encontrar plantaciones desde suelos de origen aluvial de alta fertilidad localizados principalmente en Upala y en el sur del país, hasta suelos ácidos y pobres en nutrimentos como es el caso de Sarapiquí, Los Chiles, San Carlos, etc..

Requerimientos

Las características de fertilidad de los suelos que tienen mayor importancia en la nutrición del cultivo son el pH, la acidez intercambiable, el contenido de calcio y magnesio, y la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE).

El palmito parece ser muy tolerante a la acidez del suelo, ya que la mayoría de las plantaciones del país se encuentran en este tipo de suelos, con un comportamiento en crecimiento y

productividad que varía de moderado a bueno. A pesar de su aparente adaptación a suelos ácidos, el mejor ambiente de suelo para optimizar la eficiencia en el uso de nutrimentos se logra cuando el pH se mantiene entre 5.5 y 6.5. Gran parte de las plantaciones de palmito en Costa Rica se ubican en suelos con pH entre 4.5 y 5.5. La acidez o aluminio intercambiable en muchos de estos suelos es alta, con valores superiores a 1 cmol(+)/L. Si bien no se ha determinado con claridad el grado de tolerancia a la acidez, se ha estimado que el palmito puede crecer en un rango entre 30% - 40% de saturación de acidez sin que ello afecte seriamente el rendimiento, lo cual da una idea de su tolerancia a la acidez. Suelos como los Ultisoles y Andisoles, con diferentes grados de problemas de acidez e insuficiencia de bases de intercambio, son muy utilizados para el cultivo del palmito en zonas como Limón, Sarapiquí, San Carlos y Los Chiles. Los suelos ácidos presentan por lo general deficiencias nutricionales que justifican un manejo intensivo de la fertilización y el encalado, tales como deficiencias de N, Ca, Mg, K, S, Zn y B.

Otro problema que se presentan en suelos fuertemente ácidos es un alto nivel de saturación de aluminio intercambiable, que disminuye el pH del suelo y favorece el incremento en las concentraciones de hierro y manganeso, que alcanzan en muchos casos valores que pueden ser tóxicos para el palmito. El efecto principal que causa la proliferación de iones ácidos en el suelo es el daño al sistema radical de las plantas de palmito, reduciendo el volumen de raíces absorbentes y la profundización de las mismas en el perfil del suelo. Como consecuencia de esto, el cultivo es afectado en su tasa de crecimiento, en su capacidad de producción de palmitos, la calidad industrial de los palmitos cosechados, el brotamiento de hijos nuevos, etc. La alta acidez del subsuelo limita la profundización de las raíces, causando que las plantas sean más susceptibles al efecto adverso de periodos prolongados de déficit hídrico.

La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) es una propiedad del suelo que controla el suministro de nutrimentos. La CICE es una medida de los sitios de carga negativa que tiene un suelo y que son capaces de atraer o retener elementos cargados positivamente, tal como calcio, magnesio, potasio y amonio. Entre más alto el valor de la CICE, mejor es la fertilidad del suelo y su potencial para almacenar y suministrar nutrimentos. Normalmente los suelos muy ácidos como los Ultisoles, y algunos Andisoles de texturas arenosas, presentan un valor bajo de CICE.

En suelos aluviales por lo general la CICE es mayor, lo que implica que la fertilidad oscila de media a alta, siendo la acidez del suelo de poca importancia, y los contenidos de calcio y magnesio son adecuados para el cultivo. En estos casos el uso de cal y fertilizantes con magnesio resulta innecesario, y con frecuencia también se puede prescindir del fósforo. Para estos suelos, elementos como el nitrógeno, potasio y azufre adquieren mayor importancia. Tal es el caso de los Inceptisoles de Upala y algunas regiones de San Carlos y el sur del país. En el Cuadro 1 se presentan resultados de análisis de suelos de varias regiones cultivadas con palmito. Se destacan los problemas severos de acidez en Ultisoles como los de Horquetas de Sarapiquí, con saturación de aluminio muy alta y deficiencias de calcio y magnesio, y baja CICE. En Guápiles se presentan suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), con niveles moderados de calcio, magnesio y acidez intercambiable, y alta capacidad de fijación de fósforo. En la zona de Upala se presentan suelos de origen aluvial (Inceptisoles) con un pH ligeramente ácido, y contenido medio a alto de bases intercambiables, sin problemas de acidez.

Dentro de las características físicas, quizás la textura, el drenaje, y la profundidad efectiva son las más importantes para el palmito. La mejor combinación de propiedades físicas es aquella que asegure una buena aereación y alta capacidad de suministro de nutrimentos en la zona de mayor

Cuadro 1. Fertilidad de algunos suelos dedicados al cultivo del Pajibaye para Palmito en Costa Rica

Identificación	PH	cmol (+)/L			mg/L							% Sat. Al
		Ca	Mg	K	Al	P	Cu	Fe	Mn	Zn		
Río Frio	5.5	4.7	1.2	<u>0.14</u>	0.4	12.3	8.6	436	7.7	<u>1.1</u>	6.0	
Río Frio	5.6	5.1	0.8	0.31	0.3	10.1	5.0	114	2.2	<u>1.5</u>	5.0	
Upala	5.9	8.0	1.6	0.19	1.1	<u>3.8</u>	14.1	162	49.6	4.4	10.0	
Upala	5.8	8.5	1.3	0.71	0.4	<u>3.6</u>	20.4	115	94.1	5.4	4.0	
Upala	6.1	7.7	2.3	0.63	0.2	<u>7.2</u>	29.1	75	68.2	8.3	2.0	
San Carlos	5.6	5.6	<u>0.7</u>	0.42	0.6	20.3	33.3	210	94.0	10.1	13.0	
San Carlos	5.7	1.9	<u>0.4</u>	0.42	0.4	16.1	23.7	201	47.3	8.1	13.0	
Guápiles	5.7	6.2	1.2	0.37	0.2	14.2	8.9	98	<u>3.1</u>	<u>2.1</u>	2.0	
Guápiles	6.0	<u>2.8</u>	<u>0.4</u>	0.21	0.4	10.1	4.5	74	<u>2.1</u>	<u>0.7</u>	10.0	
Guápiles	5.1	<u>1.3</u>	<u>0.3</u>	<u>0.12</u>	<u>2.2</u>	<u>7.5</u>	9.1	135	<u>5.7</u>	<u>1.6</u>	<u>36.0</u>	
Horquetas	<u>4.1</u>	<u>1.3</u>	<u>0.4</u>	<u>0.13</u>	<u>4.4</u>	19.6	36.3	<u>2098</u>	21.1	4.2	<u>71.0</u>	
Horquetas	<u>4.8</u>	<u>1.1</u>	<u>0.2</u>	<u>0.12</u>	<u>2.0</u>	19.1	12.5	169	5.6	2.5	<u>58.0</u>	
Horquetas	<u>4.8</u>	<u>1.6</u>	<u>0.4</u>	<u>0.19</u>	<u>2.1</u>	33.7	16.7	<u>1324</u>	7.4	1.8	<u>49.0</u>	

crecimiento de raíces. El grado de aireación del suelo es de particular importancia, puesto que la carencia de oxígeno no sólo causa un crecimiento radical pobre, sino que también puede incrementar la susceptibilidad de la planta al ataque de enfermedades radicales, como ocurre con la pudrición causada por *Erwinia* en suelos mal drenados. Un ejemplo de problemas de drenaje se presenta con frecuencia en Upala, en suelos de fertilidad media a alta y sin limitaciones de acidez.

La textura también es una propiedad importante que incide en el drenaje y el suministro de nutrimentos. Los suelos de textura franca a franco arcillosa son los preferidos. Muchos de los suelos ácidos cultivados con palmito son de textura arcillosa, en cuyo caso el drenaje y la compactación pueden afectar el crecimiento de las raíces si no se toman medidas de corrección. En los suelos arenosos a franco arenosos se presentan problemas debido al excesivo lavado y lixiviación de nutrimentos, y el escaso contenido de materia orgánica, que afectan el suministro de elementos nutritivos al cultivo, y que disminuyen el almacenamiento de agua.

La profundidad efectiva se refiere al grosor de la capa de suelo superficial donde pueden crecer las raíces de las plantas sin que se vean afectadas por algún impedimento de tipo físico o químico. Tales impedimentos podrían ser la presencia de una tabla de agua superficial, piedras o rocas, capas impermeables de arcilla, horizontes compactados, horizontes sin estructura o con "cascajo", subsuelo muy ácido o con nivel tóxico de algún elemento como aluminio, hierro, manganeso, cobre, sodio, etc. La profundidad efectiva de suelo óptima para palmito debería ser 1 m. Suelos con menos de 50 cm de profundidad efectiva se consideran limitantes para el cultivo.

En resumen, los mejores suelos para palmito son aquellos profundos, ligeramente ácidos, con buen drenaje, preferiblemente altos en materia orgánica, de textura media, con topografía plana a ligeramente ondulada, y con un nivel de fertilidad de media a alta.

Muestreo de suelos

El análisis químico de suelos es una técnica aconsejable para el diagnóstico de fertilidad. El muestreo de suelos se debe hacer en áreas homogéneas en tipo de suelo, pendiente, drenaje, manejo, etc. La muestra debe representar un área entre 2 y 10 has, para disminuir el error por variabilidad en la fertilidad, y tomarse a una profundidad de 0 a 20 cm, en la banda de fertilización. En suelos muy ácidos es recomendable tomar también muestras del subsuelo (20-50 cm). La frecuencia de muestreo puede ser anual en suelos de fertilidad baja, y cada dos o tres años en suelos de fertilidad alta. Los parámetros más importantes que se deben medir en un análisis de suelos son: pH, acidez intercambiable, contenidos disponibles de calcio, magnesio, potasio, fósforo, azufre, hierro, manganeso, cobre y zinc. El análisis de materia orgánica y textura es recomendable en suelos que se muestrean por primera vez. En el Cuadro 2 se resumen algunas características de suelo que se pueden considerar óptimas para el palmito, y que permiten hacer una interpretación apropiada del resultado del análisis de suelo.

Cuadro 2. Características óptimas de suelo para Pejibaye para Palmito

CARACTERISTICA	VALOR OPTIMO
pH (H ₂ O)	5.5 - 6.0
Materia orgánica (%)	> 5
Fósforo (mg/L)	> 10
Calcio (cmol (+) / L)	> 4.0
Magnesio (cmol (+) / L)	> 1.0
Potasio (cmol (+) / L)	> 0.3
Aluminio (cmol (+) / L)	< 1.0
Saturación de Al (%)	< 30
Azufre (mg / L)	> 10
Hierro (mg / L)	10 - 50
Manganeso (mg / L)	5 - 50
Cobre (mg / L)	1 - 10
Zinc (mg / L)	3 - 15
Boro (mg / L)	0.5 - 2

Método de análisis: Ca, Mg y Al intercambiable extraíbles con KCl

P, K y micronutrientes extraíbles con Olsen modificado

S y B extraíbles con Fosfato de calcio.

Sistema radical

La raíz es el órgano de entrada de agua y nutrimentos, por lo que está muy relacionada con los principales factores de crecimiento de la planta.

El crecimiento de las raíces puede variar en los suelos como resultado de diferencias en fertilidad y propiedades físicas. Algunas características como la compactación del suelo, pueden llegar a tener un gran impacto en el crecimiento y distribución de las raíces de palmito, y afectan además la competencia con otras plantas del mismo cultivo y con las malezas.

En un estudio realizado por López y Sancho (1990), en un Andisol de Guápiles de textura franco arenosa, encontraron que las raíces de palmito son constantemente renovadas, dado que observaron la presencia de gran cantidad de raíces no funcionales. La cosecha del palmito causa la muerte de las raíces del estípote cosechado, debido a que los carbohidratos no fluyen más a las raíces dado que el reservorio de la parte aérea es eliminado con la cosecha. Estos autores mencionan que el sistema radical de palmito es superficial, con base a la observación de que el 75% de las raíces de la planta se halla en los primeros 20 cm de profundidad. La mayoría de las raíces se distribuyen en un radio y profundidad de 40 cm, que permite sugerir la distribución del fertilizante a una distancia de 40 cm del centro de la planta.

En un estudio similar realizado por Jongschaap (1993) en un Ultisol de Sarapiquí de textura arcillosa, y un Andisol de Guápiles de textura franco arenosa, se encontró que la distribución de raíces del palmito es muy superficial: el 65% de las raíces se presentan en los primeros 20 cm de profundidad, y el 50% de las raíces se ubican en un radio a partir de 50 cm de la planta. Las raíces medias y grandes se presentan principalmente cerca del tallo; y las raíces pequeñas o finas se distribuyen en forma más homogénea entre el tallo y el centro de la calle. Las raíces finas son más abundantes en los 10 cm superficiales del suelo, especialmente en el suelo más ácido y de textura arcillosa (Ultisol). En esta capa de suelo se concentra la deposición de los residuos de tallos, hojas y cáscaras de la cosecha del palmito, formando un mulch que parece favorecer el crecimiento de raíces pequeñas. En esta capa el microclima es más cálido y húmedo, lo que favorece la descomposición de los residuos vegetales y la liberación de gran cantidad de nutrimentos. El mulch además protege al suelo del impacto de la lluvia y reduce las pérdidas de agua por evaporación. También reduce el efecto negativo de algunas prácticas de manejo, como el control químico de malezas.

NUTRICION DEL CULTIVO

Absorción de nutrimentos

El pejibaye para palmito es muy extractor de nutrimentos, aunque gran parte de los elementos son reciclados en el suelo a través de los residuos de hojas, tallos y cáscaras que se producen en la cosecha. De acuerdo con un estudio realizado por Herrera (1989) en la zona Atlántica del país, el palmito produce 19.5 ton/ha de materia seca por año, correspondiente a follaje y cáscaras que son recicladas en el campo. Sólo 1.76 ton/ha/año corresponden al palmito bruto, que es el material removido del suelo. Estos datos fueron tomados de una estimación de rendimiento de 9.600 palmitos/ha/año.

En el Cuadro 3 se observan las cantidades extraídas de nutrimentos en este estudio. El nitrógeno es el elemento removido en mayor cantidad por la planta y que se ha comprobado tiene el mayor efecto en el crecimiento y productividad del palmito. Una producción de biomasa seca total de 19.5 ton/ha/año, extrae 531 kg de N, del cual sólo el 1.6% es removido del campo en el palmito neto.

Cuadro 3. Extracción de nutrimentos por el Pejibaye para Palmito en Guapiles, Limón (Herrera, 1989)

	Peso Seco Ton/ha/ año	-----Kg / ha / año-----								
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Biomasa*	19.5	503	33.1	217.3	60.1	39.1	1.8	0.163	0.204	2.189
Palmito bruto**	1.7	28	4.8	31	4.7	3.9	0.03	0.021	0.050	0.085
Biomasa total	21.2	531	37.9	248.3	64.8	43.0	1.83	0.184	0.254	2.27

* Follaje + residuos de cosecha

** Cáscaras + palmito neto, extraído del campo

Datos estimados para una población de 3 200 cepas/ha , con un rendimiento de 9.600 palmitos/ha/año.

El segundo elemento importante en extracción es el potasio, con un valor de absorción total de 248 kg/ha (Cuadro 3). La extracción de nutrimentos en orden de mayor a menor importancia es de: N > K > Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn > Cu. La mayor parte de los nutrimentos son removidos por la biomasa vegetativa (tallos, hojas, raíces), siendo muy poca la cantidad de elementos extraída por el palmito neto. Por lo tanto, el reciclaje de nutrimentos en esta planta es muy alto, y debería ser estudiado con mayor detalle para cuantificar el aporte de minerales vía descomposición de residuos, y eventualmente, reducir la dosis de fertilizantes.

Diagnóstico Foliar

El análisis de suelo generalmente no suministra suficiente información de la extracción real de cada elemento por las plantas, ni de su distribución en los diferentes órganos del cultivo. El análisis foliar ha probado ser un método útil para evaluar la absorción de los nutrimentos provenientes tanto del suelo como de los fertilizantes.

El análisis foliar es una herramienta apropiada para el diagnóstico del estado nutricional de la planta. La hoja es el órgano que mejor refleja el estado nutricional de la planta de palmito, e indirectamente también indica el nivel de fertilidad del suelo. Por lo tanto, el análisis foliar sirve para evaluar el estado nutricional de la planta y para ajustar los programas de fertilización.

Como norma general, se debe muestrear la hoja que mejor representa el estado nutricional de la planta, que es aquella recién madura, cuyo crecimiento ha terminado pero que todavía no está en proceso de vejez o senescencia. Para el caso del palmito, se ha sugerido el muestreo de la tercera hoja de arriba hacia abajo en el estípite cosechero, tomando la sección central de la misma, y descartando el ráquis. Este procedimiento de muestreo no ha sido bien evaluado, y se requieren estudios adicionales que comparen la concentración de nutrimentos en hojas de diferente edad fisiológica, y la evaluación de la variación estacional de nutrimentos en el tiempo. Sin embargo, para propósitos prácticos, el muestreo de la tercera hoja es la técnica más utilizada en nuestro

país, y la mayor parte de la información generada en resultados de análisis foliar se basa en esta hoja. A manera de ejemplo, estudios realizados por CORBANA han demostrado que cuando el cultivo es bien fertilizado con N y K, normalmente los valores de estos nutrimentos en la tercera hoja son superiores a 3 y 1%, respectivamente. Se sugiere muestrear 15 a 20 hojas, provenientes de igual número de cepas, en un área uniforme, que represente entre 2 y 5 has. Es preferible hacer el muestreo en horas de la mañana.

De acuerdo con la base de datos de análisis foliar del Laboratorio de Suelos del CIA, realizados en diferentes plantaciones de palmito del país, la concentración usual de nutrimentos en las hojas de este cultivo es la siguiente:

N:	2.50 - 4.0 %	Fe:	100 - 200 mg/Kg
P:	0.15 - 0.3 %	Cu:	8 - 15 mg/Kg
Ca:	0.20 - 0.5 %	Zn:	15 - 25 mg/Kg
Mg:	0.20 - 0.3 %	Mn:	50 - 200 mg/Kg
K:	0.80 - 1.5 %	B:	10 - 25 mg/Kg

Dado que la mayoría de las plantaciones son fertilizadas con niveles adecuados de nitrógeno, la concentración de este elemento por lo general muestra valores superiores a 3%. Las concentraciones de calcio, magnesio y potasio son muy variables en plantaciones comerciales, pero normalmente sus valores tienden a ser bajos en suelos ácidos, donde además es común observar síntomas visuales de deficiencia de magnesio. Entre los elementos menores, el zinc y el boro son los que con mayor frecuencia presentan contenidos bajos, inferiores a 20 mg/Kg. De acuerdo a los análisis foliares, los elementos que a menudo se presentan bajos son Ca y Mg, especialmente este último, y en ocasiones, también K, Zn y B.

No existe una norma oficial de interpretación de análisis foliar en palmito. Sin embargo, con base en la experiencia adquirida en el país y la información disponible en la literatura, en el Cuadro 4 se presenta una tabla preliminar de interpretación, que eventualmente deberá ser mejorada conforme se obtengan resultados de nuevas investigaciones.

Cuadro 4. Tabla preliminar de interpretación de análisis foliar para Pejibaye para Palmito.

ELEMENTO	DEFICIENTE *	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
N (%)	1.4	< 2.5	2.5-3.5	3.5-4
P (%)	0.06	< 0.1	0.1-0.3	> 0.3
K (%)	0.5	< 1.0	1 - 2	> 2
Ca (%)	0.15	< 0.4	0.4-0.6	> 0.6
Mg (%)	0.2	< 0.25	0.25-0.4	> 0.4
S (%)	0.07	< 0.15	0.15-0.3	> 0.3
Fe (mg/Kg)	-	< 50	50-200	> 200
Mn (mg/Kg)	-	< 60	60-200	> 200
Cu (mg/Kg)	-	< 5	5-15	> 15
Zn (mg/Kg)	-	< 15	15-50	> 50
B (mg/Kg)	-	< 10	10-40	> 40

Fuente: Molina, E. 1997. Laboratorio de suelos, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

* Valor adaptado de La Torraca et. al. (1984).

Síntomas de deficiencias nutricionales

El diagnóstico de problemas nutricionales mediante la observación de síntomas tiene gran importancia práctica porque permite tomar decisiones rápidas en el campo para la corrección de las deficiencias. Un estudio realizado por La Torraca *et al* (1984), permitió establecer los síntomas de deficiencia de los principales nutrimentos en plantas jóvenes de pejibaye, complementada con observaciones realizadas en plantaciones comerciales del país. La descripción de los síntomas es la siguiente.

Nitrógeno:

Plantas pequeñas con poco desarrollo. Las hojas más viejas presentan una coloración verde claro con tendencia a amarillarse, especialmente en las extremidades de las hojas. Las hojas nuevas mantienen su color verde normal. En casos severos todas las hojas se amarillan, y en las más viejas ocurre necrosis o muerte de tejidos. Los tallos principales son pequeños y delgados, los hijos son débiles y de escaso crecimiento. Ocurre una reducción severa en la productividad por cepa. La deficiencia de nitrógeno se observa con claridad cuando el nivel del elemento en la hoja se encuentra por debajo de 2%. Los síntomas pueden confundirse con problemas de mal drenaje y pudriciones del sistema radical causadas por hongos y bacterias. Lo

Fósforo:

Paralización del crecimiento y reducción del volumen de raíces, no hay otros síntomas foliares evidentes. El palmito parece ser muy eficiente para extraer fósforo del suelo, probablemente a su reconocida relación con micorrizas.

Potasio:

Clorosis o amarillamiento de los bordes de las hojas viejas, que posteriormente es sustituida por una necrosis del tejido, con mayor intensidad en las puntas de la lámina foliar. Los síntomas pueden extenderse a hojas de crecimiento intermedio y las hojas viejas se secan a partir de las puntas en el sentido del raquis. En los folíolos de las hojas adultas aparecen puntos cloróticos o amarillo claros, que a medida que se intensifica la deficiencia se hacen más grandes y cambian a color anaranjado. Eventualmente la hoja se necrosa o se torna de color café, iniciando por los bordes y las puntas.

Calcio:

En las hojas nuevas aparece una coloración verde clara y ondulada. Las hojas nuevas aparecen plegadas y con ausencia de espinas en la lámina foliar.

Magnesio:

Clorosis o amarillamiento intervenal en las hojas viejas, iniciando desde la punta de la lámina foliar hasta la base. Al avanzar el síntoma a hojas intermedias, las hojas viejas presentan una pérdida casi total de clorofila, mostrándose quebradizas. La deficiencia de magnesio es muy frecuente en plantaciones comerciales del país, especialmente en suelos ácidos. Los síntomas son evidentes cuando el contenido del elemento en la hoja es inferior a 0.2%.

Azufre:

Ocurre una pérdida del color verde en la punta de hojas viejas.

Boro:

En hojas viejas se presenta una coloración verde más intensa y una leve ondulación de la lámina foliar. En hojas nuevas ocurre un doblamiento abrupto del foliolo junto al raquis o en la parte media del foliolo.

En el estudio realizado por La Torraca *et al* (1984), adicionalmente se determinó la concentración de los nutrimentos principales en hojas nuevas y viejas que presentaban los síntomas respectivos, con el objeto de establecer los niveles críticos. Esta información se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Concentración de nutrimentos en estudio de deficiencias nutricionales en Pejibaye

Elemento	Hojas nuevas		Hojas viejas	
	Completo	Deficiente	Completo	deficiente
N %	2.76	1.44	2.20	1.50
P %	0.23	0.06	0.16	0.03
Ca %	0.68	0.13	1.43	0.33
Mg %	0.46	0.20	0.69	0.39
K %	3.02	1.03	3.06	0.52
S %	0.23	0.07	0.20	0.09

Fuente: La Terraca *et al.*, 1984

ENCALADO

La mayor parte de las plantaciones de palmito del país se encuentran en suelos ácidos, que pertenecen a los siguientes órdenes : Ultisoles, Andisoles e Inceptisoles (Dystropepts y Humitropepts). La acidez afecta algunas características químicas y biológicas del suelo que reducen el crecimiento de las plantas, tales como la disminución en la disponibilidad de calcio, magnesio, potasio y fósforo; y la proliferación de elementos tóxicos como aluminio, hierro y manganeso.

La acidez del suelo puede ser causada por varios factores (Bertsch, 1995):

- Pérdida de bases intercambiables (Ca y Mg), por lavado, lixiviación, erosión y extracción de los cultivos.
- Producción de iones ácidos (Al, Fe, H, Mn), por exudados radicales, descomposición de la materia orgánica y efecto residual de fertilizantes nitrogenados.

La mayor parte de la acidez en suelos de zonas tropicales se debe al aluminio. Para medir la cantidad de acidez en un suelo, normalmente se recurre al análisis de suelo, el cual determina el pH, la acidez o aluminio intercambiable y los contenidos de bases de intercambio (Ca, Mg y K).

Con base en estos parámetros es posible establecer los criterios prácticos que permiten diagnosticar los problemas de acidez en un suelo, los cuales se resumen de la siguiente forma:

- pH < 5.
- Acidez o Al intercambiable > 0.5 cmol (+)/L.
- Suma de bases (Ca, Mg y K) < 5 cmol (+)/L.
- % Saturación de acidez > 20.

El % de saturación de acidez es un valor muy útil para el cálculo de la dosis de encalado. Este valor se puede estimar a partir de los contenidos de acidez intercambiable, Ca, Mg, K, mediante la fórmula:

$$\% \text{ Saturación de acidez} = \frac{\text{Acidez intercambiable}}{\text{Acidez} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}} \times 100$$

Dado que la mayoría de los cultivos tienen algún grado de tolerancia a la acidez, el encalado tendría como objetivo reducir la acidez a un valor que sea tolerado por el cultivo. En el caso del palmito es conocido que presenta un grado medio de tolerancia a la acidez, que podría oscilar entre un 30 y 40 % de saturación de acidez. Sin embargo, el hecho que un cultivo tolere una condición dada no implica que en ella es la que ofrece las mejores producciones. De esta forma, aunque el pejibaye para palmito es una buena alternativa para suelos ácidos, siempre será importante que se mantengan los valores de acidez dentro de un ámbito apropiado para el cultivo (pH > 5.5, saturación de acidez de 30% o menos y suma de bases > 5 cmol(+)/L).

El encalado consiste en la aplicación masiva de sales básicas, generalmente CaCO₃, con el objeto de neutralizar la acidez del suelo causada principalmente por aluminio, por lo que el encalado mejora la fertilidad del suelo mediante la reducción de la acidez intercambiable, el incremento del pH y el suministro de Ca. Los requerimientos de cal usualmente varían entre 0.5 y 3 ton/ha, dependiendo del grado de acidez del suelo. El cálculo de la dosis se puede hacer utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{N.C. (ton/ha)} = \frac{1.5(\text{SA1} - \text{SA2})(\text{CICE})}{100} \times f$$

N.C. = Necesidad de CaCO₃

SA1 = % de saturación de acidez presente en el suelo.

SA2 = % de saturación de acidez deseado (20 % para palmito).

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva o suma de Ca + Mg + K + Acidez.

F = $\frac{100}{\text{PRNT}}$, factor de corrección por calidad de la cal.

PRNT = Poder Relativo de Neutralización Total del material de encalado, estimado a partir del Equivalente Químico de la cal (EQ) y de su Eficiencia Granulométrica (EG).
 $\frac{\text{EQ} \times \text{EG}}{100}$

Las recomendaciones de encalado en palmito deben estar fundamentadas en el resultado del análisis de suelos.

La cal también constituye una fuente barata para suplir calcio. Algunas veces se presentan suelos con contenidos moderados o bajos de acidez, pero con deficiencia de calcio. En estos casos el uso de la fórmula anterior resulta innecesario y el criterio que se aplica es el de agregar una dosis moderada de cal (0.5 – 1 ton/ha), como fuente de Ca.

La fuente principal de cal es el CaCO₃, pero también es posible utilizar otras alternativas. A continuación se describen algunas de las características de estos productos (Molina, 1998).

Cal Calcítica: CaCO_3

Material a base de CaCO_3 , obtenido a partir de la molienda de roca caliza, la cual es pasada por mallas de diferente tamaño para luego ser empacada en sacos de 46 ó 50 Kg. Este material es muy abundante en el país y de bajo costo. Su contenido de CaCO_3 varía entre 65 y 98 %.

Oxido de Calcio: CaO

Producto obtenido de la calcinación total del CaCO_3 a alta temperatura. Conocido como cal viva. Es un material muy cáustico y de manejo difícil por el riesgo de causar quemaduras en la piel. Tiene mayor reactividad que el CaCO_3 .

Hidróxido de calcio: Ca(OH)_2

Se obtiene a partir de la reacción de CaO con agua. Conocido como cal apagada o Hidratada. Su reacción en el suelo es intermedia entre el CaCO_3 y el CaO .

Cal Dolomítica: $\text{CaCO}_3 - \text{MgCO}_3$

Material a base de CaCO_3 y MgCO_3 . Posee la ventaja de que además de Ca suministra Mg, elemento que con frecuencia es deficiente en suelos ácidos. Este producto es de mayor costo debido a que es importado de Guatemala y Honduras.

La calidad del material de encalado es de gran importancia porque afecta su eficiencia agronómica. La calidad esta relacionada con su pureza química o contenido de CaCO_3 que se determina como % de Equivalente Químico (E.Q.) y con su grado de fineza o % de Eficiencia Granulométrica (E.G.). Los criterios mínimos de calidad sugeridos son (Molina, 1998):

E.Q. :	80% o más.
E.G. :	80% o más.
Humedad:	< 1%.

Algunos de los problemas de acidez en suelos cultivados con palmito han sido intensificados por el uso de programas de fertilización basados casi exclusivamente en nitrógeno. Estudios realizados por CORBANA (Herrera, 1989) en un suelo ácido de origen volcánico de la zona Atlántica, han demostrado un incremento importante en la acidificación del suelo luego de ser sometido durante varios años a dosis de N entre 200 y 600 Kg/ha. En dicho estudio también se encontró una disminución importante en los contenidos de Ca, Mg y K y un incremento en los niveles de Mn.

En un estudio realizado por Ortega *et. al.* (1996), en un Andisol fuertemente ácido de Horquetas, Sarapiquí, se demostró la importancia del encalado en el cultivo del palmito. En este trabajo se evaluó el efecto de tres materiales de encalado sobre el rendimiento de palmito (CaCO_3 , dolomita y mezcla de $\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$), aplicados en dosis de 2 Ton / ha. La aplicación de cal incrementó las variables de peso fresco del palmito, el número de palmitos/cepa y el rendimiento de palmitos por caja de 24 latas (Cuadro 6). La mezcla de $\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$ mostró los valores más altos de rendimiento, debido a que tuvo un efecto más inmediato en reducir la acidez del suelo y en suplir Ca y Mg al cultivo.

Cuadro 6. Efecto del encalado en el rendimiento del Palmito en Horquetas de Sarapiquí

Tratamiento	Peso fresco Kg/ha/año	Nº de palmitos/ha/año	Productividad palmitos/cepa/año	Rendimiento Palmitos/caja*
Testigo	17312	14546	2.91	50.27
CaCO ₃ 2 ton/ha	17875	14903	2.98	36.09
Dolomita 2 ton/ha	17656	14334	2.87	45.38
CaCO ₃ + MgO 2 ton/ha	18946	15437	3.09	39.81

* Caja con 24 latas de 225 g c/u

Fuente: Ortega et. al. 1996

Yeso

El yeso o sulfato de calcio dihidratado (CaSO₄·2H₂O), es un producto de origen natural o sintético, que se utiliza como enmienda y mejorador del suelo. El yeso tiene diversos efectos en los suelos, que se resumen de la siguiente forma:

- Suministra calcio y azufre a las plantas
- Aumenta la lixiviación de cationes al subsuelo
- Disminuye el nivel de aluminio intercambiable y su actividad
- Incrementa el contenido de calcio y otros cationes en el suelo
- Aumenta el crecimiento y la profundidad de las raíces
- Mejora la estructura de los suelos
- Reduce la salinidad en suelos sódicos

El yeso favorece el enriquecimiento de la fertilidad del subsuelo a través de la lixiviación de cationes, incrementando el contenido de calcio y magnesio en capas más profundas del suelo, y reduciendo la saturación de aluminio. Este efecto favorece el crecimiento de las raíces en forma vertical a través del perfil. La aplicación conjunta de yeso y cal reduce los problemas de acidez del subsuelo, en forma más rápida y eficiente que con el uso exclusivo de cal.

FERTILIZACION

El objetivo de la práctica de fertilización es el de cubrir, en términos económicos, la diferencia entre el requerimiento de nutrimentos del cultivo y el suministro de elementos por el suelo. La fertilización es una práctica agronómica que está diseñada para suplir los nutrimentos al cultivo, que el suelo no es capaz de hacer en forma rápida y eficiente. La elaboración del programa de fertilización debe definir algunos requisitos básicos como: elementos limitantes en la producción, cantidad a aplicar, época de aplicación, forma de aplicación, fuente o fórmula de fertilizantes, costo y rentabilidad de la recomendación.

Fuentes

De acuerdo con los pocos estudios realizados y la experiencia de campo, el nitrógeno es el elemento más utilizado en los programas de fertilización del palmito, y los valores de extracción de nutrimentos confirman que es el elemento de mayor demanda por el cultivo. Algunas de las plantaciones de palmito más viejas del país fueron fertilizadas en el pasado casi exclusivamente con N. La fuente más empleada ha sido el nitrato de amonio (33.5 % de N), que tiene la ventaja

de aportar N en sus formas: nítrica y amoniacal. La urea (46% de N) también es una fuente importante debido a su alto contenido de N y su menor costo por unidad de N. Ambas fuentes han mostrado ser excelentes para palmito, pero presentan el inconveniente de dejar efecto residual ácido en el suelo a mediano y largo plazo, debido a la nitrificación del NH_4 causada por las bacterias en el suelo, y que libera iones hidrógeno que contribuyen a incrementar la acidez intercambiable y reducir el pH del suelo. Este efecto es de particular importancia en suelos ácidos, como los Ultisoles y Andisoles de la zona Atlántica y Norte del país, y obliga a tomar medidas de prevención mediante la aplicación oportuna de cal.

Una fuente de N alternativa para suelos muy ácidos con niveles bajos de calcio y magnesio es el nitrato de amonio calcáreo, cuya fórmula es 20-0-0-8-11(CaO). Esta fuente aporta nitrógeno nítrico y amoniacal, calcio y magnesio; con la ventaja de que no deja efecto ácido en el suelo por ser de reacción residual neutra.

El uso de fertilizantes con fósforo, potasio y magnesio ha tomado mayor aceptación en los últimos años en el cultivo del palmito en el país, principalmente en suelos ácidos de baja fertilidad. Fuentes como el fosfato diamónico (DAP 46% P_2O_5), y el K-Mag (22% K_2O , 18% MgO , y 22% de S) son incluidas en los programas de fertilización, tanto en forma individual como en mezclas físicas o químicas. En el Cuadro 7 se presenta una lista de las principales fuentes de fertilizantes utilizadas en el palmito.

Cuadro 7. Fuentes principales de fertilizantes utilizados en Pejibaye para Palmito en Costa Rica

FUENTE	N	P_2O_5	K_2O	MgO	CaO	S	B_2O_3
	(%)						
Nitrato de amonio	33.5	-	-	-	-	-	-
Urea	46	-	-	-	-	-	-
DAP	18	46	-	-	-	-	-
MAP	10	52	-	-	-	-	-
KCl	-	-	60	-	-	-	-
K-Mag	-	-	22	18	-	22	-
Nitramón	20	-	-	8	11	-	-
Magnesamón	22	-	-	7	11	-	-
10-30-10	10	30	10	-	-	-	-
18-5-15-6-2	18	5	15	6	-	-	2

La fórmula 18-5-15-6-2 es muy popular en el cultivo del palmito en Costa Rica, aunque no siempre se adapta a todas las condiciones de suelos. Esta fuente puede ser apropiada para suelos deficientes en potasio y con niveles bajos de magnesio y boro. Su uso no es el más apropiado en suelos con contenidos medios o altos de K, porque podría causar desequilibrios en las relaciones Ca - Mg - K. En suelos de fertilidad media a alta, esta fórmula es innecesaria debido a que podría sobreestimar los requerimientos de potasio y magnesio, principalmente.

El programa de fertilización puede ser más flexible con el uso de mezclas físicas adaptadas a cumplir con una dosificación específica de nutrimentos, ya que esto facilita la aplicación, reduce los costos y evita el suministro excesivo o innecesario de algunos elementos.

En el Cuadro 8 se presentan algunos ejemplos de programas de fertilización que han sido recomendadas para palmito por diversos autores en Costa Rica.

Cuadro 8. Resumen de programas de fertilización recomendados para Palmito

Fórmula	Nutrimentos aplicados					Comentarios	Fuente
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃		
-----Kg / ha / año-----							
18-5-15-6-2	288	80	240	96	36	12 ciclos de aplicación anual	Vargas 1995
	200	20	160	50		6 - 8 ciclos de aplicación anual	Herrera 1989
	250	-	200	100			
	75	46	100	10		3 - 4 aplicaciones al año	BNCR-UCR 1982

Las recomendaciones de fertilización se basan en los siguientes requerimientos de nutrimentos:

N : 250 - 300 Kg/ha
 P₂O₅ : 50 - 100 Kg/ha
 K₂O : 50 - 200 Kg/ha
 MgO : 40 - 80 Kg/ha
 S : 40 - 80 Kg/ha

En plantaciones de alta densidad (10.000 cepas/ha), la dosis de nitrógeno podría incrementarse a 400-500 kg/ha.

La selección de la dosis y la fuente de fertilizante dependerá de la fertilidad de los suelos y el nivel de productividad de palmito.

Los elementos menores como boro, zinc y manganeso pueden ser importantes de incluir en el programa de fertilización, especialmente mediante aplicaciones al suelo. Sin embargo, la escasez de investigación sobre el efecto agronómico y el costo de estos nutrimentos, dificulta por el momento hacer recomendaciones de su uso en palmito. Es bien conocido que las palmáceas son exigentes en boro, tal como ocurre en los cultivos de palma aceitera y coco, por lo que este elemento puede ser importante en palmito. El zinc es otro micronutriente que con frecuencia aparece deficiente en muchos suelos ácidos cultivados de palmito. La opción para aplicar boro y zinc en el programa de fertilización al suelo se resume principalmente al uso de razorita (48% de B₂O₃) y sulfato de zinc (31% de ZnO). La dosis puede oscilar de 10-20 kg de B₂O₃/ha, y de

5-10 kg de ZnO/ha. Para asegurar una mejor distribución de ambas fuentes, es preferible que sean mezcladas con la fórmula de fertilización completa. La fertilización al suelo con boro y zinc, u otro micronutrimiento, debe ser bien justificada con análisis de suelos y foliares, dado el alto costo que representa.

Los fertilizantes líquidos son una alternativa promisorio para el cultivo, debido a las facilidades que brinda la técnica de aplicación y la incorporación de los elementos en el suelo. La fertilización líquida evita la exposición prolongada del fertilizante sobre la superficie del suelo, lo cual podría ser inconveniente en el caso de los abonos nitrogenados amoniacales, por el riesgo de pérdida de N por volatilización. La fertilización líquida puede reducir el costo y tiempo de aplicación del fertilizante, y favorece una distribución más homogénea de los nutrimentos.

La fertilización líquida es factible para el suministro de nitrógeno y potasio principalmente, pero también es posible incorporar otros elementos como calcio, magnesio, azufre y elementos menores. Algunas fórmulas líquidas como la 31-0-0, 35-0-0, y la 11-0-11, han sido utilizadas con buenos resultados, al igual que formulaciones líquidas fabricadas a partir de fuentes de alta solubilidad. La fertilización líquida puede sustituir a la fertilización granulada convencional en suelos de fertilidad media a alta, donde el suministro de nutrimentos se basa principalmente en el uso de nitrógeno y una dosis moderada de potasio. En suelos ácidos de baja fertilidad, la fertilización líquida puede combinarse con el fertilizante granular en ciclos alternos de aplicación.

Época y forma de aplicación

La mayor parte de las plantaciones de palmito se ubican en zonas de alta precipitación pluvial, como el Atlántico y el Norte del país. En estos casos, el fraccionamiento del fertilizante es la mejor opción para disminuir las pérdidas de elementos por lavado y lixiviación, e incrementar la eficiencia en la absorción de nutrimentos por parte de la planta. El fraccionamiento del fertilizante en ciclos de 6 a 12 aplicaciones por año es una práctica aconsejable en zonas muy lluviosas.

El fertilizante debe ser colocado en una área ubicada entre 40 y 50 cm de distancia de la cepa en plantaciones adultas en las cuales se ha formado la "araña". En plantaciones jóvenes, especialmente en el primer año de crecimiento, la distancia se reduce a 20-30 cm. El crecimiento de raíces finas superficiales y su proliferación en el área comprendida entre el tallo y el centro de la calle, así como el estímulo que ejerce el mulch de residuos de cosecha en el crecimiento de estas raíces, sugieren que en plantaciones adultas el fertilizante puede ser colocado en un área de 1 m lineal ubicada en el centro de la calle entre las hileras de plantas. Esto es particularmente cierto en suelos muy ácidos y de textura pesada, donde la acidez del subsuelo y el incremento en el contenido de arcilla con la profundidad, favorecen el crecimiento lateral y superficial de las raíces finas.

La aplicación de fertilizante líquido se puede hacer con una bomba de espalda calibrada para regar una cantidad determinada de líquido en el suelo de acuerdo con la fórmula y dosis seleccionada. También es factible el uso de equipos de fumigación con tanque y manguera.

El planeamiento del programa de fertilización deberá estar fundamentado en los resultados de los análisis de suelos y foliares, haciendo énfasis en el establecimiento de un orden jerárquico de los problemas nutricionales. Si el suelo presenta problemas de acidez, la prioridad será corregir esta limitante seleccionando la dosis y fuente de cal más adecuada. El mejoramiento de la fertilidad de suelos ácidos mediante el encalado permite un mejor crecimiento del sistema radical, aumentando la eficiencia del fertilizante y la absorción de nutrimentos.

Prácticas de fertilización

Almácigo

El manejo adecuado de la fertilización en la etapa de almácigo debe garantizar la producción de plantas sanas, vigorosas, con un buen sistema radical y un follaje verde y bien desarrollado. Esta etapa empieza por la selección de un suelo con buenas características físicas y de fertilidad, de textura franco a franco arenoso, suelto, friable, poroso, con buen contenido de materia orgánica y sin problemas de acidez y bases de intercambio. La incorporación de residuos orgánicos puede mejorar las características físicas y químicas del suelo utilizado para almácigo.

Durante esta etapa el nitrógeno y el fósforo son los elementos más importantes para el buen crecimiento de las plantas. El nitrógeno permite un crecimiento vegetativo rápido y la formación de una adecuada área fotosintética. El fósforo favorece el crecimiento del sistema radical. La etapa de almácigo normalmente comprende un período de 6 a 8 meses, lapso en el cual se pueden realizar 3 a 4 aplicaciones de fertilizantes, dependiendo de la fertilidad del suelo y del estado nutricional de las plantas. Fuentes como 10-30-10 y nitrato de amonio (33.5% de N), resultan muy convenientes en suelos de fertilidad media. A continuación se presenta un programa alternativo de fertilización de almácigo:

Epoca	Fuente	Dosis (kg/ha)	Nutrimentos aplicados en kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Siembra	10-30-10	300	30	90	30
2 meses	33.5-0-0	200	67	-	-
4 meses	33.5-0-0	200	67	-	-
Total		700	164	90	30

El nitrato de amonio puede sustituirse por el nitrato de amonio calcáreo (20-0-0-8-11(CaO)), lo que permitiría suplir calcio y magnesio.

Para asegurar un buen color y crecimiento del follaje, la fertilización al suelo debe ser complementada con la fertilización foliar, utilizando fuentes que suministren nitrógeno, calcio, magnesio, azufre, boro y zinc. Las plantas de almácigo responden muy bien al abonamiento foliar, el cual puede hacerse cada 15 días.

Palmito en desarrollo

Durante el primer año de siembra del cultivo, el palmito requiere de un rápido crecimiento para su establecimiento definitivo. El nitrógeno constituye el elemento prioritario para lograr este propósito, al igual que una aplicación alta de fósforo si el suelo es deficiente en este elemento. El uso combinado de fosfato diamónico o DAP, 10-30-10 y nitrato de amonio, es una alternativa eficaz para suelos de fertilidad media a alta. En suelos ácidos bajos en bases intercambiables se utilizan fórmulas completas como 18-5-15-6-2 y nitrato de amonio calcáreo (20-0-0-8-11(CaO)). La selección de las fuentes de fertilizantes deberá justificarse con base en el análisis de suelos. A continuación se presenta un ejemplo para un suelo de fertilidad moderada.

Aplicación	Fuente	Dosis kg/ha	Nutrimentos aplicados en kg/ha				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃
Siembra	10-30-10	300	30	90	30	-	-
2°	33.5-0-0	150	50	-	-	-	-
3°	18-5-15-6-2	250	45	12	38	15	5
4°	33.5-0-0	150	50	-	-	-	-
Total		850	175	102	68	15	5

Palmito en producción

El programa de fertilización para palmito en producción depende de las características de fertilidad de los suelos como ya se mencionó anteriormente. Las recomendaciones de fertilización se basan en las necesidades presentadas en la sección 5.1. Estos requerimientos no son definitivos y deberán ser mejorados conforme se avance en la investigación en nutrición del cultivo.

A continuación se presentan algunos ejemplos de programas de fertilización en diferentes condiciones de fertilidad de suelos:

a) Suelos de fertilidad media , sin problemas de acidez, con nivel medio de K

Dosis Requerida:

N: 250 Kg/ha
 P₂O₅: 50 Kg/ha
 K₂O: 100 Kg/ha

Fuentes:

10-30-10
 26-0-26
 Nitrato de amonio 33.5-0-0

Aplicación: 6 ciclos por año, uno de 10-30-10, dos de 26-0-26 y tres de Nitrato de amonio

Ciclo	Fuente	Dosis (Kg/ha)	Nutrientes aplicados en Kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	10-30-10	167	17	50	17
2	33.5-0-0	150	50	-	-
3	26-0-26	160	42	-	42
4	33.5-0-0	150	50	-	-
5	26-0-26	160	42	-	42
6	33.5-0-0	150	50	-	-
Total		937	251	50	101

Se puede sustituir este programa por la mezcla física 31.7-6-13 en dosis de 800 Kg/ha fraccionado en 6 aplicaciones.

b) Suelos de fertilidad media a alta, sin problemas de acidez, con nivel bajo de K

Dosis requerida (recomendada):

N: 250 Kg/ha
 P₂O₅: 50 Kg/ha
 K₂O: 150 Kg/ha

Fuentes:

10-30-10
 26-0-26
 Nitrato de amonio (33.5 % N)

Aplicación: 6 ciclos por año, uno de 10-30-10, tres de 26-0-26 y dos de Nitrato de amonio

Ciclo	Fuente	Dosis (Kg/ha)	Nutrimentos aplicados en Kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	10-30-10	167	17	50	17
2	33.5-0-0	150	50	-	-
3	26-0-26	170	44	-	44
4	26-0-26	170	44	-	43
5	33.5-0-0	150	50	-	-
6	26-0-26	170	44	-	44
Total		977	249	50	149

Se puede utilizar también la mezcla física 28-6-18, en dosis de 900 Kg/ha fraccionado en 6 aplicaciones.

c) Suelos de fertilidad baja, con problemas de acidez, Mg y P.

Dosis requerida:

Encalado: 1-3 ton/ha, de acuerdo con análisis de suelo.
 N: 250 Kg/ha
 P O : 50 Kg/ha
 K² O: 75 Kg/ha
 MgO: 60 Kg/ha

Fuentes:

18-3-10-8-1.2
 10-30-10
 Nitrato de amonio

Aplicación: 3 ciclos de 18-3-10-8-1.2, 1 ciclo de 10-30-10, 2 ciclos de Nitrato de amonio

Ciclo	Fuente	Dosis (kg/ha)	Nutrimentos aplicados en kg/ha					
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃	S
1	18-3-10-8-1.2	250	45	7.5	25	20	5	25
2	10-30-10	100	10	30	10	-	-	-
3	18-3-10-8-1.2	250	45	7.5	25	20	5	25
4	33.5-0-0	150	50	-	-	-	-	-
5	18-3-10-8-1.2	250	45	7.5	25	20	5	25
6	33.5-0-0	150	50	-	-	-	-	-
Total		1150	245	52	85	60	15	75

Este programa se puede sustituir por la fórmula física 26-5-8-6-1.5 en dosis de 961 kg/ha fraccionado en 6 ciclos.

d) Suelos de fertilidad baja, con problemas de acidez, Mg, K y P.

Dosis requeridas:

Encalado: 1-3 ton/ha, de acuerdo con análisis de suelo.

N: 250 Kg/ha

P O : 50 Kg/ha

K²O⁵: 150 Kg/ha

MgO: 60 Kg/ha

Fuentes:

18-5-15-6-2

Nitrato de amonio

Aplicación: 4 ciclos de 18-5-15-6-2 y 2 ciclos de Nitrato de amonio

Ciclo	Fuente	Dosis (kg/ha)	Nutrimentos aplicados en kg/ha					
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃	S
1	18-5-15-6-2	250	45	12.5	37.5	15	5	18
2	18-5-15-6-2	250	45	12.5	37.5	15	5	18
3	33.5-0-0	150	50	-	-	-	-	-
4	18-5-15-6-2	250	45	12.5	37.5	15	5	18
5	33.5-0-0	150	50	-	-	-	-	-
6	18-5-15-6-2	250	45	12.5	37.5	15	5	18
Total		1300	280	50	150	60	20	72

Se puede sustituir este programa por la mezcla física 24-4-12-5-1.7, en dosis de 1150 kg/ha fraccionado en 6 ciclos.

e) Programa sólo nitrógeno

Dosis requerida :

N: 300 kg/ha

Fuentes:

Nitrato de amonio (33.5-0-0)

Urea (46-0-0)

Nitrato de amonio calcáreo (20-0-0-8-11(CaO))

Aplicación: 2 ciclos de Nitrato de amonio, 2 ciclos de Urea y 2 ciclos de Nitrato de amonio calcáreo

Ciclo	Fuente	Dosis (Kg/ha)	Nutrimentos aplicados en kg/ha		
			N	MgO	CaO
1	33.5-0-0	150	50	-	-
2	33.5-0-0	150	50	-	-
3	20-0-0-8-11 CaO	170	34	14	19
4	Urea	150	69	-	-
5	20-0-0-8-11 CaO	170	34	14	19
6	Urea	150	69	-	-
Total		940	306	28	38

ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son residuos de origen animal o vegetal que contienen varios elementos nutritivos, en concentraciones generalmente más bajas que los fertilizantes inorgánicos. En los abonos orgánicos la mayoría de los nutrimentos no están disponibles en forma inmediata para las plantas si no que los materiales que los conforman deben ser descompuestos a través de procesos biológicos para ser transformados en compuestos inorgánicos disponibles y asimilables por las plantas. De esta forma, los abonos orgánicos constituyen una fuente de elementos nutricionales que son liberados a mediano plazo.

Además del suministro de nutrimentos, los abonos orgánicos pueden mejorar las propiedades físicas de los suelos, como la estructura y la densidad aparente, a través del efecto floculante y cementante que tiene la materia orgánica. Esto permite incrementar el crecimiento y la penetración radical, y mejorar el movimiento de aire, agua y nutrimentos. Los abonos orgánicos también aumentan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y favorecen la proliferación de microorganismos benéficos.

El abonamiento orgánico es una práctica utilizada por muchos productores de palmito, especialmente durante el establecimiento del cultivo, en el que se acostumbra incorporar gallinaza o broza de café en el hoyo de siembra. Ésta práctica es de particular importancia en suelos muy ácidos de baja fertilidad, con problemas de erosión y/o compactación, y de texturas arcillosas.

Entre las limitaciones que presenta el uso de abonos orgánicos se puede mencionar su bajo contenido de nutrimentos en comparación del fertilizante inorgánico, particularmente en el caso del N, que en forma cuantitativa es el elemento más importante en la nutrición del palmito. Esto obliga a utilizar dosis muy altas de abono orgánico para garantizar un suministro adecuado de nutrimentos, que por lo general oscilan entre 10 y 50 ton/ha. Otras limitantes consisten en la relativa escasez de fuentes orgánicas en algunas zonas del país y el costo del transporte a la finca. Una alternativa para abaratar los costos es utilizar residuos orgánicos de fácil acceso en las cercanías de las fincas, tales como gallinaza, broza de café, pinzote de banano y residuos del mismo palmito como la cáscara y los deshechos de la industria. Estos materiales pueden ser utilizados solos o combinados para producir "compost" y enriquecidos con productos inorgánicos como la cal, roca fosfórica, K-Mag, etc.

La industrialización del palmito produce residuos de cáscaras, conocidos como corteza externa e interna, que no son aprovechados y se eliminan como un deshecho (Bogantes, 1997). La cáscara del palmito es un material biodegradable, alto en carbohidratos, nitrógeno y materia orgánica, y posee un gran potencial para la fabricación de compost.

En el Cuadro 9 se presenta la concentración aproximada de minerales en algunos residuos orgánicos de importancia en el país.

Cuadro 9. Composición aproximada de algunos abonos orgánicos

Material	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
	-----%-----					
Broza de café	2.5	0.3	1.9	1.9	0.3	-
Bagazo de caña	1.2	2.0	0.3	0.6	3.1	1.2
Cachaza	1.9	3.2	0.2	3.7	0.3	-
Granza de arroz	0.5	0.2	1.5	0.4	0.1	-
Harina de cacao	4.0	2.0	2.5	0.5	1.0	-
Cáscaras de palmito*	0.7	0.3	1.1	0.4	0.2	0.2
Cáscaras de palmito**	0.9	0.4	1.6	0.3	0.4	0.2
Estiércol vacuno	1.6	1.2	1.8	2.2	1.1	-
Gallinaza	3.0	3.1	1.7	5.1	1.0	-
Porquinaza	1.8	2.6	2.1	2.0	0.2	-
Sangre seca	13.0	2.0	1.0	0.5	-	-
Harina de pescado	9.5	7.0	-	8.5	0.5	0.2
Deshechos de camarón	7.0	10.0	0.5	15.5	0.5	0.3

* Cáscaras eliminadas en el campo

** Cáscaras eliminadas en la empacadora

Fuente: Bertsch 1995, Herrera 1989.

Bibliografía

- BERTSCH, F. 1995. La Fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, C.R. 157p.
- BNCR-UCR. 1982. El pejobaye. Publicación del Banco Nacional de Costa Rica y la colaboración Técnica de la Universidad de Costa Rica. 8p.
- BOGANTES, A. 1997. Evaluación de la cáscara de palmito de pejobaye sola y en mezcla para la producción de compost. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Guápiles, Limón. (mimeo).
- GUZMAN, P. 1985. Nutrición y fertilización del pejobaye (Respuesta del pejobaye para palmito a la aplicación de N-P-K). Séptimo informe de labores de Diversificación Agrícola 1985. p. 41-46.
- GUZMAN, P. ; ZAMORA, CL. 1984. Respuesta del pejobaye para palmito a la aplicación de N-P-K. Sexto informe de labores de Diversificación Agrícola 1983- 1984. p. 73-74.
- JONGSCHAAP, R. 1993. Palmito growth and management in the humid lowlands of the Atlantic Zone of Costa Rica. Atlantic Zone Programme. Field Report No. 107. Convenio CATIE/AUW/MAG. Guápiles, Costa Rica.
- HERRERA, W. 1989. Fertilización del pejobaye para palmito. Serie Técnica Pejobaye. Boletín informativo 1(2): 5-10.
- LA TORRACA, S.; HAAG, H.; DECHEN, A. 1984. Nutrición mineral de frutíferas tropicales, síntomas de carencias nutricionales en Pupuna. Piracicaba. 76(1):53- 56.
- LOPEZ, A.M.; SANCHO. H.V. 1990. Observaciones sobre la distribución radical del palmito en un andosol. ASBANA 14(34):9-15.
- MOLINA, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo/CIA-UCR. San José, Costa Rica. 45 p.
- ORTEGA, L.; HENRIQUEZ, C. ; MOLINA, E.; ANGULO, L. 1996. Manejo de la fertilización con Ca, Mg y K para la producción de palmito para pejobaye. En memorias del X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. Vol. III. p. 164-165.
- VARGAS, A. 1990. Respuesta del pejobaye para fruta a dosis crecientes de N, P y K en la Región Atlántica de Costa Rica. Informe anual CORBANA. p. 142-143.
- ZAMORA, CL. 1990. El Programa Nacional de Palmito de pejobaye (P.N.P.). ASBANA 14(34):22-26.

PALABRAS CLAVES: *suelos, nutrición, pejobaye para palmito*

EFFECTO INTERACTIVO DE 3 DOSIS DE CARBONATO DE CALCIO Y 4 DE FÓSFORO, SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR, PROMEDIO 3 COSECHAS, EN UN ULTISOL DE PÉREZ ZELEDÓN

Julio César Barrantes y Marco Chaves

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)

El fósforo como nutrimento esencial requiere para su absorción de su adecuada disponibilidad, para lo cual en el caso de los suelos ácidos (últisoles) de Pérez Zeledón, estos deben previamente acondicionarse utilizando carbonato de calcio. Se estudió en La Fortuna de San Pedro (560 msnm), el efecto de 4 dosis crecientes de fósforo (0, 100, 150 y 200 kg de P_2O_5 /ha) interaccionadas con 3 dosis de carbonato (0, 1 y 2 t/ha). La cal se voleo e incorporó 20 días antes de la siembra, tanto que el P_2O_5 se adicionó todo al fondo del surco durante la misma. La fertilización base fue de 150 kg de N y K_2O /ha en todos los ciclos, empleando urea, triple superfosfato y KCl. La condición química del suelo fue pH 5; Al 0,7; Ca 2,0; Mg 0,4 y K 0,42 Cmol(+)/L; además de 10 ug/ml de P; 2 Zn; 1 Mn y 12 de Cu. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas y 3 repeticiones. La parcela total fue de 70 m² y la útil de 42 m² (3 surcos de 10 m). Seguidamente se presentan los resultados promedio de 3 cosechas del clon SP 71-5574, realizadas a los 10,5 meses en planta y 12 en los retoños. Los resultados indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Las dosis promedio de cal superaron al testigo en más de 5 t/ha (6%) de caña y 0,6 t de azúcar (5%), siendo levemente inferiores en rendimiento industrial (1,3 kg). Las dosis promedio de fósforo si mostraron amplia variación con el testigo en producción de caña (21,8 t/ha) y azúcar (3,03 t) equivalentes al 28,3% y 28,7%, respectivamente. Integralmente la adición de 150 Kg de P_2O_5 sin cal produjo la mejor concentración de sacarosa (140,87 kg) y el mayor tonelaje de azúcar (14,25 t/ha); la mayor producción de caña la generó la incorporación de 2 t de $CaCO_3$ con 100 kg de P_2O_5 /ha. En virtud de las ventajas que aporta y lo reducido de su costo, se recomienda sin embargo el empleo de 150 kg de P_2O_5 con la aplicación al voleo e incorporación de 1 t/ha de $CaCO_3$.

TRATAMIENTOS		FIBRA (%) CANHA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL kg AZUCAR/t	PRODUCCION (t/ha)		PRT (%)	RELACION CANA/AZUCAR
$CaCO_3$ (t)	P_2O_5 (kg)			CANA	AZUCAR		
0	0	16,73 a	137,45	70,91 c	9,75 d	100	7,3
0	100	16,47 ab	135,29	89,13 abc	12,06 bc	124	7,4
0	150	15,85 ab	140,87	101,13 ab	14,25 a	148	7,1
0	200	16,61 ab	137,10	98,54 abc	13,51 abc	139	7,3
1	0	15,47 b	137,90	80,36 bc	11,08 cd	114	7,2
1	100	16,20 ab	136,90	99,52 ab	13,62 ab	140	7,3
1	150	16,44 ab	136,77	103,47 ab	14,15 ab	145	7,3
1	200	15,84 ab	136,79	97,74 abc	13,37 abc	137	7,3
2	0	16,68 ab	134,12	80,26 bc	10,76 cd	110	7,5
2	100	16,64 ab	135,95	104,29 a	14,18 ab	145	7,4
2	150	16,26 ab	135,98	97,97 abc	13,32 abc	137	7,4
2	200	16,27 ab	136,33	99,35 abc	13,54 abc	139	7,3
PROMEDIO		16,29	136,79	93,56	12,60	131	7,3
CV (%)		3,58	4,32	7,52	8,91	-	-

PALABRAS CLAVES: caña de azúcar, fertilización, Interacción cal-fósforo, ultisol, Pérez Zeledón

CLASIFICACIÓN DE LOS QUELATOS: CONSIDERACIONES PRÁCTICAS

Guido Barquero

Agrotico

Un quelato puede ser definido como un compuesto donde un nutriente metálico es ligado a un agente quelatante orgánico, que tiene la propiedad de estar disponible para la planta bajo condiciones adversas (por ejemplo pH, presencia de fósforo, aceites, etc), en las cuales los nutrientes metálicos normalmente formarían compuestos insolubles.

Según su poder acomplejante, los agentes quelatantes se clasifican en:

- **FUERTES:** EDTA, HEEDTA, DPTA, EDDHA, NTA.
- **MEDIOS:** Poliflavonoides, Sulfonatos, Ácidos Húmicos y Fúlvicos, Aminoácidos, Ácido Glutámico, Polifosfatos.
- **DEBILES:** Ácido Cítrico, Ácido Ascórbico, Ácido Tartánico (Bertsch, 1995).

Entre más fuerte sea un quelatante, más estable es la unión, por lo que se puede esperar mayor solubilidad del producto, más eficiencia de aplicación y mejor absorción a través de la cutícula.

Según su proceso de fabricación y estabilidad, los quelatos se pueden clasificar en cuatro categorías básicas:

- **Quelatos Químicos o Totales.** El metal está 100% quelatado y protegido contra reacciones adversas. Entre ellos están los quelatos en EDTA, DPTA y HEDTA. Cuando se observa la etiqueta, no contienen Azufre (S). Son los quelatos más eficientes y estables.
- **Quelatos Débiles.** En este caso el metal no está totalmente protegido contra reacciones adversas. Es decir, la mezcla se puede "cortar" fácilmente. Algunos ejemplos son: quelatos en NTA, HEIDA, Acido Cítrico o gluconatos.
- **Quelatos Parciales o Físicos.** En este caso, el metal no está totalmente quelatado. Prácticamente es una mezcla física de una sal inorgánica (por ejemplo sulfato) con un agente quelatizante como EDTA. En este caso el metal sólo llega a quelatarse entre un 10-50%. Se puede diferenciar de un quelato químico, porque en la etiqueta se puede observar que tiene contenido de Azufre (S) proveniente de la sal inorgánica de sulfato.
- **Complejos Orgánicos.** En este caso, el metal esta atado a cadenas largas de aminoácidos, lignosulfonatos, poliflavonoides y ácidos fenólicos. Los complejos resultantes son tan grandes que difícilmente pueden ser absorbidas por los microporos de las paredes celulares de las hojas, por lo que su eficiencia se regula al desdoblamiento de los complejos, lo cual puede ser un impedimento para la absorción rápida. Además, la cantidad de microelementos suplido por esta vía puede ser muy baja.

CONCLUSIÓN: La principal diferencia entre los quelatos químicos y los otros quelatos, es la estabilidad de la estructura molecular. Esto presenta muchas ventajas: en primer lugar esta estabilidad hace que las mezclas del quelato químico con casi todos los agroquímicos sean compatibles. Además, el micronutriente estará disponible para la planta muy rápidamente y en cantidades adecuadas. Adicionalmente, si se pondera el costo por unidad fertilizante y el beneficio obtenido por la estabilidad y versatilidad del quelato químico, se encuentra un precio muy competitivo (Dow Chemical, s.f.). Los quelatos parciales, también conocidos como físicos, contienen fuentes de acomplejantes sintéticos o naturales para solubilizar el metal (p.e. EDTA). Sin embargo, NO trabajan igual que los quelatos químicos o totales, ya que la cantidad de acomplejante es significativamente menor; particularmente, gran parte del catión estará presente como sal inorgánica (sulfato). De ahí de que se incurra en mayores riesgos de precipitación, reacciones adversas con agroquímicos, etc. (Dow Chemical, s.f.). Usar este tipo de quelato es equivalente a la adición de una sal inorgánica, entonces, *un quelato parcial es una forma cara de fuente inorgánica.* U.S.A. Mimeo.

USO DE FERTILIZANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DEL BANANO

Edwin Castillo

SERACSA

En la actualidad, en Costa Rica se ha generalizado el uso de Fertilizantes Foliareos en el cultivo del banano, principalmente en las fincas de la zona Atlántica. Dichas aspersiones están ligadas directamente con el programa de control de Sigatoka Negra y los fungicidas involucrados.

El Zn y el B son los microelementos que presentan la mayor deficiencia en las evaluaciones realizadas en las fincas bananeras durante los últimos cuatro años.

La fertilización foliar reúne las mejores condiciones para suplir al cultivo del banano los microelementos antes mencionados, ya que en las aspersiones aéreas se puede realizar un gran número de ciclos y se puede variar la dosis de fertilizante a utilizar, según las necesidades; además, bajo esta metodología nos aseguramos una continuidad y una homogeneidad en la fertilización con solo un costo adicional, el producto, y el resto de los costos están involucrados y son asumidos como parte del programa de control de Sigatoka Negra.

Para poder aprovechar en una misma aspersión aérea, el uso de "mezclas" o "cocteles" de fungicidas y fertilizantes foliares, se debe de tener la completa seguridad de que todos los componentes participen de dicha mezcla, son física y químicamente compatibles.

Los fertilizantes foliares a base de Zn, B o ambos en forma conjunta, que se utilizan para suplir las necesidades de estos microelementos en el cultivo de banano en la zona Atlántica de Costa Rica, son en la mayoría de los casos, Quelatos de Zn, mientras el B se supe en su forma mineral.

Los factores o aspectos que están directamente relacionados con una aspersión eficiente y homogénea son los siguientes:

- Dureza y pH de las aguas
- Metodología utilizada en la mezcla
- Tipo y tiempo de agitación
- Tipo de fertilizante utilizado
- Calidad de las materias primas
- Tipo de fungicida y de emulsificante

SERACSA, como empresa pionera y fuertemente identificada con las fertilizaciones foliares en el cultivo del banano, cuenta con su familia de foliares llamados "Foliveex", los cuales son fabricados con materias primas de alta calidad y con formulaciones de acuerdo a las necesidades de las diferentes compañías y productores independientes de nuestro país.

ABSORCIÓN FOLIAR DE FERTILIZANTES EN HELECHO HOJA DE CUERO (*Rumohra adiantiformis*)

Carmen González

INDAGRO, S.A., Heredia, Costa Rica

Floria Ramírez y Floria Bertsch

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

Se realizó un experimento con el fin de determinar si existe absorción foliar de Ca, Mg, K, P, B, Fe, Mn y Zn, aplicados como fertilizantes foliares a frondas de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*), en tres estados de desarrollo (celes, sazona y madura). La prueba se llevó a cabo en una finca comercial de helecho en Alajuela, Costa Rica. Los fertilizantes fueron aplicados con bomba de espalda, en mezcla con un adherente-penetrante, en las dosis comerciales recomendadas. Los elementos se aplicaron individualmente (solo el B y P se aplicaron juntos) a parcelas de 90 m²; se dejó un área de igual tamaño sin aplicar como testigo. Se realizaron 3 aplicaciones de cada elemento sobre la misma parcela durante 3 semanas consecutivas, una vez por semana. Se tomaron muestras foliares de los tres estados de fronda luego de 48 h de realizada cada aplicación, y fueron enviadas a un laboratorio para que se analizara su contenido foliar; tres semanas después de la última aplicación se evaluó la producción de cada parcela. Los resultados se analizaron en términos de incremento de concentración foliar de cada elemento con respecto al testigo. La aplicación foliar de elementos mayores no incrementó el contenido foliar de los mismos en ninguna edad de fronda, pero sí repercutió en una mejoría cuantitativa de la producción. Los elementos menores subieron los niveles foliares en forma importante aunque su repercusión en producción no fue tan evidente; solamente en el caso del Fe se observó que afectó negativamente la calidad al aumentar la producción de soros.

Porcentaje de incremento en la concentración de las parcelas aplicadas con fertilizantes foliares con respecto al testigo, para frondas celes, sazonas y maduras de helecho en 3 evaluaciones y rendimiento de campo***

Estado de hoja	Momento de Aplicación	Calynit	Quelato de Mg	Mascate	Boro orgánico		Quelato de Fe	Quelato n Plus	Quelato de Mn
		Ca	Mg	K	P	B	Fe	Zn	Mn
Celes	1 días	0	0	14	39	24	16	0	0
	7 días	38	4	16	11	40	52	100	144
	14 días	15	19	8	15	0	28	116	150
Sazonas	1 días	0	0	10	61	0	8	108	36
	7 días	0	0	9	0	38	21	71	96
	14 días	0	8	0	0	0	51	100	37
Maduras	1 días	0	3	0	33	0	31	271	4
	7 días	0	0	2	0	0	8	0	72
	14 días	17	0	13	14	0	228	89	118
Cosecha (# frondas/45 m ²)		688	1285	1133	1120		889	1061	1040
% fronda con espora		4.9	5.2	6.1	4.6		15.7	5.1	5.6

* El porcentaje de incremento se calculó mediante la siguiente fórmula:
(Nivel foliar de parcela aplicada - Nivel foliar de parcela testigo) x 100 / Nivel foliar de parcela testigo
Cuando el porcentaje es menor a cero, el valor se redondea a cero, debido a que no puede haber absorción negativa; es negativos son debidos al error experimental.

** El rendimiento de la parcela testigo correspondió a 1000 frondas/45 m² y 6.3% de fronda con espora.

PALABRAS CLAVES: : P extraído, nivel crítico P, P acumulado

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA. EXPERIENCIAS EN COSTA RICA

Roberto Villalobos y José Retana

Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional. Apartado 7-3350-1000 San José, Costa Rica. Email: rvilla@imn.ac.cr / jretana@imn.ac.cr

RESUMEN

La alteración de los patrones climáticos afectará indudablemente la producción y la productividad agrícola de diferentes maneras, dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y período de producción, cultivos, variedades y zonas de impacto.

Se estima que los principales efectos directos derivados de las variaciones en la temperatura y precipitación principalmente, serían la duración de los ciclos de cultivo, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuesta a nuevas concentraciones de CO₂ (Watson 1997). Algunos efectos indirectos de los cambios esperados se producirían en las poblaciones de parásitos, plagas y enfermedades (migración, concentración, flujos poblacionales, incidencias, etc.) disponibilidad de nutrientes en el suelo y planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, mercadeo, etc.) (Porter 1991, Watson 1997).

Una de las formas más utilizadas actualmente para estudiar el impacto de un cambio climático sobre los sistemas agrícolas y pecuarios, es evaluando escenarios futuristas de cambio en modelos computacionales de simulación de crecimiento de cultivos. Estos permiten analizar el comportamiento productivo durante todo el ciclo del cultivo bajo diferentes marcos climáticos, obteniendo resultados sobre los efectos de variaciones en la temperatura, la precipitación y la radiación solar, principalmente.

La mayoría de estos estudios aplican variaciones en la temperatura máxima, mínima o en la media y en la precipitación. Los rangos de variación de los elementos meteorológicos, son generados por Modelos de Circulación General (MCG). Si bien es cierto que existen desacuerdos entre los investigadores sobre la magnitud de cambio en estos elementos (Houghton et al. 1990), la tendencia en las investigaciones agrícolas que utilizan escenarios climáticos derivados de los MCG es que sean del orden de 1 a 4°C en la temperatura, con un aumento o disminución en la lluvia diaria entre un 5 y un 15%. Con estos rangos de variación, las posibilidades de construcción de escenarios es grande, máxime que algunos modelos de simulación de crecimiento permiten manejar combinaciones de factores y factores aislados como tratamientos de estudio.

Además de la temperatura y la precipitación, el otro elemento de cambio importante a evaluar es el contenido de CO₂. Los MCG trabajan sobre el estimado de alcanzar el equilibrio climático ante una concentración de CO₂ duplicada de la actual (323 ppm) (Campos 1997). Experimentos con altos contenidos de CO₂ indican que el comportamiento estomático producido, podría generar una economía del agua consumida por las plantas, así como un efecto fertilizante en el caso de las leguminosas (FAO 1992). Además, un incremento en la concentración del CO₂, aumentaría directamente la tasa de fotosíntesis y la producción de biomasa de las plantas C₃, con cambios poco significativos en las plantas C₄, como el maíz, sorgo y caña de azúcar (Salinger 1997).

Estudios de cambio climático en Costa Rica

Desde 1995 el Instituto Meteorológico Nacional ha venido estudiando el posible impacto de un cambio climático sobre la agricultura de Costa Rica, primero bajo el marco del Programa Centroamericano sobre Cambio Climático (PCCC) y luego con el Programa de Asistencia Holandesa para Estudios de Cambio Climático. Los cultivos estudiados han sido arroz en Liberia (Guanacaste), frijol en la zona de Los Chiles (Alajuela) y papa en el cantón de Alvarado (Cartago). Como herramienta de investigación se ha utilizado el DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) que es un sistema computacional que utiliza bases de datos de suelos, cultivos y clima, y los integra a modelos de simulación de crecimiento de algunos cultivos (cereales, leguminosas de grano, tubérculos y gramíneas). Este sistema fue diseñado en 1982 por un conjunto internacional de investigadores y científicos dirigidos por el IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer).

Para calibrar los modelos DSSAT bajo condiciones nacionales, se montaron ensayos de campo en localidades representativas de las principales zonas productoras. Los resultados obtenidos de las pruebas de calibración fueron exitosos. La validación de los modelos se realizó por correlación de rendimientos reales según la estadística agrícola oficial por cantón de planificación y los rendimientos estimados por los modelos. Los coeficientes de determinación obtenidos fueron de 0.97 para el modelo CROPGRO-Dry bean (frijol), 0.85 para el modelo SUBSTORE-Potato (papa) y de 0.84 para el modelo CERES-Rice (arroz).

Según el criterio del Programa Centroamericano para Cambio Climático (PCCC), los rangos de variación máxima en la precipitación diaria para Costa Rica estimados por Modelos de Circulación General son -20 y $+20\%$, mientras que la variación moderada sería entre -10 y $+10\%$. Las variaciones en la temperatura media se establecieron en $+1$ y $+2^{\circ}\text{C}$. Con este criterio se propusieron diferentes escenarios climáticos donde se consideraban efectos combinados y aislados de las variaciones máximas y moderadas de la precipitación, junto con incrementos de temperatura máxima y temperatura mínima, así como el efecto de la duplicación de la concentración de CO_2 .

Los resultados indican que los tratamientos incrementales en la temperatura, combinados con variaciones (máximas y moderadas) de la precipitación, producen una disminución importante de los rendimientos. El elemento que mayor peso tiene en este efecto observado es la temperatura. Aún y cuando el efecto aislado de aumentos en la precipitación diaria tiende a aumentar los rendimientos, cuando se combina con incrementos de $+1$ y $+2^{\circ}\text{C}$ en la temperatura, se observa que los rendimientos empiezan a disminuir. Las disminuciones más importantes se obtuvieron con los tratamientos que usan $+2^{\circ}\text{C}$. Cuando se separan los efectos de temperatura máxima y temperatura mínima, se encontró que las mayores disminuciones en los rendimientos fueron causadas por la temperatura máxima (diurna). Por lo tanto, la producción de materia seca por unidad de agua utilizada por estos cultivos va a depender de la eficiencia de uso del recurso hídrico bajo condiciones térmicas específicas. En cuanto al efecto de una duplicación de la concentración de CO_2 ambiental (solo se estudió en frijol y papa) se observó que los rendimientos tienden a aumentar. A pesar de este efecto, cuando se combinó con tratamientos incrementales de la temperatura, solo en el cultivo de papa se logró obtener rendimientos mayores al testigo. En frijol, aún y cuando la tendencia de la utilización de CO_2 es de aumentar los rendimientos, éstos no igualaron el del tratamiento testigo.

La proyección del cambio climático hacia un calentamiento global que se daría en los siguientes 30 o 40 años, producirá efectos importantes en el entorno agrícola del planeta. No solamente se afectará la biología de los cultivos (positiva o negativamente en referencia a su producción), sino que hará variar el componente socioeconómico y ecológico de las regiones que son sustentadas por las actividades agrícolas. El efecto del cambio climático sobre la agricultura mundial no se debe ver solo a la luz de la influencia negativa o positiva del cultivo y su derredor sino en el contexto del desarrollo económico mundial, lo cual hará que algunos países vulnerables al cambio climático pero con buen nivel de desarrollo, respondan mejor a las medidas de adaptación que aquellos que no posean recursos de inversión, cuya tasa de crecimiento sea baja y que experimenten un rápido incremento poblacional y una alta degradación ecológica (Watson 1997)

Literatura citada

- Campos, M. 1997. Escenarios climáticos para Costa Rica. Proyecto Centroamericano sobre el Cambio Climático (PCCC). San José, Costa Rica. 15pp. (Correspondencia personal).
- FAO. 1992. Cambio Climático: Agricultura mundial y medio ambiente rural. Grupo de trabajo sobre Cambio Climático. Roma, Italia. 1pp.
- Porter, J; Parry, M.; Carter, T. 1991. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and forestry meteorology*. 57: 221-240.
- Salinger, M.; Desjardins, R.; Jones, B.; Sivakumar, M.; Strommen, N.; Veerasamy, S.; Lianhai, W. 1997. Climate variability, agriculture and forestry: an update. World Meteorological Organization. WMO-841. Geneva-Switzerland. 51pp.
- Watson, R.; Zinyowera, M.; Moss, R.; Dokken, D. 1997. The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers. Report of IPCC Working group II. 16pp.

PALABRAS CLAVES: *cambio climático*

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN COSTA RICA Y OPCIONES DE MITIGACIÓN

Ana Rita Chacón

Area de Cambio Climático. Instituto Meteorológico Nacional, MINAE

En 1990 en su primer informe de evaluación, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) concluyó que el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, debidas a las actividades humanas podría calentar la superficie del planeta y que si las emisiones de estos gases proseguían a la tasa actual, la temperatura media mundial aumentaría durante el próximo siglo a razón de 0.3 1C por década (con una incertidumbre de 0.2 a 0.5 1 C).

En respuesta a la preocupación generada por ese informe, 155 países firmaron en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992; una Convención Marco sobre Cambio Climático cuyo objetivo principal es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Los países firmantes de la Convención se comprometieron, entre otras cosas, a realizar inventarios nacionales de sus emisiones de gases de efecto invernadero, a implementar programas nacionales que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático y a cooperar en los preparativos para la adaptación de los impactos de ese cambio. Igualmente se comprometieron a tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales y económicas, a promover y apoyar el desarrollo y difusión de tecnologías prácticas y procesos que reduzcan o prevengan las emisiones y a apoyar y promover la educación, la capacitación y la sensibilización del público al respecto.

La Convención entró en vigencia en marzo de 1994 y sus compromisos se hicieron obligatorios para los firmantes. Costa Rica ratificó la Convención el 13 de junio de 1994 y en cumplimiento a esos compromisos y como parte del Programa Nacional de Cambio Climático realizó el primer inventario de emisiones de gases de efecto invernadero por fuentes y sumideros del país.

En 1997, se lleva a cabo la tercera Conferencia de las Partes y en ella se estableció el Protocolo de Kyoto, el cual ha sido firmado por aproximadamente 85 países. Este Protocolo viene a reforzar la necesidad de que todos los países establezcan inventarios de sus emisiones y promuevan los estudios de vulnerabilidad, adaptación y mitigación.

Costa Rica está realizando, a través del Instituto Meteorológico Nacional, la actualización del inventario de gases a 1996 y estudios en vulnerabilidad y mitigación.

INVENTARIO DE EMISIONES 1990

En atención a las especificaciones de la Convención, respecto a que los inventarios usen metodologías comparables, se levantó el inventario para Costa Rica siguiendo las guías para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC-OECD (1991). En acatamiento al acuerdo del Comité de Negociación de la Convención Marco respecto al año de referencia, se evaluaron las emisiones para el año 1990, de manera que éste pudiese ser comparable con los inventarios confeccionados por otros países.

El inventario fue elaborado como parte del proyecto "Estudios por país de fuentes y sumideros de gases con efecto invernadero" (GF/4102-92-01) auspiciado por la Unidad del Clima del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y financiado por el Fondo Global del Ambiente (GEF).

La evaluación del inventario estuvo a cargo del Instituto Meteorológico Nacional que coordinó un equipo integrado por expertos de diferentes instituciones asociadas con las áreas de energía, procesos industriales, agricultura, uso de la tierra y manejo de desechos.

Se incluyeron en él seis gases: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (NMVOC). Los fluorocarbonados no se tomaron en cuenta pues éstos se incluyen en el Protocolo de Montreal.

De acuerdo a la metodología del IPCC, el inventario se dividió en 5 áreas; correspondientes a las categorías de mayor importancia: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y silvicultura y Manejo de Desechos.

En la sección energía se estimó las emisiones de:

- CO_2 por combustión de combustibles fósiles
- Otros gases, producto de la combustión en fuentes móviles
- Otros gases, por combustión en fuentes estacionarias
- Otros gases, por combustión de biomasa
- CH_4 debido al manipuleo de hidrocarburos

En Procesos Industriales se centró la atención en el proceso de producción de cemento pues no existe una metodología definida para otros procesos industriales.

En Agricultura se calcularon las emisiones de metano por:

- fermentación entérica
- manejo de estiércol
- Producción de arroz

Se contabilizaron además otros gases, producidos en la quema de sabanas y la quema de residuos agrícolas así como la emisión de óxido nitroso (N_2O) por la utilización de fertilizantes en suelos agrícolas.

En la sección Cambio de uso de la tierra y Silvicultura se estimaron las emisiones y absorciones de CO_2 por:

- Cambio en las áreas de bosque y otras existencias de madera
- Conversión de bosques y pastizales
- Abandono de tierras manejadas

Además se contabilizaron las emisiones de otros gases por la quema del bosque en el lugar de la tala.

En la sección de desperdicios se contabilizaron las emisiones de metano en rellenos sanitarios y aguas residuales tanto municipales como industriales.

Los resultados de este primer inventario se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO 1 EMISIONES TOTALES Gg							
SECCION	CO ₂	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x	NMVOG	TOTAL
Energía	2381.4	5.32	215.4	0.12	30.05	33.33	2665.6
Procesos industriales	367.9	-	-	-	-	-	367.9
Agricultura	-	124.52	14.26	0.48	0.55	-	139.81
Cambio de uso de la tierra	1094.2	11.63	101.75	0.08	2.89	-	1210.6
Desechos	-	20.5	-	-	-	-	20.5
Total	3843.5	161.97	331.41	0.68	33.49	33.33	4404.4

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1996

Los expertos del IPCC han seguido trabajando en pro del mejoramiento de las metodologías desarrolladas para evaluar inventarios nacionales y de esta forma, se obtuvo la versión revisada de 1996, en la cual se cuenta con una metodología más detallada que la anterior y se incluye metodología en otros procesos industriales y otros gases como óxidos de azufre y hidrofluorocarbonados.

Surge de esta forma la necesidad de actualizar las emisiones a un año más reciente y por otra parte, es necesario contar con diferentes evaluaciones en el tiempo para obtener la tendencia de las emisiones que nos permitieran determinar las áreas en las cuáles es necesario realizar un mayor esfuerzo por mitigar los efectos de las emisiones.

El inventario de 1996 aún no ha sido concluido, los resultados aún son preliminares principalmente en las áreas de desechos, cambio de uso de la tierra y agricultura.

En lo que se refiere al sector energía y procesos industriales, se ha mejorado la metodología y se ha podido establecer la estimación de dos gases más: los óxidos de azufre y los hidrofluorocarbonados, los cuáles aunque no dañan la capa de ozono presentan un potencial de calentamiento global muy alto.

Los resultados preliminares de esta evaluación se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2
EMISIONES TOTALES EN 1996 ****
Gg

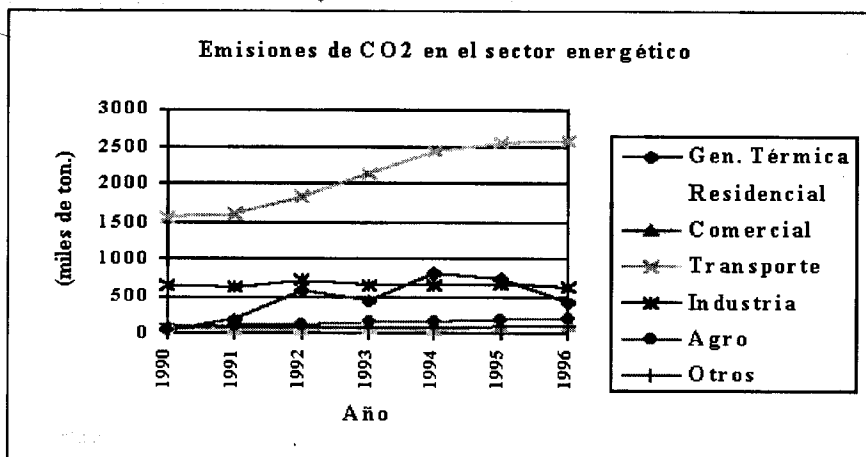
SECCION	CO ₂	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG	SO _x	Partículas	HFC	TOTAL
Energía	4032.43	100.73	---	---	---	---	2.36	23.70	---	4159.22
Procesos Industriales	411.2	---	---	0.05	0.498	11.14	0.268	---	0.724	423.88
Uso de la tierra	400.1	89.3	10.2	2.54	0.07	---	---	---	---	502.21
Agricultura	---	10.5	106.2	0.445	0.012	---	---	---	---	117.157
Manejo de desechos	---	---	20.487	---	---	---	---	---	---	20.487
TOTAL	4843.73	200.53	136.89	3.035	0.58	11.14	2.628	23.7	0.724	5222.95

Nota: Los resultados son preliminares, pues falta evaluar áreas como bosque secundario, quemas de pastizales, entre otros.

En el sector energético fue posible realizar la evaluación de CO₂ por sectores, en el período comprendido entre 1990 y 1996, con lo cual se puede visualizar la tendencia de las emisiones en este período (figura 1).

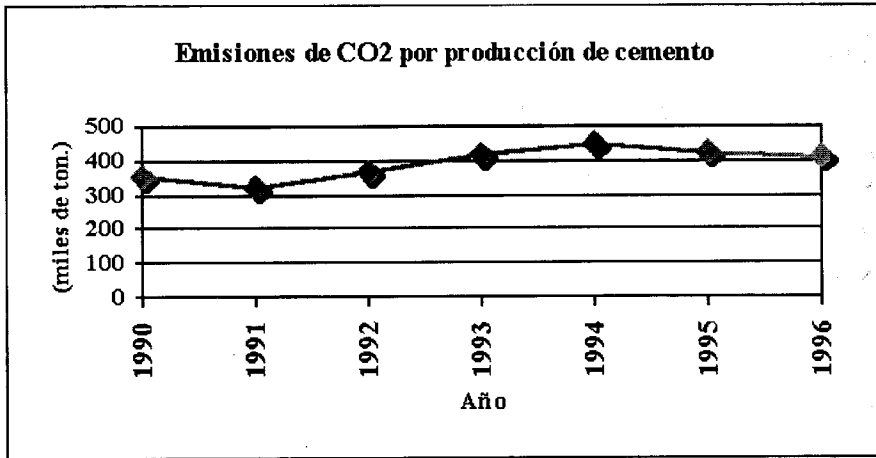
Los resultados muestran un aumento neto que va de 2 381 400 toneladas en 1990 a 4 032 430 toneladas de CO₂ en 1996, de los cuáles, el principal emisor es el sector transporte que ha mostrado un aumento significativo en este período.

FIGURA 1



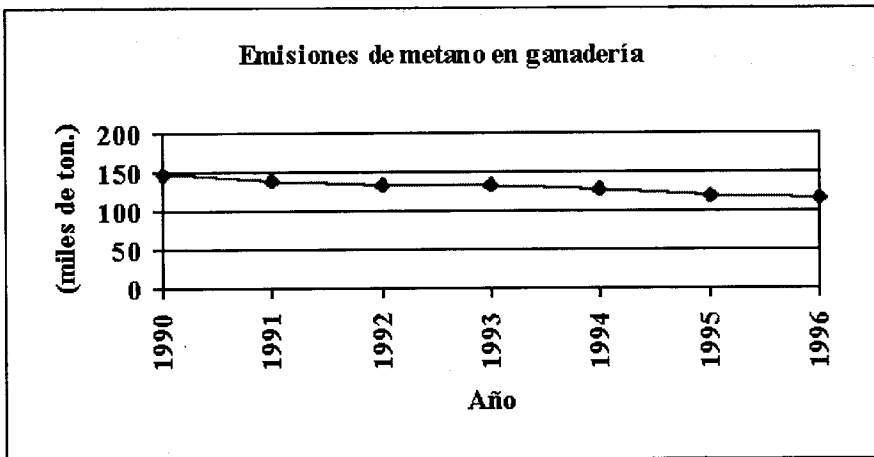
En el sector industrial, la industria de cemento ha aumentado su producción, no obstante, ha mantenido el nivel de las emisiones como se muestra en la figura 2, en la cual se contabilizan las emisiones de dióxido de carbono en el período comprendido entre 1990 y 1996.

FIGURA 2



Por último, en el sector agrícola, específicamente el sector ganadero ha mostrado una tendencia a mantener sus emisiones de metano en la década de los noventa, como se puede apreciar en la figura 3.

FIGURA 3



OPCIONES DE MITIGACION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En cada uno de los sectores evaluados dentro del inventario de gases es posible realizar acciones mediante las cuáles se produzca una absorción o reducción de emisiones de gases. Muchas de las acciones ha seguir se encuentran dentro de los programas de las instituciones involucradas en el sector ya sea empresa privada o pública.

De esta forma, se cuenta con proyectos en las áreas de energía, procesos industriales, uso de la tierra, agricultura y manejo de desechos.

En forma general, los siguientes son áreas en las cuáles es posible realizar acciones de mitigación.

ENERGIA

Opciones en transporte: Eficiencia de motores
Mejoramiento de la red vial
Mejoramiento de red...
Cambio de combustible (Vehículos eléctricos, LPG)

Fuentes renovables: Energía hidroeléctrica
Eólica
Geotérmica
Solar
Biomasa y biogas

Manejo de demanda y eficiencia energética.

PROCESOS INDUSTRIALES:

Procesos más eficientes
Mejoramiento o cambio en procesos productivos

USO DE LA TIERRA:

Regeneración natural
Reforestación
Reducción de la deforestación

AGRICULTURA:

Mejoramiento del hato ganadero
Mejoramiento de pastos
Cambios en los patrones de riego (caso de arroz)
Cambios en los patrones de fertilización.

MANEJO DE DESECHOS:

Proyectos educativos
Reciclaje
Recolección y utilización de metano de rellenos sanitarios.

El Instituto Meteorológico Nacional trabaja también en los estudios de vulnerabilidad y en la preparación de la Comunicación Nacional a ser presentada a la Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre Cambio Climático.

PALABRAS CLAVES: *efecto invernadero, gases*

ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE METANO EN LA GANADERÍA BOVINA DE COSTA RICA

Johnny Montenegro

MAG, Dirección de Investigaciones Agropecuarias. Tel. 556-0171

Sergio Abarca

MAG, Sanidad Vegetal Tel. 262-0063

En los bovinos, el metano es producido por las características del proceso digestivo. Ello está relacionado con el alimento y las condiciones de fermentación. Los objetivos de esta investigación fueron estimar la emisión de metano de los sistemas de producción bovina en Costa Rica, para 1990 y 1996, y la eficiencia de producción en relación con la emisión de metano.

Se diseñó un modelo de simulación, el se cual calculó por sistema de producción (leche, carne, doble propósito), la emisión de metano en función del consumo de alimento, calidad de la dieta (carbohidratos, proteína cruda, celulosa, hemicelulosa, cenizas y extracto etéreo), el peso vivo, la ganancia de peso, la producción de leche, el estado de crecimiento y la población animal de cada categoría animal en el país.

La emisión total anual de metano en el hato lechero (17.002 y 16.604 t) fue mayor en 1990 que en 1996; en el hato de carne (97.617 t en 1990 vs 74.034 t en 1996) y de doble propósito (31.971 t en 1990 vs 28.917 t en 1996) se presentó la misma tendencia.

La eficiencia de emisión (g de CH₄/kg de leche) mejoró de 1990 a 1996 (22 y 19 g, respectivamente). La eficiencia mejoró 13,6% en vacas en producción y 8,9% cuando se consideró el hato total de leche.

La emisión de metano en el hato reproductor de carne se redujo en 1996, con respecto a 1990, por la disminución en el número de animales (11,4% de la disminución de la emisión), y por el incremento en el índice de reproducción (g CH₄ por ternero nacido=eficiencia) en 14% (191 vs 161 g, respectivamente). Con una mejora de aproximadamente 3% en la reproducción, la cantidad de CH₄ decreció 180 t, una reducción de 60 t por cada punto porcentual de incremento en la reproducción. La reducción de la emisión de CH₄ en el hato productor de carne fue 24,2% para el período 1990-1996. En ese mismo lapso, la emisión de metano en el hato de doble propósito se redujo 9,5%, resultado de la disminución del hato y del incremento en la tasa reproductiva. La eficiencia de emisión en leche (50 vs 31 g de CH₄/kg de leche) y en carne (82,1 vs 69,4 kg de CH₄/ternero) mejoró en 1996 con respecto a 1990.

Se concluye que se ha reducido la emisión de metano en el hato bovino nacional, existiendo potencial para mejorar la eficiencia, especialmente en el doble propósito.

PALABRAS CLAVES: fermentación entérica, metano, efecto invernadero

ASPECTOS AMBIENTALES EN EL SECTOR BANANERO: PASADO Y PRESENTE

Sergio Laprade

Comisión Ambiental Bananera, slaprade@corbana.com

En junio de 1992 se realizó la Cumbre Ecológica de Río de Janeiro, dejando claro que la solución de los problemas ambientales es responsabilidad de todos los sectores de la sociedad.

El sector bananero de Costa Rica participó en el cumplimiento de los acuerdos de ECO-92, creando la Comisión Ambiental Bananera (CAB) y el documento: Principios y Metas del Manejo Ambiental en la Actividad Bananera.

En la CAB participan activa y regularmente representantes de Compañías Comercializadoras de Banano (Dole, Del Monte, Chiquita Brands), Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad de Costa Rica, Asociación Nacional de Productores Bananeros, Cámara Nacional de Bananeros, Cámara de Insumos Agropecuarios y la Corporación Bananera Nacional.

El objetivo primordial de la Comisión es lograr el consenso de los grupos involucrados (productores, proveedores, consumidores, gobierno, sociedad civil, etc.) para garantizar que el desarrollo de la actividad bananera en Costa Rica continúe, en estricto apego a la responsabilidad del Sector con el desarrollo sostenible, la salud de sus trabajadores, las comunidades vecinas a las plantaciones y con el país; manifestando su compromiso con las generaciones futuras de conservar y promover la utilización racional de los recursos naturales.

El esfuerzo desarrollado por el sector bananero en materia ambiental y de salud ocupacional ha sido muy grande. Tenemos la tecnología de punta en estos campos, prueba de ello ha sido el otorgamiento a las Compañías Dole y Del Monte, la certificación del ISO- 14001. Otro ejemplo de lo anterior es la puesta en marcha del sello Better Bananas por Chiquita Brands.

Con el fin de verificar el cumplimiento de las acciones estipuladas en el documento: Principios y Metas del Manejo Ambiental en la Actividad Bananera, un inspector de la CAB realiza visitas trimestralmente a cada una de las fincas y, elabora un detallado informe sobre los aspectos que deben ser mejorados. Este control permite mantener una base de datos actualizada sobre la situación ambiental del sector bananero nacional y, quizá lo más importante, conocer cuales son los aspectos prioritarios a resolver en materia ambiental de acuerdo a la posibilidad de cada explotación agrícola.

El compromiso citado anteriormente estipulaba un adecuado manejo de desechos bajo los principios de reducción, reutilización, y reciclaje. Así mismo, el uso alternativo de

banano de rechazo y pinzote (raquis), entre ellas su venta y/o producción de abono orgánico. En este aspecto se ha avanzado mucho en los últimos tres años, eliminando por completo el uso de “botaderos” a cielo abierto. De igual manera, las fincas que utilizan trincheras se han reducido de un 40% a un 10%. Por el contrario, las fincas bananeras que venden el banano de rechazo han experimentado un significativo incremento desde el año 1996, llegando a un 90% en mayo de 1999. Un aspecto importante de mencionar es que en 1998 se registró que un 10% de las fincas destinaron su “banano de rechazo” y pinzote para la producción de compost (Fig. 1).

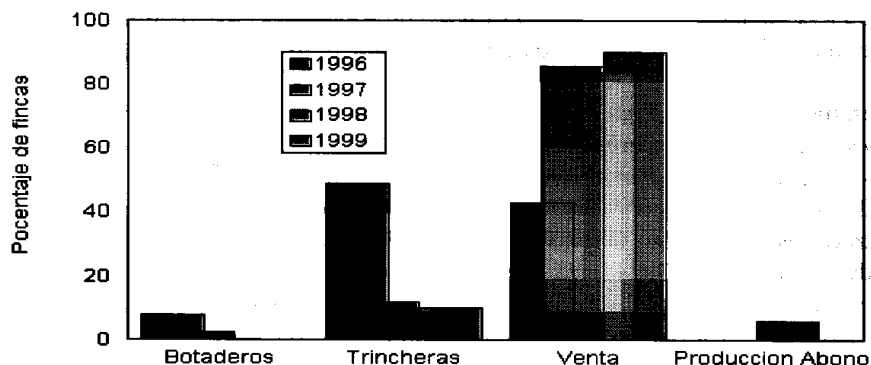


Figura 1. Manejo de desechos orgánicos en fincas bananeras de productores independientes

El sector bananero se comprometió a recolectar y reciclar el plástico y la piola. Producto de este esfuerzo, se ha logrado aumentar paulatinamente el establecimiento de estas prácticas; recolectándose y reciclándose la mayoría de los desechos de este tipo generados por la industria (Fig. 2).

Anualmente se reciclan en las plantas instaladas por el sector bananero, 3600 ton de bolsa Dursban (polietileno), y 1800 ton de mecate de polipropileno (piola).

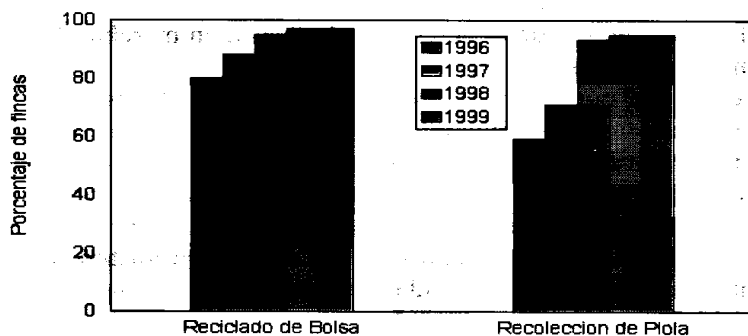


Figura 2. Manejo de desechos inorgánicos en fincas bananeras de productores independientes

De acuerdo al Compromiso Ambiental se debe instalar trampas de sólidos a la salidas de las aguas de las plantas empacadoras, con el fin de devolver al entorno, aguas que cumplan con la legislación vigente en esta materia. En 1996, el 100% de las fincas tenían trampas de sólidos (Fig. 3). Sin embargo, se observó un descenso en los últimos dos años, producto del deterioro de las mismas, no obstante en mayo de 1999 se incrementó el uso adecuado de las trampas de sólidos (Fig. 3).

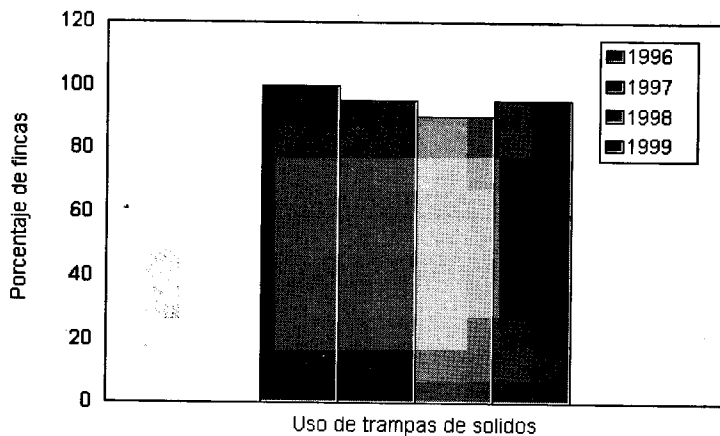


Figura 3. Uso de trampas de sólidos en fincas bananeras de productores independientes

El uso de las trampas ha permitido que las características físico-químicas de las aguas vertidas al medio se encuentren muy por debajo de lo estipulado en el decreto 26042-S-MINAE (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado promedio del análisis de las aguas residuales de 5 plantas empacadoras de banano

Variable	Finca	Valor máximo permisible*
pH	7,02	5-9
DBO ¹ (mg/l)	9,40	150
DQO ² (mg/l)	74,20	750
SST ³ (mg/l)	54,40	100
STD ⁴ (mg/l)	295,20	1500

*Decreto 26042-S-MINAE

¹Demanda bioquímica de oxígeno

²Demanda química de oxígeno

³Sólidos suspendidos totales

⁴Sólidos totales disueltos

Uno de los aspectos más relevantes del compromiso ambiental ha sido el establecimiento de áreas de amortiguamiento (barreras vegetales vivas) alrededor del cultivo. En este sentido se ha experimentado un crecimiento continuo. En 1996 un 50% de las fincas bananeras de productores independientes tenían áreas de amortiguamiento dentro de su sistema y, para mayo de 1999 esa cifra alcanzó el 90% (Fig. 4).

También, como parte del compromiso ambiental, se promovió la reforestación de las orillas de los ríos que atraviesan plantaciones bananeras. Debido a esto un 90% de las fincas de productores independientes en 1999 han reforestado orillas de ríos y quebradas (Fig. 4).

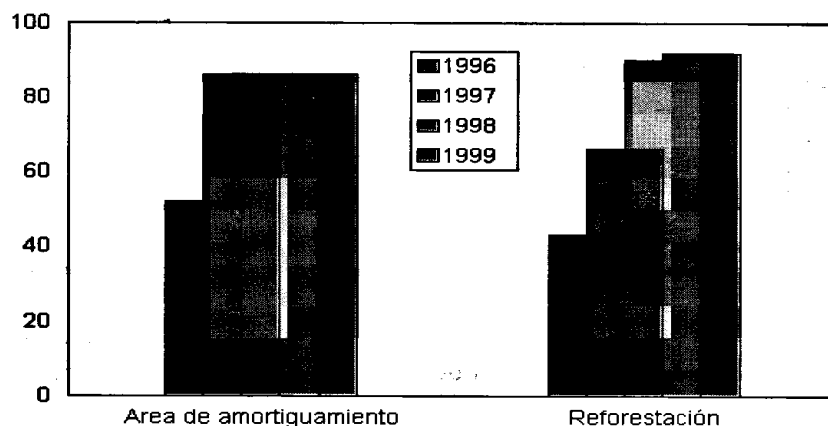


Figura 4. Áreas de amortiguamiento y reforestación de cuerpos de agua en fincas bananeras de productores independientes

Otra acción que se promovió, fue el establecimiento de áreas de reserva ecológica privadas. En el cumplimiento de lo anterior, el sector bananero posee 4490 ha dedicadas a reservas forestales. De este total, un 76,4% corresponde a bosque primario, un 12,4% a bosque secundario y un 11,2% a tacotales (Fig. 5).

Como hemos observado el proceso iniciado en 1992 ha rendido los primeros frutos.

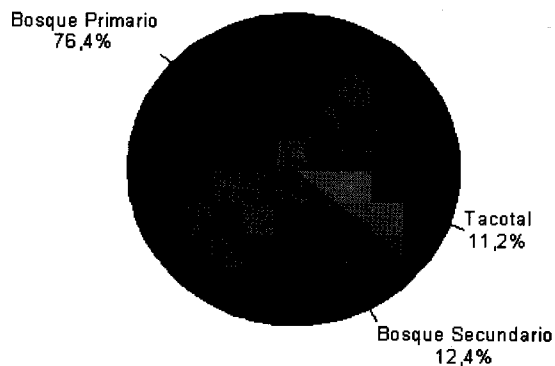


Figura 5. Áreas de reserva ecológica en fincas bananeras de productores independientes

Actualmente, con la puesta en marcha de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en las fincas, se ha mejorado el proceso productivo, minimizando su impacto ambiental. Sin embargo, el mejoramiento ambiental de las fincas no se debe detener, ya que la tecnología cambia constantemente y, nuestro compromiso debe ser de mejoramiento permanente.

PALABRAS CLAVES: subproductos, banano, desechos, abono orgánico

TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA NARANJA Y LA PIÑA EN TICOFRUT S.A.

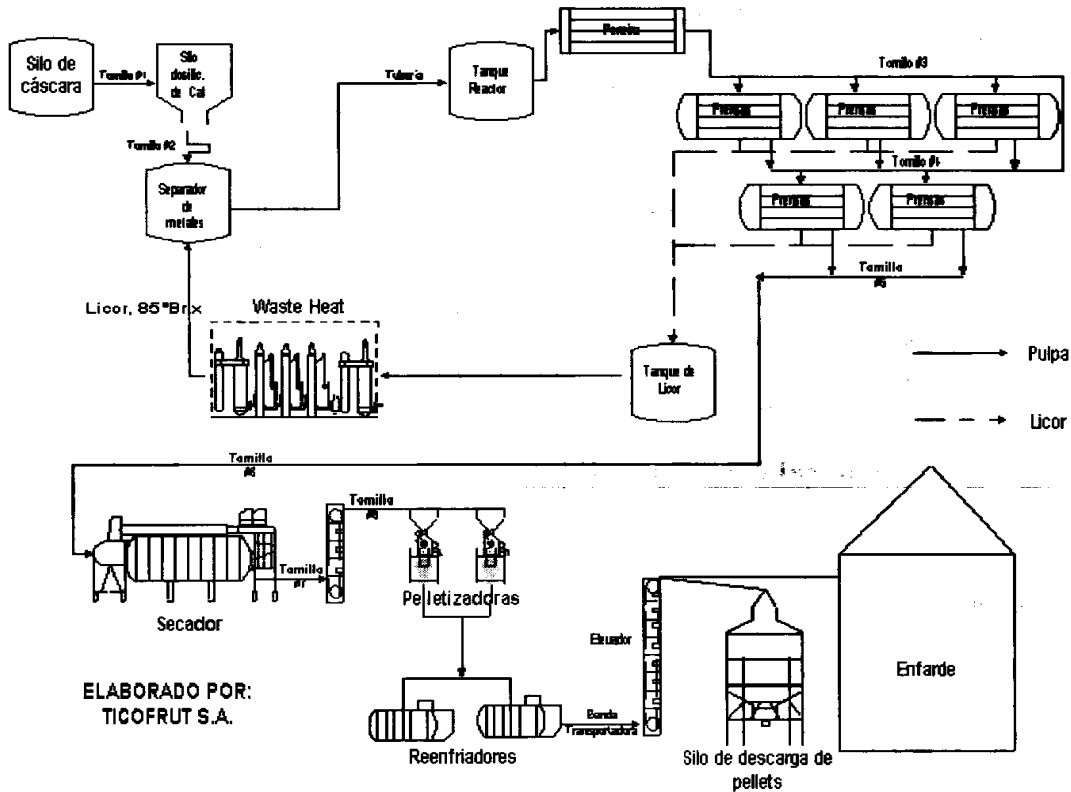
TICOFRUT S.A.

TicoFrut S.A. se inició en mayo de 1988, su primera zafra de naranja se realizó en 1989 iniciando así la actividad cítrica en nuestro país a través de una empresa netamente costarricense. Actualmente TicoFrut produce jugo concentrado de naranja, jugo pasteurizado de naranja, jugo concentrado de piña y jugo pasteurizado de piña. Existen además subproductos que se obtienen del procesamiento de la naranja como lo son: aroma natural, aceite de cáscara, aceite esencial y d-limoneno, asimismo es posible también obtener aroma natural de piña.

Descripción general desechos sólidos

Con el objetivo de procesar los desechos sólidos de naranja y piña se construyó una planta con capacidad para procesar 80.000 cajas por día (cajas = 40.8 kg) y con posibilidad de hacer modificaciones para incrementar su capacidad. En el proceso se alimenta un volumen aproximado de 3.200 t/día de cáscara con una humedad aproximada de 82%, posteriormente se pasa a una prensa para eliminar la humedad, el líquido que se obtiene es alimentado a un evaporador de calor residual en el que se obtiene melaza con una concentración de sólidos solubles estimada en 45°B, la que se utilizará para enriquecer la pulpa que se obtuvo del proceso de prensado. Esta cáscara enriquecida es alimentada a un secador rotativo que opera con gases de combustión producidos a partir de bunker C, finalmente, del secador obtenemos la base de alimento para ganado con una humedad del 10%. El proceso de obtención de la base para alimento para ganado, hace posible usar todos los efluentes de recuperación de aceite de cáscara de naranja así como los residuos primarios del procesamiento de la naranja.

Flujograma de Pellets



ELABORADO POR:
TICOFRUT S.A.

Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales

Todas las aguas residuales producidas por la Planta Procesadora de Jugos, como la Planta Procesadora de Alimento para Ganado, son recogidas y enviadas hacia la laguna de aireación.

Esta pretende que se tomen microorganismos aeróbicos que puedan crecer y biodegradar los desechos sólidos que entrarán al sistema.

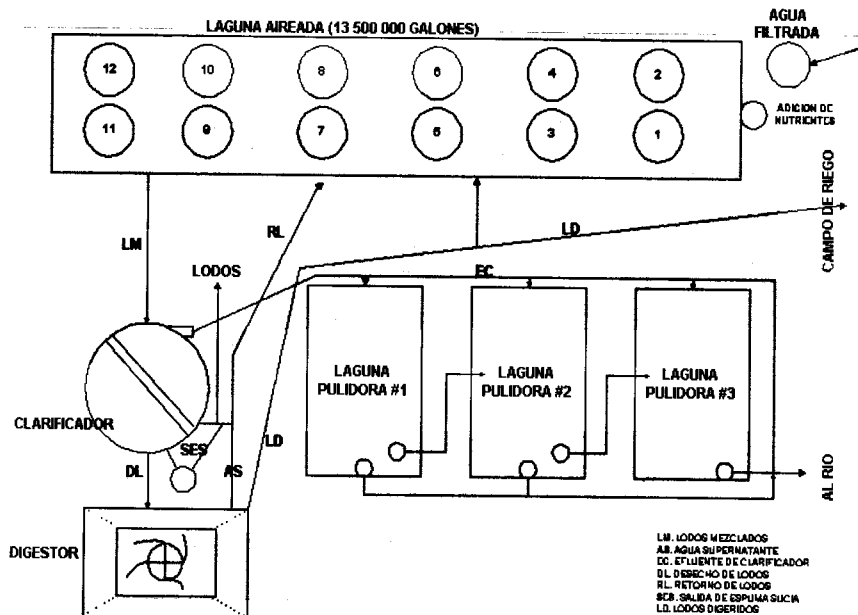
Para que estas bacterias funcionen apropiadamente, se debe mantener suficiente oxígeno, suficiente alimento y suficientes nutrientes, y de manera que puedan romper la materia orgánica que entra al sistema.

El oxígeno es generado por aireadores flotantes, el alimento se encuentra en el agua de desecho y los nutrientes (fósforo y nitrógeno) son adicionados para producir una eficiente degradación biológica del agua de desecho. A este sistema se le denomina lodos activado.

El agua de desecho, después de haber pasado por toda la laguna de aireación, sale hacia el clarificador donde las bacterias contenidas en los lodos son separados de los desechos tratados, por gravedad. Los lodos se asientan en el fondo del clarificador, una parte de estas se retornan a la laguna aireada para volverse a usar y el remanente es enviado al digestor aeróbico. El líquido supernatante del clarificador fluye por gravedad a través de una caja de registro que se conecta a las lagunas pulidoras 1, 2 y 3. Luego el líquido supernatante de estas lagunas fluyen por gravedad hacia el río.

El propósito de las lagunas pulidoras es dar un mayor tiempo de retención al agua antes de que fluya hacia el río y así poder eliminar cualquier sólido sedimentable que se haya podido pasar en la salida del clarificador.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SÓLIDOS ACTIVADOS



Elaborado por Ticofrut S.A.

PALABRAS CLAVES: subproductos, naranja, piña, alimentación animal, manejo de cosecha

COMPOSTAJE DE LOS DESECHOS AGROINDUSTRIALES DE LA PALMA ACEITERA

Randall Torres y Carlos Chinchilla

ASD de Costa Rica, P.O. Box 30-1000 San José Costa Rica.

Carlos Ramírez

Universidad de Costa Rica



Se presentan los resultados parciales de una investigación cuyo objetivo es transformar en abono orgánico, los desechos agroindustriales de la palma aceitera. Se detallan las características físicas y químicas de las materias primas, así como las del producto final. También se describen los principales aspectos técnicos y financieros de un proyecto comercial.

INTRODUCCIÓN

Los suelos en que se ha sembrado la palma aceitera en América tropical, en general, han sufrido un manejo deficiente que ha afectado desfavorablemente sus características físicas, químicas y biológicas a través de los años.

Las prácticas agrícolas inadecuadas provocan una reducción en los rendimientos potenciales del cultivo, y los suelos “enfermos y agotados” se han asociado con una mayor incidencia de diversos problemas fitosanitarios (Chinchilla 1997).

La recuperación de los suelos agrícolas implica entre otras cosas, aumentar el contenido de materia orgánica, para mejorar las características físicas y biológicas. Por otra parte, los desechos del procesamiento de los frutos de la palma aceitera (racimos vacíos, efluentes, lodos etc.) pueden ser fuentes importantes de contaminación ambiental, además de un problema económico, debido a los volúmenes altos de material que deben de ser movilizado para su descarte.

El proceso de compostaje de estos desechos y su conversión en un abono orgánico, tiene el potencial de solucionar tanto el problema ambiental, como el de degradación de los suelos.

Papel de los abonos orgánicos en los suelos: La función de los abonos orgánicos en la recuperación de los suelos se resume en los siguientes puntos, según Vandevivere y Ramírez (1998):

“Pega”. Los coloides orgánicos se asocian con las partículas del suelo y ayudan a mejorar su estructura.

“Esponja”. La materia orgánica tiene una alta capacidad de retención de humedad, lo cual ayuda a reducir el déficit hídrico.

“Fertilizante y bodega”. La liberación de los elementos en un abono orgánico es más lenta que en el caso de un fertilizante químico.

“Bioestimulante”. El compost estimula el desarrollo de la microflora y microfauna en el suelo y el crecimiento radical.

El objetivo del proyecto de compostaje es producir, a partir de residuos del proceso de extracción del aceite, un abono orgánico de alta calidad, a través de un proceso que pueda repetirse y que sea económicamente viable.

CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

Los racimos vacíos (pinzotes) y las aguas lodosas (efluentes) son los principales subproductos del proceso de extracción del aceite. En la extractora en donde se realizó el presente estudio, aproximadamente el 22 % de la fruta fresca corresponde al pinzote, y se producen entre 800 y 900 litros de efluente por tonelada de fruta fresca procesada. La planta extractora Palo Seco procesa aproximadamente 100.000 toneladas de fruta fresca al año, y los residuos del proceso contienen importantes cantidades de elementos: 90 t de nitrógeno, 43 t de fósforo y 146 t de potasio (Torres, 1998). El total de materia orgánica que puede ser utilizado para hacer abono orgánico es de aproximadamente 15 000 toneladas.

Los pinzotes son cortados y prensados para recuperar parte del aceite que absorben durante el cocinado (aproximadamente un 0.4% cuando la extracción es mayor que 22.5%). El producto resultante es denominado fibra de pinzote (12-15% del peso de la fruta fresca), por su apariencia desmenuzada y fibrosa (Torres 1998). Los números presentados y los métodos descritos en este trabajo se basan en el procesamiento de este material.

La alta demanda bioquímica de oxígeno, junto con las grasas y aceites que contiene el efluente (Cuadro 1), hacen que sea de lenta degradación. De igual manera, la degradación natural del pinzote es lenta debido a los altos contenidos de fibra y lignina (Cuadro 2). La digestibilidad de este material es de solo 35 %, comparado con un 60-70% de la mayoría de los pastos. La alta capacidad calórica (energía bruta 4570 Kcal/kg) del sustrato, provoca temperaturas entre 70 y 75 C, lo cual limita el desarrollo de varios microorganismos descomponedores importantes durante el proceso de compostaje. La inoculación con microorganismos provenientes de los lodos de las lagunas donde se depositan los efluentes, da una solución económica al problema.

habitos

Cuadro 1. Características químicas del efluente, planta procesadora Palo Seco, División Quepos, Costa Rica.

Demanda química de oxígeno (mg/l)	39 650
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	20 040
Sólidos totales (mg/l)	31 306
Sólidos suspendidos (mg/l)	10 500
Sólidos sedimentales (mg/l)	950
Grasas y aceites (mg/l)	4 196
Nitrógeno total (mg/l)	494
Fosfato (mg/l)	368
Hierro (mg/l)	76
Cobre (mg/l)	2.7
Magnesio (mg/l)	244
Manganeso (mg/l)	2.9
Zinc (mg/l)	4.2
Calcio (mg/l)	149.6
Potasio (mg/l)	1350
pH (unidades de pH)	4.5

Cuadro 2. Características químicas y físicas de la fibra de pinzote, planta procesadora Palo Seco, División Quepos, Costa Rica.

Composición química	----- % -----			----- ppm -----					
	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
	0.73	0.18	0.29	0.18	0.49	1440	27	21	42
Fibra neutro detergente			70.0 %						
Fibra ácido detergente			54.2 %						
Lignina			20.0 %						
Sílice			4.1 %						
Hemicelulosa			16.2 %						
Celulosa			28.5 %						
Digestibilidad in vitro			35.0 %						
Extracto etéreo			8.0 %						
Energía bruta (kcal/kg)			4 570						
Densidad kg/m ³			250						

Para favorecer el proceso de compostaje y obtener un producto final de mayor calidad, la materia prima (fibra de pinzote y efluentes) es enriquecida con nitrógeno (urea) y fosfato diamónico (DAP).

Varias pruebas preliminares llevadas a cabo con una tecnología más bien artesanal, permitieron obtener un producto cuyas características se detallan en el cuadro 3. La alta calidad de este compost motivó la iniciación de un proyecto en mayor escala , fotos 1 y 2).

Cuadro 3. Características químicas (% sobre la base de materia seca) y físicas del compost obtenido a partir de desechos agroindustriales de la palma aceitera, Planta Palo Seco, Quepos, Costa Rica.

Características Químicas		Características Físicas	
N	2.88 - 4.50 %	Fibra remanente	5.8 - 8.9 %
P	1.50 - 2.52 %	Humedad final	45 - 55 %
K	4.40 - 5.01 %	Reducción en volumen Fibra/Compost	65 %
Ca	4.33 - 4.59 %	Reducción en peso Fibra/Compost	44 %
Mg	0.73 - 0.84 %	Densidad de compost	417 kg/m ³
S	0.23 %		
Zn	455 ppm		
B	32 ppm		
Fe	4 126 ppm		

Foto 1. Conformación de la cama de compostaje, dimensiones aproximadas, 1,4 m. de altura por 3,7 de ancho.

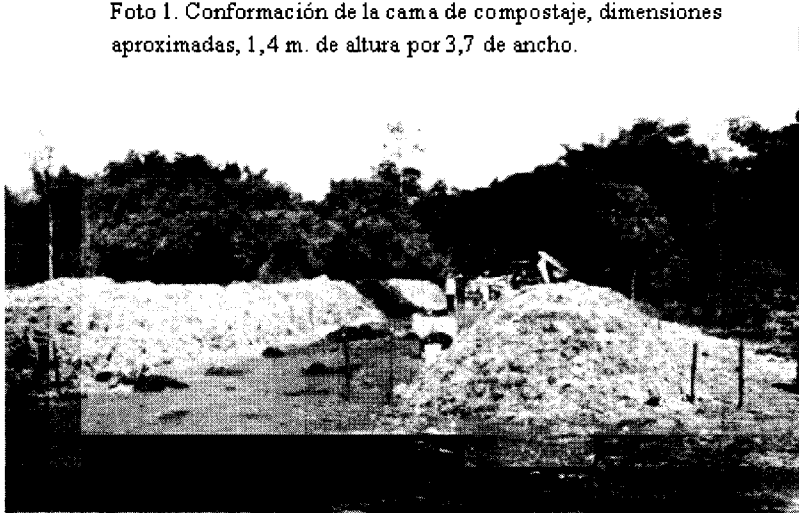


Foto 2. Producto final de proceso de compostaje, luego de 10 semanas de compostaje, nótese la reducción del volumen.



PROYECTO COMERCIAL

Infraestructura y equipo: Los factores más importantes a tomar en cuenta son los siguientes:

- ♦ Nivelación topográfica. El área requerida dependerá de las características de la maquinaria adquirida y el grado de automatización de la planta de compostaje.
- ♦ Construcción del área para el tránsito de la maquinaria.
- ♦ Conformación del área en donde se ubicará el material para compostear.
- ♦ Construcción del sistema automático de aplicación de efluentes y aguas.
- ♦ Bodegas y áreas administrativas.

En cuanto al equipo necesario, la adquisición de una máquina capaz de revolver y airear el sustrato es obligatoria. Existen compañías especializadas en la venta de estos equipos (Ver fotos 3 y 4). Bombas especializadas para soportar los inconvenientes de la química de los efluentes también serán necesarios. La figura 1 presenta un diseño sugerido de la infraestructura y equipo necesario para una compostera de fibra de pinzote.

Foto 3. Equipo utilizado en el proceso de compostaje, en plena labor de volteo.

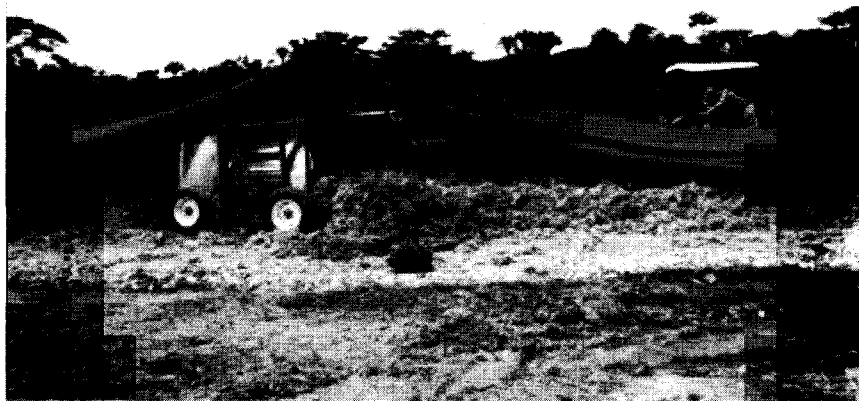


Foto 4. Detalle del equipo utilizado en el proceso de compostaje.

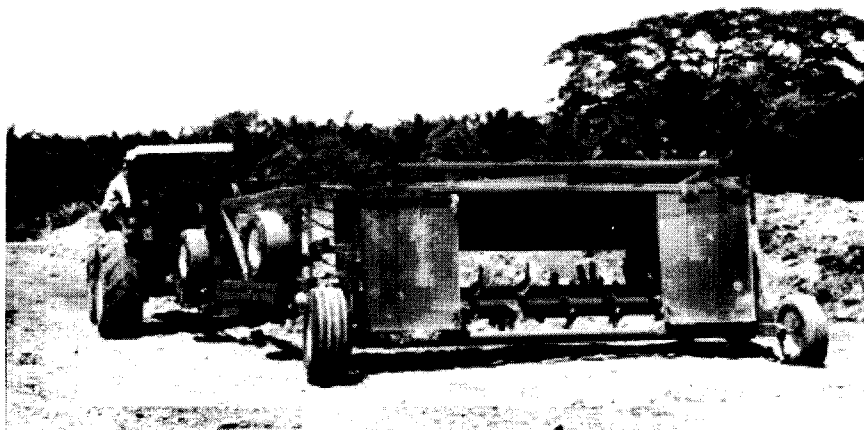
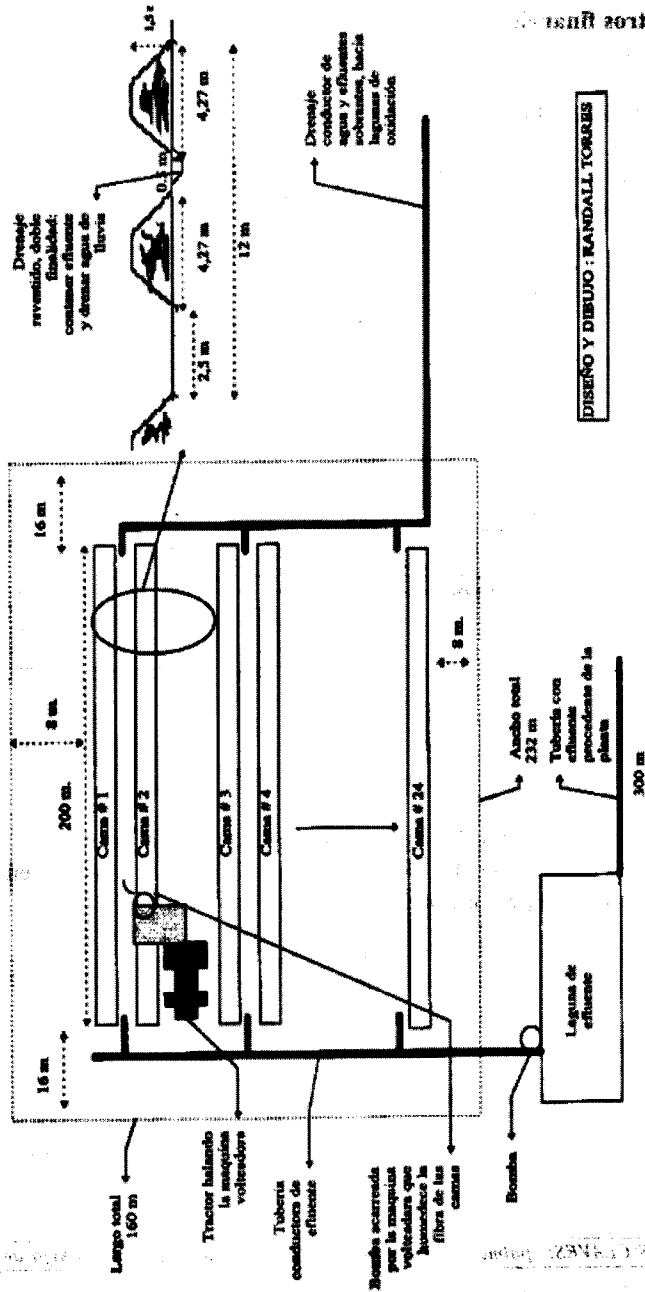


Figura 1. Diseño sugerido del patio de compostaje en Planta Palo Seco, Quepos, Costa Rica.

B. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DEL PATIO DE COMPOSTAJE



Parámetros financieros: Los ahorros generados en el transporte y la aplicación del compost con respecto a la fibra de pinzote se presentan en el cuadro 4, junto con los costos de la maquinaria e infraestructura entre otros, estimados para un proyecto de 10 años de duración. Los parámetros de rentabilidad del proyecto son los siguientes:

Tasa interna de retorno: 57.4

Valor presente neto (al 19% en \$000's): 511.2

Periodo de pago: 2.5 años

Cuadro 4. Principales parámetros financieros. Proyecto Comercial de Compost. Palo Seco, Costa Rica

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ton de fibra machada (plata) PAB Voco	180,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000
ton de fibra para compostar	14,000	10,347	10,347	10,350	10,350	10,350	10,350	10,350	10,350	10,350	10,350
ton de compost producido	7,840	10,347	10,386	10,385	11,363	11,879	11,887	11,884	12,690	12,690	12,690
ha fertilizadas con compost	1,411	1,829	1,869	1,867	2,044	2,138	2,135	2,132	2,230	2,230	2,230
Sistema compost											
Costo infraestructura de compostar	\$ 88,504										
Costo equipo para compostar	\$ 118,513										
Costo mano de obra para compostar	\$ -	\$ 48,434	\$ 88,243	\$ 104,923	\$ 122,755	\$ 139,494	\$ 153,000	\$ 163,340	\$ 169,608	\$ 169,608	\$ 113,646
Costo de operación de compostar	\$ -	\$ 89,087	\$ 130,525	\$ 132,000	\$ 134,530	\$ 121,675	\$ 126,631	\$ 125,708	\$ 124,112	\$ 132,177	\$ 136,605
Costo fuel diesel asociado (ton de compost/ha)	\$ -	\$ 107,616	\$ 139,220	\$ 142,200	\$ 145,167	\$ 135,717	\$ 142,720	\$ 140,704	\$ 142,239	\$ 171,245	\$ 177,928
Costo Total sistema compost	\$ 207,017	\$ 245,029	\$ 358,720	\$ 364,828	\$ 352,461	\$ 428,189	\$ 393,371	\$ 389,680	\$ 389,679	\$ 412,840	\$ 464,737
Sistema actual											
Costo transporte y aplicación de fibra	\$ -	\$ 112,977	\$ 149,538	\$ 152,845	\$ 155,925	\$ 167,237	\$ 174,311	\$ 175,731	\$ 174,304	\$ 182,928	\$ 131,111
Costo producción de los sistemas compost	\$ -	\$ 238,213	\$ 413,112	\$ 422,238	\$ 430,728	\$ 462,023	\$ 482,881	\$ 479,845	\$ 448,140	\$ 388,888	\$ 327,339
Costo control de plagas	\$ -	\$ 2,344	\$ 3,028	\$ 3,160	\$ 3,267	\$ 3,397	\$ 3,551	\$ 3,520	\$ 3,541	\$ 3,736	\$ 3,880
Total costos sistema actual	\$ -	\$ 453,534	\$ 665,738	\$ 678,243	\$ 690,910	\$ 732,657	\$ 760,749	\$ 758,106	\$ 726,184	\$ 615,552	\$ 462,330
Plazo para cubrir sistema (sin consumo de producción)	\$ (184,730)	\$ (15,341)	\$ 211,639	\$ 443,940	\$ 681,332	\$ 884,828	\$ 1,137,905	\$ 1,420,204	\$ 1,697,522	\$ 1,879,651	\$ 2,208,628
Consumo para operación al momento producción (9 %) bajo sistema (de compost)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 179,948	\$ 183,500	\$ 184,935	\$ 205,827	\$ 204,380	\$ 205,230	\$ 216,571	\$ 225,039
FLUJO DE EFECTIVO FINAL EN VALORES REALES	(184,730)	(15,341)	211,639	261,440	1,064,888	1,445,310	1,920,538	2,349,118	2,805,644	3,345,141	3,787,339

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a compañía Palma Tica, y especialmente a los señores Alberto Arrea (Gerente División Quepos) y Rodolfo Castro (Gerente producción en Coto), por el apoyo recibido y el permiso para publicar estos resultados.

REFERENCIAS

- Chinchilla, C.; Durán, N. 1997. Manejo de problemas fitosanitarios en palma aceitera. Una perspectiva agronómica. Palmas (Colombia). 19 (número especial): 242- 256.
- Torres, R. 1998. Proyecto de compostaje de la fibra de pinzote en planta Palo Seco, Quepos. Informe interno, Programa de Investigaciones en Palma Aceitera.
- Vandevivere, P; Ramirez, C. 1998. Control de calidad de los abonos orgánicos por medio de bioensayos. Informe interno del Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos de la Universidad de Costa Rica.

PALABRAS CLAVES: palma aceitera, subproductos, abono orgánico, manejo de desechos

INTERPRETACIÓN DE LA RIQUEZA NUTRICIONAL DE LA CACHAZA DE CAÑA UTILIZANDO DOS MÉTODOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

Marco Chaves

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)

En la agricultura actual, el empleo de materiales de origen orgánico ha cobrado gran importancia, no sólo como estrategia de salud pública por el control sanitario que de los residuos agroindustriales se hace; sino también, por el valor agregado que se da a los mismos en virtud de su potencial riqueza nutricional y efecto favorable que muchos de esos materiales inducen, a través de su aplicación suplementaria o complementaria de la fertilización química tradicional. Resulta sin embargo preocupante, que la forma de interpretar la riqueza de un determinado residuo orgánico, puede establecerse partiendo de un análisis cuyo criterio se fundamenta en la valoración de los contenidos químicos totales (criterio de análisis foliar); o también, mediante el método de valoración de las formas químicas intercambiables contenidas (como análisis de suelo). Con el fin de aportar elementos técnicos que permitan establecer el criterio más acertado, respecto al mejor método para analizar e interpretar la composición química de la cachaza o torta de filtro y, con ello, su riqueza nutricional, se realizó el presente estudio. El mismo consistió en valorar a través de esos dos métodos analíticos la composición nutricional de la cachaza, para lo cual se utilizó material procedente del Ingenio Taboga, el cual se depositó a la intemperie en el campo y evaluó por ambos métodos a los 0, 3, 6, 9 y 12 meses de edad. El experimento inició en abril del 97 y finalizó en abril del 98. El análisis se realizó sobre cuatro muestras representativas por mes de lectura que operaron como repeticiones, utilizando un diseño experimental irrestricto al azar. Los resultados revelan que la información obtenida varía sustancialmente, haciendo muy difícil poder interpretar la misma en forma comparativa entre ambos métodos analíticos. El resultado obtenido por el método de suelo está dado en kg de elemento/ha y el foliar en kg/tonelada métrica, lo que si bien no unifica las unidades de medición, sí da una idea del aporte que la cachaza proporciona como material fertilizante. Estadísticamente hubo diferencias significativas entre nutrientes, métodos analíticos, muestreos y su interacción. Los valores generados son mayores cuando el análisis se realiza a través del método foliar, lo cual ocurre debido a que este método valora contenidos totales y no apenas las formas intercambiables, las cuales sí se identifican en el realizado por el método utilizado en el caso de los suelos. El nitrógeno es el único nutriente que mantiene igualdad de criterios, ya que no resulta representativo evaluarlo por la vía suelo, adoptándose el foliar como el más aceptado y recomendable. Queda así evidenciada la diferencia que ejerce el método analítico utilizado sobre los contenidos químicos y su interpretación. Es necesario y recomendable que se adopte un único criterio analítico a efecto de evitar confusiones en la interpretación de la riqueza nutricional. Queda claro asimismo, que el método vía suelo es aplicable y de valor interpretativo en aquellos casos en que la cachaza se emplea como sustrato y base para el establecimiento y desarrollo de otros vegetales (almácigo, bolsas, macetas); en tanto que el método foliar es más recomendable cuando su uso es como fuente fertilizante en adición a los cultivos. Se recomienda exponer las particularidades y alcances de cada método analítico, con el objeto de unificar criterios, ya que actualmente existen posiciones divergentes en este sentido.

PALABRAS CLAVES: caña de azúcar, fertilización, cachaza, subproductos

ALTERNATIVAS DE USO PARA LA GALLINAZA

Teresita Murillo

Apartado 4515-1000 San José

INTRODUCCIÓN

Las actividades productivas agropecuarias se desarrollan, usualmente, dentro de un marco donde confluyen numerosos factores productivos, económicos y sociales que interactúan, de forma que cada actividad es particular en sí misma. En los últimos años se han añadido a los factores tradicionales otros que modifican sustancialmente este marco de interacciones, tales como la globalización, la reconversión (buscando ventajas competitivas), regulaciones ambientales, la necesidad de mejorar los índices energéticos, mayor cobertura de comunicaciones, interacciones con otros sectores productivos y de la sociedad, etc.

Los sistemas biológicos son la base de la actividad agropecuaria; como tales, con la acción humana, la especie biológica de interés, el ambiente en que se desarrolla, la tecnología, sistema de producción, calidad de materias primas y otros se logra un producto(s), subproducto(s) y desecho(s) en calidades y cantidades variables. La capacidad de producción en conjunto con las posibilidades de mercadeo y la retribución económica obtenida, le permite a los diferentes sectores agropecuarios conducirse con mayor o menor flexibilidad dentro del marco de interacciones que se menciona anteriormente. Por supuesto, son factores decisivos la educación, la transferencia tecnológica y la capacidad del sector para agremiarse.

La avicultura es una actividad que consiste de diversas etapas que pueden agruparse en tres categorías. Una categoría que se podría llamar "biológica" que incluye reproducción y producción de huevo fértil, incubación, desarrollo de aves, producción de huevo comercial. La categoría "industrial" incluye: producción de alimentos balanceados, proceso y proceso posterior de carne de ave, empaque y proceso de huevo comercial. La categoría "comercial" incluye: distribución, venta y publicidad de productos avícolas. La cantidad aproximada de aves y de productores en Costa Rica en 1998 se describe en el cuadro 1 (Cámara Nacional de Avicultores).

Cuadro 1. Número de aves y de productores avícolas en Costa Rica en 1998

	# Aves/año	# Productores *
Pollo engorde	47 000 000	316
Reproductores pesados (huevo fértil)	370 000	3
Reproductores livianos (huevo fértil)	51 000	2
Ponedora liviana (huevo comercial)	2 044 000	276

* Es diferente al número de granjas.

Específicamente, en las etapas en se trabaja con sistemas biológicos, la avicultura enfrenta el desafío de mantener una constante revisión de los procesos y optimización de uso de los recursos disponibles. El manejo de los desechos se ha convertido en aspecto crítico desde el punto de vista económico, de cumplimiento con las regulaciones ambientales y de imagen social. En la medida que el desecho requiere de tratamiento y no se logra retribución económica neta de él, se convierte en una carga que desfavorece la rentabilidad de las granjas. Por otra parte, si el desecho se transforma en subproducto que tiene valor económico neto constituye una fuente de ingreso adicional que estimula la producción de las granjas.

GALLINAZA

Se denomina gallinaza a la excreta de ave sola o en mezcla con otros materiales, aunque también en el caso específico de excreta de pollo de engorde se le llama pollinaza.

En Costa Rica, comercialmente, todo el pollo de engorde y los reproductores pesados son criados "en piso". Las ponedoras livianas crecen, durante la etapa de levante (hasta las 15-16 semanas), aproximadamente un 30% de ellas en jaula y el resto en piso, luego durante la etapa de producción aproximadamente un 80% son mantenidas en jaulas y el 20% restante en piso. Para aves criadas en piso los materiales de "cama" más comúnmente utilizados son el aserrín, viruta de madera y cascarilla de arroz; para las aves criadas en jaula no se utiliza material de cama. Actualmente el material de cama disponible en mayores cantidades es la cascarilla de arroz.

En términos generales se puede estimar la producción anual de gallinaza para 1998 en 54.000 ton. de pollinaza y 11.500 ton. de otras gallinazas. Bajo las condiciones de manejo de aves en Costa Rica, la cantidad producida de gallinaza por ave y la composición química varía según su origen (Murillo, 1996).

El contenido de humedad de la gallinaza de aves criadas en piso usualmente se encuentra entre 15 a 25%. Durante la época seca tiende a disminuir y se incrementa durante la época lluviosa. La humedad también es menor en galpones donde se utiliza el sistema de bebederos de niple y mayor cuando el sistema de bebederos es de campana o canoas abiertas. Los techos en buenas condiciones impiden la entrada de agua a los galpones durante la época lluviosa, en consecuencia, la humedad de la gallinaza es menor. El contenido de humedad de la gallinaza de aves criadas en jaula generalmente tiene valores mucho mayores que las de aves criadas en piso, pero pueden variar ampliamente de acuerdo al sistema de producción.

La cantidad de gallinaza tiende a ser menor en galpones de piso de concreto y mayor en los que tienen piso de tierra, esto por cuanto, el piso debe tener un nivel uniforme a fin de que las aves alcancen los comederos y bebederos. El suelo de galpones de piso de tierra por lo general es de nivel irregular y se nivela aumentando el grosor de material de cama. Este hecho puede influir en la composición química, porque algo de tierra se recoge junto con la gallinaza cuando ésta es retirada de los galpones.

Cuadro 2. Análisis químico de algunos residuos agroindustriales y pollinaza (base seca)

Material	%						mg/kg			
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn
Pollinaza	4.34	1.47	3.20	0.56	2.05	1.65	412	47	338	314
Fibra fruta Palma africana	0.73	0.18	0.29	0.18	0.49	0.11	1440	27	21	42
Cáscara banano	1.22	0.25	0.32	0.15	6.70		70	13	16	70
Raquis banano	1.47	0.17	0.43	0.19	7.80		68	13	11	73
Broza café	2.01	0.13	0.77	0.24	2.37	0.11	436	20	13	87
Pergamino café	1.48	0.12	0.50	0.14	1.53		1247	16	23	62
Aserrín	0.24	0.06	0.70	0.08	0.29		740	6	9	22
Cáscara macadamia (exocarpo)	1.10	0.12	0.24	0.12	2.15		4000	24	26	269
Cáscara piña	0.89	0.09	0.23	0.06	1.45	0.06	147	5	15	34

Hansen et. al. (1993) realizaron una amplia revisión sobre el compostaje de gallinaza y presentan datos sobre el desarrollo del proceso según diferentes relaciones iniciales C:N. Uno de los factores críticos es que la conversión posible del 85% del $\text{NH}_3\text{-N}$ ocurre entre las 12 horas iniciales hasta los 4-5 días del proceso de compostaje, por lo que la mezcla con materiales de alto contenido de carbono y relaciones crecientes de C:N de la mezcla total reducen las pérdidas de nitrógeno, aumentando su retención en el compost. Las pérdidas de nitrógeno por volatilización aumentan conforme disminuye la relación C:N de la mezcla total. Se ha tratado de retener nitrógeno en la mezcla también mediante el uso de adsorbentes y enmiendas; con este fin en orden descendente de eficiencia se ha encontrado fibra de coco, zeolitas naturales, sulfato de aluminio, cloruro de calcio (Kithome, Paul y Bomke, 1999). El contenido de nitrógeno del compost es una característica muy apreciada en el mismo.

Los ingredientes de la mezcla inicial tienen gran influencia sobre las características del compost resultante, a pesar de que se use una relación C:N de 30:1 como criterio de proporción. Las pérdidas de peso del compost se informa que se encuentran en un ámbito entre 16% y 73%, a partir de la mezcla inicial. Pueden variar también el pH, conductividad eléctrica y curvas de temperatura cuando se mezcla la gallinaza con diferentes materiales como fuente de carbono (Flynn y Wood, 1996).

Las mezclas de materiales para producir compost deben formularse en principio de acuerdo a los contenidos de nitrógeno, carbono y humedad (Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992). Sin embargo, el aporte total de nutrientes de los diferentes ingredientes influye sobre la composición del producto final.

En 1996 se hicieron varios tipos de compost utilizando algunos residuos agroindustriales y gallinaza. La proporción de los materiales se determinó ajustando la relación C:N en 25:1 y corrigiendo por el contenido de humedad. Los montones de mezcla de materiales se colocaron en un sistema de aireación forzada hasta el momento en que la temperatura disminuía hasta punto constante. La humedad se ajustaba periódicamente si descendía a menos del 40%. En el cuadro 3 se presenta el análisis químico total de estos compost.

Cuadro 3. Análisis químico de diferentes compost

	%					mg/kg			
	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
Pulpa naranja + Gallinaza (reproductores producción)	2.25	3.02	7.43	0.86	2.70	1814	30	322	626
Pulpa naranja + Broza café + Pollinaza + Cascarilla de arroz	2.70	1.66	3.22	0.54	1.54	947	24	244	427
Broza café + Pollinaza + Aserrín	3.36	1.24	2.43	0.37	1.75	545	22	177	177
Cáscara piña + Broza café + Pollinaza + Aserrín	2.56	1.23	2.26	0.30	1.23	628	19	198	180
Exocarpo macadamia + Pollinaza	1.65	0.27	0.56	0.13	1.66	4193	16	57	187
Exocarpo macadamia + Pollinaza + Broza de café + Aserrín	2.30	0.94	2.34	0.34	1.95	2090	27	194	278

La dificultad para los avicultores de elaborar compost, a base de gallinaza y residuos agroindustriales formulando de acuerdo con la relación C:N, estriba en el hecho de que como la gallinaza tiene alto contenido de nitrógeno y bajo contenido de humedad, mientras que la mayoría de residuos agroindustriales tienen altos contenidos de humedad, las cantidades de gallinaza la mayoría de las veces no sobrepasan el 20% de la mezcla total, con lo que los volúmenes a tratar son todavía mayores así como los costos de transporte. Por esta razón las alianzas estratégicas con otras actividades que tengan desechos, ricos en carbono, son deseables.

USO PECUARIO DE LA GALLINAZA.

Murillo (1996) hace una breve descripción del uso que se da en Costa Rica a la gallinaza para la alimentación de rumiantes.

Las cantidades empleadas en alimentación de rumiantes son muy variables y dependientes de la estación y del valor de los bovinos en el mercado nacional e internacional.

LA GALLINAZA COMO UN RECURSO ENERGÉTICO

COMBUSTIÓN COMPLETA (DIRECTA)

Al inicio de los años 80 se identificó la gallinaza como un combustible potencial y a partir de entonces "The Energy Technology Support Unit" (ETSU) del Departamento de Industria y Comercio del Reino Unido ha impulsado la investigación y desarrollo de tecnología para su aprovechamiento.

La gallinaza tiene un contenido calórico neto de 13.5 GJ/tonelada, aproximadamente la mitad del carbón mineral, con la ventaja que es un combustible de biomasa renovable, que puede sustituir en parte el uso de fuentes no renovables. El contenido de cenizas es de 12-15% con la ventaja también que son aprovechables como fertilizantes (Scott, 1997). La concentración relativa de nutrientes en la ceniza es de 30% P_2O_5 , 17% K_2O y 4% Mg y se han realizado pruebas de campo donde se ha comprobado la viabilidad de usarla como fuente de nutrientes para los cultivos (Agricultural Development and Advisory Service, 1993).

El primer intento práctico de aprovechamiento energético de la gallinaza ocurrió en 1986, desarrollándose con ayuda de la ETSU en una empresa familiar, dedicada a la cría de aves y producción de ornamentales en invernadero, ubicada en Beckford, Reino Unido. La empresa contaba con una caldera alimentada por carbón, en donde se generaba calor tanto para los galpones avícolas como para los invernaderos. Fueron necesarias modificaciones al sistema de combustión y de almacenamiento de combustible, luego de muchos intentos de prueba y error. En 1991 este sistema también fue capaz de generar energía eléctrica además de energía térmica. En 1996 los propietarios decidieron salir de operación por cuanto la tecnología de control de emisiones aún no estaba perfeccionada para estos sistemas y los plazos para estar cumpliendo los nuevos límites eran menores a sus posibilidades. A pesar de que se detuvo esta operación, marcó un hito en el sentido de que permitió demostrar en la práctica, las características combustibles de la gallinaza y la posibilidad de su aprovechamiento (Scott, 1997).

El segundo intento, a mayor escala, fue asumido por la empresa Fibropower, y materializado por la construcción y operación de la primera planta comercial de generación eléctrica, en el mundo, utilizando como único combustible la gallinaza. Esta planta está localizada en Eye, Suffolk, Reino Unido e inició operaciones en 1992. Genera 12.7 MW de electricidad y consume 130.000 toneladas de gallinaza por año. La gallinaza es recolectada de granjas ubicadas en un radio de 50 km. Con la experiencia previa se introdujeron modificaciones a los sistemas convencionales de combustión. Con la energía térmica generada se produce vapor de agua que mueve un turbo-alternador y

la energía eléctrica producida se “coloca” en la red nacional de conducción eléctrica. El sistema de control de emisiones consiste de un precipitador electrostático de tres pasos, después del cual los gases salen a la atmósfera. Esta planta fue posible gracias a un esfuerzo financiero conjunto del Bank of America, Mitsubishi Bank of Japan, Fibropower y la Comunidad Económica Europea (ETSU, s.f.).

Se ha publicado en internet un estudio de factibilidad de un sistema de combustión directa para gallinaza (<http://www.versar.com/pprp/eci/economic.htm>).

La segunda planta comercial de generación eléctrica fue construida en Glandford, Lincolnshire, Reino Unido. Los problemas experimentados en la planta de Eye sirvieron para mejorar el diseño general y aumentar la eficiencia. Tiene una capacidad de generación de 13.5 MW y un consumo de 180.000 toneladas por año de gallinaza (FEC, 1995).

A finales de 1998 inició operaciones la tercera planta de generación de energía eléctrica a partir de gallinaza, con una capacidad de generación de 38,5 MW. Se encuentra localizada en Thetford, Reino Unido. Utiliza la gallinaza como único combustible, en una cantidad de 400.000 toneladas por año.

De acuerdo con la experiencia acumulada hasta el momento, el tamaño mínimo de una planta eléctrica de este tipo, es de 120.000 toneladas de gallinaza por año, para que sea económicamente viable (Nina Butcher, Fibropower, comunicación personal). Por ahora la cantidad de gallinaza generada en todo el país no alcanza para el tamaño mínimo rentable de una planta de combustión completa, sin embargo, es posible que con la unión con otros generadores de desechos de biomasa se pueda llegar a una cantidad adecuada. La gallinaza presenta la ventaja de tener un contenido de humedad que la hace un combustible de uso directo (sin eliminación de agua previo a combustión).

En Costa Rica se encuentran ejemplos de plantas generadoras de energía térmica y eléctrica por combustión directa, sobre todo en la industria azucarera.

GASIFICACIÓN, PROCESO TÉRMICO.

Este es un proceso térmico en el cual los combustibles pueden ser carbón, biomasa, desechos y otros, que son introducidos junto con los agentes de gasificación tales como aire, oxígeno y vapor, u oxígeno y dióxido de carbono, en un reactor. Las temperaturas de reacción son típicamente de 815 hasta 1038°C. Las cenizas son separadas y la porción del combustible que se gasifica es colectado, eliminado el

polvo que arrastra y si se requiere enfriado y purificado. Las plantas que trabajan con este proceso pueden convertir desechos sólidos en un producto gaseoso con variedad de usos:

- a) gas combustible para generación de energía térmica
- b) gas de síntesis para procesos químicos (ej. metanol) y
- c) gas para la generación de energía eléctrica.

Gran variedad de materiales de biomasa son utilizables para la gasificación, por ejemplo: viruta y aserrín de madera, paja, bagaso, olores, desechos municipales, lodos activados, plástico de rechazo, gallinaza, etc. (<http://www.versar.com/pprp/eci/execsum,.htm>).

Para la generación de electricidad los gases producidos por la gasificación son sacados del reactor inicial y conducidos a una caldera donde se queman para generar vapor de agua que mueve una turbina que finalmente mueve un generador eléctrico. La gasificación, a diferencia de la incineración (combustión directa), es mucho más limpia en términos de emisiones al aire y no requiere de complicados sistemas de control.

La empresa estadounidense Primenergy reclama haber hecho pruebas de gasificación en 1997, en una planta piloto de gasificación a una tasa de una tonelada por hora, lo que le permitió estimar las condiciones del proceso. Estas pruebas se corrieron con la supervisión del "DOEs Southeast Regional Biomass Energy Program", Departamento de Energía de los Estados Unidos. La ceniza resultante puede ser utilizada como fertilizante por su alto contenido de fósforo y potasio (Primenergy, s.f.).

En Costa Rica se encuentra operando un sistema de gasificación que genera energía térmica y eléctrica en la finca El Pelón de la Bajura, utilizando como combustible granza de arroz (Mario Rímolo, El Pelón de la Bajura, comunicación personal, 1998).

De acuerdo con la experiencia acumulada hasta el momento, el tamaño mínimo de una planta eléctrica de este tipo, es de 120.000 toneladas de gallinaza por año, para que sea económicamente viable (W.N. Scott, Primenergy, comunicación personal). Es posible que la inversión inicial se reduzca considerablemente si se logra la invención de un motor de combustión para los gases obtenidos (Mario Rímolo, El Pelón de la Bajura, comunicación personal, 1998). Por ahora la cantidad de gallinaza generada en todo el país no alcanza para el tamaño mínimo rentable de una planta de gasificación, sin embargo, es posible que con la unión con otros generadores de desechos de biomasa se pueda llegar a una cantidad adecuada. La gallinaza presenta la ventaja de tener un contenido de humedad que la hace un combustible de uso directo (sin eliminación de agua previo a gasificación). En un periódico local (La Nación, 1999) apareció la noticia de una empresa estadounidense que estudia la posibilidad de generar electricidad con desechos agrícolas.

GASIFICACIÓN, DIGESTIÓN ANAERÓBICA.

Este proceso consiste en la digestión bacteriana anaeróbica con la consiguiente generación de metano que es un gas combustible. El proceso tiene algunas características que limitan su uso, en el caso de la gallinaza:

- a) La gallinaza debe estar en forma líquida (requiere adición de agua)
- b) La digestión introduce otro paso previo a la combustión
- c) La energía recuperada es menor que en los casos anteriores
- d) El volumen de reducción de la cantidad de desecho no es significativa, y además posterior a la digestión este se encuentra en forma líquida lo que dificulta el manejo. (<http://www.versar.com/pprp/eci/execsum,.htm>).

Con el gas metano fácilmente se puede obtener energía térmica. Por otra parte, si se resuelve en forma satisfactoria las limitantes anteriores, tiene la ventaja de que existen motores de combustión para el gas generado, lo que reduce muy sensiblemente la inversión para establecer plantas de generación eléctrica.

En Costa Rica existen plantas de generación de energía térmica y eléctrica con el gas metano producido en las plantas de tratamiento de aguas residuales de beneficios de café.

REFERENCIAS

- AGRICULTURAL DEVELOPMENT AND ADVISORY SERVICE. 1993. The potential for a blend of broiler litter ash and processed ruminant livestock manure or poultry manure. ETSU E/GS/00124/REP 3. Energy Technology Support Unit, Department of Trade and Industry, United Kingdom. 34 p.
- ANONIMO. 1998. The engineering and economic feasibility of using poultry litter as a fuel to generate electric power at Maryland's Eastern Correctional Institute. (<http://www.versar.com/pprp/eci/execsum,.htm>).
- ETSU. s.f. Energy from agricultural wastes: Eye extended renewable energy case study. Technology Status Report 7. Energy Technology Support Unit, Department of Trade and Industry, United Kingdom. 4 p.
- FEC Ltd. 1995. Use of poultry litter for power generation – monitoring of Glanford power station. ETSU B/M1/00412/REP. Energy Technology Support Unit, Department of Trade and Industry, United Kingdom. 35 p.
- FLYNN, R. P. and C.W. WOOD. 1996. Temperature and chemical changes during composting of broiler litter. *Compost Science & Utilization* 4(3):62-70.
- HANSEN, R.C.; H.M. KEENER, C. MARUGG; W.A. DICK and H.A.J. HOITINK. 1993. Composting of poultry manure. *In Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects.* Eds. Harry A.J. Hoitink and Harold M. Keener. Worthington, Ohio, Estados Unidos, Renaissance. Pp. 131-153.
- KITHOME, M.; J.W. PAUL and A.A. BOMKE. 1999. Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments. *Journal of Environmental Quality* 28:194-201.

- BARQUERO, M. 1999. Energía con basura agrícola. La Nación, 30 marzo.
- MURILLO, T. 1996. Manejo de residuos en la industria avícola. In Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (10:8-12 Julio : 1996 : San José), Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. Editores Floria Bertsch, Walter Badilla, Jaime García. 1. ed San José, Costa Rica: EUNED, EUNA, 1996. pp. 65-69.
- NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL ENGINEERING SERVICE. 1992. On- farm composting handbook. R. Rynk, ed. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, Estados Unidos. 186p.
- PRIMENERGY INC. S.f. A cost effective environmentally responsible solution for the use of poultry litter. Tulsa, Oklahoma, Estados Unidos. 3 p.
- SCOTT, P.J. 1997. Review of medium scale energy recovery from poultry litter. ETSU BU/1/00549/03/REP. Energy Technology Support Unit, Department of Trade and Industry, United Kingdom. 46 p.

PALABRAS CLAVES: subproductos, gallinaza, análisis químico

VALORACIÓN NUTRICIONAL DE CERDAZAS DE DIFERENTES ETAPAS PRODUCTIVAS, CERDAZA COMPUESTA Y OBTENIDA DE UN SEPARADOR SÓLIDO-LÍQUIDO. I. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y COMPONENTES FIBROSOS

María Isabel Camacho

Escuela de Ciencias Agrarias Universidad Nacional

Carlos Campabadal

Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la etapa productiva y el tipo de excreta (cerdaza compuesta y cerdaza obtenida de un separador), en la composición química y en los componentes fibrosos de la cerdaza proveniente de cerdos alimentados con una dieta a base de maíz y soya. Las muestras se recolectaron en una porqueriza comercial, en la cual los cerdos se encontraban distribuidos por etapa productiva: iniciación (de 15 a 30 kg de peso corporal), desarrollo (de 30 a 50 kg de peso corporal), engorde (de 50 a 90 kg de peso corporal), gestación y lactación. Para el muestreo se contó con 6 corrales de 25 animales cada uno por etapa productiva. Se recolectaron muestras provenientes de las etapas productivas mencionadas; una muestra compuesta (mezcla proporcional de todas las etapas productivas, de acuerdo a la cantidad de excreta producida por los animales de cada etapa) y muestras de cerdaza provenientes del lavado de los corrales de todas las etapas productivas y transportadas mediante tuberías a un separador, el cual separa la fracción sólida de la líquida (muestra obtenida del separador). Las muestras de cerdaza por etapa productiva y la compuesta fueron recolectadas directamente de los corrales. Se analizaron los contenidos de materia seca (MS, %), proteína cruda (PC, %), extracto etéreo (EE, %), cenizas (Ce), calcio (Ca, %), fósforo (P, %), potasio (K, %), magnesio (Mg, %), sodio (Na, %), cobre (Cu, mg/kg), hierro (Fe, mg/kg), cinc (Zn, mg/kg) y manganeso (Mn, mg/kg). Para el análisis de la pared celular y sus componentes, se determinaron los contenidos de FND, FAD, hemicelulosa, celulosa, lignina y los carbohidratos no estructurales (CNE). La excreta proveniente de animales de pesos inferiores (inicio, desarrollo y engorde) presentó un mayor contenido de proteína cruda y extracto etéreo; y un menor contenido de cenizas, FND, FAD, hemicelulosa, celulosa y lignina ($P \leq 0,0001$) que las excretas de los animales reproductores (gestantes y lactantes), observándose una disminución en el contenido de PC conforme se incrementaba el peso de los cerdos. Este resultado es debido a un mayor contenido de este nutrimento en la dieta de los cerdos de menor peso y a una menor digestibilidad de los nutrimentos por parte de los mismos. Los mayores valores de los componentes fibrosos encontrados en las cerdazas de los animales reproductores, son consecuencia de un diferente contenido y fuente de fibra presente en la dieta de estos animales. La cerdaza del separador mostró un menor contenido de PC (14,69 vs 18,75%), EE (4,42 vs 10,90%), CNE (4,66 vs 18,24%), Ce (9,25 vs 19,29%) y un contenido mayor de FND (68,65 vs 32,77%), FAD (29,93 vs 12,69%), hemicelulosa (21,28 vs 20,07%), celulosa (21,28% vs 6,65%) y lignina (3,19 vs 3,07%) ($P \leq 0,0001$) que la cerdaza compuesta. Este comportamiento fue debido a pérdidas por solubilización en el agua de lavado de los corrales, de los diferentes nutrimentos de la excreta obtenida del separador y a una mayor concentración de los componentes fibrosos en la fracción sólida recuperada en el separador. Las cerdazas provenientes de los animales más pesados presentaron los mayores contenidos de Ca, P, Mg, Na, Fe, Mn, K, y Zn y el menor contenido de Cu. Los resultados obtenidos sugieren que la etapa productiva del cerdo, el método de recolección y procesamiento a que son sometidas las excretas, afectan la composición química y los componentes fibrosos de la cerdaza. Los altos valores de FND y el bajo contenido de CNE encontrados en la cerdaza obtenida del separador pueden limitar el consumo de materia seca y por ende la respuesta animal, cuando este tipo de cerdaza es utilizada en la alimentación animal.

PALABRAS CLAVES: cerdaza, análisis químico, alimentación animal, subproductos

FACTIBILIDAD Y PERSPECTIVAS TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR ORGÁNICO EN COSTA RICA

Marco Chaves

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)

Ana Bermúdez

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

El profundo cambio acontecido con el paso de los años en los gustos y preferencias de los consumidores; así como el desarrollo de acciones de carácter técnico y legal, apegadas a principios ecológicos que procuran establecer un sano equilibrio con el medio ambiente; obligan a revisar lo actuado, reorientar lo necesario, pero sobre todo, a valorar objetivamente las nuevas opciones y oportunidades que en materia comercial surgen en los mercados tanto nacionales como internacionales. En la actualidad, el consumo de productos vegetales resultantes de modelos productivos que no utilicen agroquímicos en su obtención, tiene una fuerte demanda y gozan por lo general, de precios superiores. La demanda de azúcar obtenida bajo esos principios que algunos denominan biológica, natural, orgánica, ecológica, etc, es cada vez mayor en el mundo, por lo que existen interesantes "nichos de mercado" con usuarios dispuestos a adquirirla. Surge sin embargo en este sentido la inquietud ¿Es posible producir caña en Costa Rica sin el uso de agroquímicos? y más aún ¿Puede fabricarse azúcar respetando los mismos principios? Con el objeto de contribuir a dilucidar estos cuestionamientos, se comentan seguidamente varios aspectos técnicos relacionados con el tema. En primera instancia hay que reconocer que a diferencia de otros cultivos, la caña de azúcar posee y dispone de un elevado componente de manejo biológico que es factible operar en virtud de sus características, atributos y propiedades anatómico-fisiológico que le proveen el ser clasificada como una planta con ciclo fotosintético vía " C_4 ". La eficiencia fotosintética en la captación y el uso de la luz; el disponer de un sistema radicular excepcional y vigoroso, dotado de una gran capacidad de exploración y extracción mineral en el suelo, tanto en sentido horizontal como vertical que le permite inclusive su autosuficiencia; su comprobada capacidad de minimizar las pérdidas de agua y mantener un óptimo balance hídrico interno, pues puede metabolizar aún con los estomas cerrados; disponer de una amplia capacidad de tolerancia y adaptabilidad a las temperaturas extremas (mínimas y máximas); así como poseer un gran potencial de adaptación y productividad, como resultado de su condición genética poliploide ($2n=64-124$) que para la especie *Saccharum officinarum* es $2n = 80$ cromosomas, todo lo cual le provee una reconocida rusticidad que la hacen viable de cultivar con éxito aún en condiciones de extrema limitación, tanto en suelos (fertilidad, topografía, pedregocidad, textura), clima (con humedad y temperaturas extremas), manejo, etc. Es así como la caña para la producción de azúcar la encontramos cultivada en Costa Rica en un piso altitudinal que va de 0 a 1.600 msnm, con presencia de temperaturas extremas de 13.5°C (nocturnas en Juan Viñas), a 40°C (máximas, Guanacaste); en condiciones de sequía total (Guanacaste), riego e inundación parcial (Turrialba) o total (ocasionalmente en Guanacaste); con pendientes de 0 (Guanacaste) al 40% (Turrialba); suelos salinos (pH 8,0) y ácidos (pH 3,8), como ocurre en Cañas, Guanacaste y la Zona Sur, respectivamente; suelos de fertilidad elevada (Molisoles) a baja (Ultisoles), con presencia de altas concentraciones de aluminio e hierro (Ultisoles), contenido alto (eutrófico) de bases (Guanacaste) o contrariamente bajo (distrófico), como acontece en Turrialba y la Zona Sur; suelos pesados de textura arcillosa (Vertisoles) o arenosos (Puntarenas); suelos con altos grados de compactación (Guanacaste); la luz (3.0 a 8,5 horas) y la humedad relativa (65-99%) son también muy variables entre localidades. En materia de manejo de las plantaciones las diferencias son igualmente categóricas, pues los niveles de tecnología incorporados se polarizan (baja - alta), existiendo plantaciones marginales sin ningún manejo y no por ello improductivas; algunas queman su materia prima durante

la cosecha, otras no. Igualmente, la mecanización es intensa en algunos casos, en otros ausente o parcial. Todas las referencias anteriores permiten concluir que la caña de azúcar es una planta rústica, muy adaptable (con plasticidad genética), dotada de particularidades que la habilitan para un manejo natural sin el obligado apoyo que requieren otros vegetales de los agroquímicos, para ofrecer alguna posibilidad comercial. La diversidad genética de la caña es amplia y se expresa a través de la disponibilidad de muchas opciones para la siembra comercial, de las cuales hay identificados actualmente 79 clones en el país con algún grado de uso comercial; además de otra gran cantidad en condición de promisorios y en avanzado estado de investigación, todo lo cual hace que las posibilidades de identificar materiales apropiados para un manejo apegado a los principios orgánicos sea perfectamente viable. Otros elementos favorables se unen a esta aseveración, como es el hecho de contar con experiencias reales en las cuales la eliminación de los agroquímicos no ha significado reducciones extremas de productividad. El no empleo de fertilizantes, herbicidas, fungicidas, nematocidas, reguladores de crecimiento e insecticidas, está demostrado en la caña, puede ser sustituido con la relatividad del caso, por otras opciones de manejo también positivas; es así como el uso de fungicidas está prácticamente eliminado, pues las enfermedades se enfrentan y superan por la vía genética, mediante el cambio de variedades susceptibles por tolerantes. Los nematocidas sólo en casos muy extremos han sido necesarios, por lo que están fuera de uso como insumo obligado en la caña, su empleo ha sido ocasional. Lo concerniente al control de plagas resulta también viable, en virtud de que el subsector cañero ha desarrollado un ejemplar sistema de combate fundamentado en la filosofía del Manejo Integrado de Plagas (MIP), en el cual se utilizan clones adecuados y de tolerancia comprobada a las principales plagas, los cuales se tienen plenamente identificados; además hay prácticas mecánicas como la desaporca y la aporca, el manejo racional de las aguas, uso de trampas de luz, plásticos de color impregnados con pegamentos inertes, cebos de caña impregnados con hongos, feromonas naturales y el empleo de controladores biológicos. Actualmente el subsector azucarero dispone y opera tecnología biológica utilizando hongos entomopatógenos de los órdenes *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, existiendo amplia capacidad técnica e infraestructura para operar también otros géneros de hongos si fuera necesario, así como la bacteria *Bacillus popilliae*. También se dispone de experiencia y capacidad en el uso de insectos, principalmente del género *Cotesia flavipes*, lo que amplía la capacidad de complementar el MIP con el control biológico. Las plagas no resultan ser tampoco un problema insalvable, como se tiene en la actualidad suficientemente demostrado. La nutrición del cultivo puede operarse mediante el empleo de recursos permitidos, como son el uso de rocas fosfóricas, CaCO_3 , dolomita, K_2SO_4 y K-MAG; así como fuentes proveedoras de nitrógeno, como son la gallinaza y otras fuentes directas no provenientes de procesos industriales. Caso se opere un proceso de fabricación de azúcar bajo preceptos orgánicos, existirá obligadamente producción de cachaza como residuo del proceso industrial, la cual puede incorporarse en las plantaciones por provenir del mismo proceso productivo. La cachaza ha demostrado poseer gran riqueza nutritiva, lo que ha permitido mejorar sustancialmente los rendimientos agroindustriales cuando se le utiliza con fines fertilizantes. Lo relativo a las malezas puede operarse mediante el manejo de plantas nobles que dominen la población vegetal, el uso de distanciamientos convenientes y el cultivo de variedades precoces cuyo crecimiento sea rápido y por tanto competitivo. Es importante recordar el cuidado y atención que debe prestarse, a la ejecución de prácticas que favorezcan la conservación del recurso más valioso que posee el agricultor: *SU SUELO*; para ello la ejecución de zanjas de contorno, barreras vegetativas, reductores de escorrentía, etc., es fundamental. Se concluye que lo correspondiente a la producción de materia prima es en el campo perfectamente factible, disponiendo la actividad cañera de grandes ventajas, tecnología y experiencias que no poseen otras actividades agrícolas que operan en esta modalidad productiva. Resulta sin embargo saludable, sugerir algunas recomendaciones que aportan ventaja y pueden favorecer el desarrollo exitoso de un proyecto de esta naturaleza: 1) la ubicación del proyecto debe en principio favorecer el aporte o disponibilidad de elementos como: alta fertilidad del suelo, condición climática desfavorable para la presencia y propagación de plagas y enfermedades, pero inductora de alta concentración de sacarosa; 2) el clima debe ser definido,

estable y previsible; 3) los suelos no deben poseer características físico-químicas extremas en lo relativo a: acidez, contenidos nutricionales, texturas pesadas o arenosas, desequilibrios iónicos, compactación, pedregocidad, pendiente, retención de humedad, etc.; 4) la zona debe ser preferiblemente de ciclo vegetativo corto (10-13 meses); 5) debe disponer de suficientes fuentes de agua para satisfacer los requerimientos, tanto agrícolas como industriales; 6) deben identificarse los clones adecuados, evitando utilizar el "entresaque de tallos maduros", por lo que la práctica del "ajecho" o corta por lotes deben ser la norma durante la cosecha; 7) disponer de caminos adecuados resulta importante para asegurar el movimiento y transporte económico del producto y los insumos; 8) la región debe asegurar altas "purezas" de los jugos, lo cual es óptimo en regiones como el Valle Central y algunas localidades de la Zona Sur y Puriscal. Lo concerniente a la fabricación del azúcar resulta más limitado en opciones y experiencias, sin embargo, se reconoce que en principio lo que debe hacerse es mejorar algunos procesos industriales desarrollados por la actividad del dulce o panela; esas experiencias adquiridas a través del ejercicio de muchas décadas contribuyen significativamente a lograr éxito en las actividades propias de producir azúcar orgánico. El método convencional de producción del azúcar blanco de mesa para el consumo humano, utiliza químicos básicamente en las fases de clarificación y cristalización del azúcar. Esto en consideración de la gran cantidad de impurezas y contaminantes que por lo general trae la materia prima (caña) procedente del campo, sobre todo cuando esta se quema, lo que hacen necesarios el uso de productos bactericidas para evitar la inversión de los azúcares en la etapa de molienda y extracción; además se emplea azufre (piedras calcinadas) para separar las impurezas del jugo, lo cual se complementa con el uso de cal (60%) que forma el sacarato de calcio al precipitar las impurezas; así como también otros floculantes, todo dirigido a alcanzar una buena clarificación. El uso de ácido fosfórico es opcional aunque caro, complementándose con el azufre que resulta más viable. Durante la fase de cristalización se utilizan tensoactivos que evitan la solubilización de la sacarosa, lo cual se contraponen e inhiben la normal cristalización del azúcar. El área industrial del proceso debe en primera instancia definir si lo que pretende producir es azúcar orgánico blanco (con bajo color) o crudo, puesto que ello establece límites técnicos muy diferentes que deben atenderse y superarse según sea la opción. Uno de los principales obstáculos como se indicó, es eliminar bactericidas en el proceso, lo cual requiere de acciones que inician en el campo y finalizan en la fábrica. Para ello debe primeramente asegurarse que la caña llegue bien limpia al ingenio, sin materia extraña (basura), lo cual obliga a la eliminación previa de material no azucarado como hojas, cogollo, raíces, tierra, malezas, etc.; pareciera entonces muy recomendable el lavado de la caña antes de su molienda. Debe evitarse al máximo que la caña toque el suelo durante su corta en el campo, con el objeto de evitar su contaminación bacterial (dextranas). Asimismo, la corta y molienda deben realizarse en un plazo que no supere las 48 horas, preferiblemente durante las primeras 24 horas luego de cortada. Resulta esencial el uso de vapor aplicado a los molinos, con el objeto de eliminar (desinfección por calor) parte del problema de contaminación bacterial. Para eliminar impurezas, es recomendable el empleo de filtros físicos en el tratamiento del jugo durante la clarificación; así por ejemplo, se recomienda el uso del DSM como filtro para retener el "bagacillo" luego de la molienda. La clarificación debe mejorarse a través de procesos físicos, pues los químicos están desautorizados por los principios orgánicos. Es importante revisar la posible aceptación de resinas inertes (polímero) por parte de los certificadores orgánicos, como sería el empleo del nuevo método mejor conocido como ABC. De todas formas, el empleo de materiales vegetales como el mozote en la clarificación de los jugos continua siendo una muy buena opción. El problema de la clarificación y propiamente del color del azúcar, se encuentra ubicado en la presencia de pigmentos naturales como la clorofila y las antocianinas contenidas en el jugo, motivo por el cual, no se recomienda usar agua caliente en el proceso de imbibición del bagazo, para evitar la extracción de los mismos. Es importante señalar la estrecha relación que existe entre el color del producto final y su grado de polarización: a mayor color dado en unidades INCUMSA mayor polarización y mayor valor comercial. La definición del color aceptado es como se indica muy importante, puesto que

aceptar la baja coloración (300 o menos unidades INCUMSA) implica un mayor esfuerzo de clarificación y consecuentemente un mayor costo económico; parecieran recomendables límites de 450 a 500 unidades, aunque como se indicó, el mercado es el que define el color que desea (+ unidades + color – blancura). Debe reiterarse la importancia de que la materia prima posea alta pureza, lo que favorece el proceso. Se infiere de todo lo anterior, que la mayor dificultad está en lograr una buena clarificación del jugo extraído y una cristalización favorable, lo cual en cierta forma y con menor eficiencia, ha sido superado por los fabricantes de dulce, lo que provee expectativas positivas en ese sentido. Se concluye y recomienda la posible verificación de los procesos y procedimientos técnicos desarrollados en la producción de azúcar orgánico, operados en países que poseen experiencia y colocan producto de esa categoría en los principales mercados internacionales; entre dichos países se tienen Paraguay, Venezuela, Colombia, República Dominicana y EUA, entre otros. Se sugiere asimismo, establecer un protocolo donde se ubiquen en forma continua, sistemática e integral, los principales elementos que determinan la producción de caña y la fabricación de azúcar bajo criterios orgánicos; deben definirse los requerimientos de certificación aceptados y reconocidos internacionalmente; así como los criterios y requerimientos técnicos involucrados en la transición de las plantaciones del sistema tradicionalmente usado al orgánico. Resulta urgente la promulgación de una directriz nacional en torno a la agricultura orgánica en general, que defina y clarifique todos los aspectos que conduzcan a una actividad rentable y competitiva.

PALABRAS CLAVES: caña de azúcar, fertilización, agricultura orgánica, azúcar orgánico

MICROPROPAGACIÓN DE TECA (*Tectona grandis*)

Ana Abdelnour y Anabelle Muñoz

Centro de Investigación en Biotecnología, Cartago, Costa Rica. Fax: (506) 551-53-48

La teca (*Tectona grandis*) es una de las especies más recomendadas para la reforestación de tierras con vocación forestal y junto con la melina cubre el 80% del área reforestada en Costa Rica. Su madera se considera de primera clase ya que combina cualidades como dureza, durabilidad y resistencia al ataque de termitas. Tiene usos múltiples en construcción y en carpintería en general. La necesidad de selección genética para incrementar la calidad de las plantaciones y la búsqueda de metodologías eficientes de propagación clonal, que pudieran asegurar uniformidad y altos volúmenes de los materiales de siembra, motivaron el inicio de la experimentación con las técnicas del cultivo de tejidos. El presente trabajo tuvo como objetivo establecer la metodología básica para la micropropagación de teca. Como material inicial a introducir en condiciones asépticas, se utilizaron brotes provenientes de plantas adultas y brotes de estacas enraizadas y mantenidas en condiciones de invernadero. Estas últimas se asperjaron con agrimicín + benomil (1 g/L de cada uno) dos veces por semana antes de ser utilizadas. Se evaluó la eficiencia del cloruro de mercurio (HgCl_2), el hipoclorito de calcio (CaOCl), y la mezcla de agrimicín+benomil como desinfectantes. Tanto para la etapa de brotación de yemas, como para las de multiplicación y enraizamiento *in vitro* se utilizó el medio de cultivo MS enriquecido con citocininas (TDZ, BA, i^6Ade y K) y auxinas (AIA y AIB). Para el enraizamiento *ex vitro*, los brotes producidos fueron enraizados y aclimatados en propagadores, en la finca donde se llevaría a cabo la siembra definitiva (Garza, Guanacaste). Para el establecimiento *in vitro* de los brotes provenientes de plantas adultas, se hizo indispensable la desinfección con HgCl_2 al 0.5%. Cuando los brotes provenían de las estacas mantenidas en condiciones de invernadero, la incubación en la mezcla de agrimicín + benomil durante 90 min, seguida de la utilización de CaOCl resultó en los mayores porcentajes de explantes asépticos. La brotación de las yemas se vió estimulada por la adición de los reguladores de crecimiento al medio de cultivo, siendo el BA (0 a 15 mg/l) el que resultó más eficiente. Los brotes producidos durante la fase de iniciación fueron seccionados y se utilizaron segmentos de un nudo como explantes para la multiplicación. Todas las citocininas evaluadas estimularon la multiplicación de los explantes. El grado de eficiencia dependió del regulador del crecimiento utilizado y la dosis, obteniéndose los mejores resultados al utilizar combinaciones de BA y AIA. Para el enraizamiento *in vitro*, la utilización del MS con la concentración de sales diluida a la mitad, indujo la producción de raíces en

el 18% de los brotes tratados; pero la adición de AIB al medio de cultivo y el cultivo de los brotes en la oscuridad, por 48 h, incrementó el porcentaje de enraizamiento al 83%. El tratamiento de los brotes con auxinas no fue necesario durante el enraizamiento *ex vitro*, obteniéndose un porcentaje de enraizamiento de 96%. Con esta práctica se acortó considerablemente el periodo comprendido entre la introducción del material al cultivo *in vitro* y su siembra definitiva en el campo. Las plantas producidas fueron sembradas en el campo, en un ensayo comparativo con material proveniente de semilla sexual y de estacas enraizadas por métodos tradicionales. Las plantas producidas *in vitro* muestran buen crecimiento y tallos más erectos. Estos resultados demuestran la factibilidad de utilizar las técnicas del cultivo *in vitro* para la propagación clonal masiva de la teca. Actualmente, la metodología desarrollada está evaluándose en los diferentes materiales genéticos de teca, promisorios para su utilización comercial.

PALABRAS CLAVES: teca, *Tectona grandis*, cultivo *in vitro*, biotecnología, clonación forestal

ENSAYOS DE PROPAGACIÓN VEGETATIVA EN CIPRÉS (*Cupressus lusitanica* MILL.)

Silvia Sánchez y Olman Murillo

Programa de Mejoramiento Genético y Conservación de Especies de Altura de Costa Rica.
Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. FAX: 591 3315.
OMURILLO@ITCR.AC.CR

La presente investigación tuvo como objetivo general mejorar la metodología de propagación vegetativa para ciprés. Específicamente se propuso comparar el grado de rizogénesis de estacas provenientes de material de distintas edades, evaluar el efecto de topóffisis, de dosis de AIB y de diferentes enraizadores comerciales. Además, se determinó la mejor técnica de injertado para esta especie. Las investigaciones se realizaron en el vivero forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. La primera fase incluyó todas las pruebas de enraizado efectuadas donde se contempló el análisis del efecto de topóffisis (estacas distal e intermedias), concentración de AIB (0, 1000, 1500, 2000, 2500 y 3000 ppm), edad (4 meses, 1,5 años y 2,5 años), tipo de sustrato (arena y turba) y enraizadores comerciales (Agrotec, Dip'n grow, Agrirroot, Rootone, Raizal y Hormoagro # 1). Se evaluó también el efecto de estas variables en la calidad del enraizado y el número de raíces. Tanto el sustrato como el material vegetativo fueron previamente desinfectados con una disolución de Kilol y Benlate a razón de 1 gr y 2.5 ml por litro de agua. Las pruebas de enraizado se monitorearon durante once semanas y fueron establecidas bajo los diseños experimentales Bloques Completos al Azar y el de Parcelas Divididas, con cuatro repeticiones en cada experimento. La unidad experimental fue de 10 plántulas. En todos los casos se utilizaron bandejas plásticas para almacigo con 60 perforaciones. Con relación a la rizogénesis de las estacas, el porcentaje más alto se produjo empleando AIB 1000 ppm (45%) y con el producto comercial Agrotec (30,83%). El sustrato arena produjo los mejores resultados aunque no significativamente superiores a la turba. La topóffisis de la estaca no presentó mayor efecto sobre el proceso de rizogénesis. Las estacas de ramas primarias enraizaron ligeramente en mayor proporción a los precedentes de ramas secundarias. La edad si fue un factor determinante, a mayor edad menor fue el grado de respuesta del material. Por lo que en general los enraizadores fomentan y aceleran el proceso de rizogénesis en ciprés, sin embargo esta especie es capaz de enraizar hasta un 20% sin necesidad de someterla a tratamientos con reguladores de crecimiento. En los ensayos de injertado se evaluaron tres técnicas, a saber: Hendidura Diametral, Dyson y Dyson de Doble contacto. El diseño estadístico aplicado fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y 10 injertos por unidad experimental. El ensayo fue monitoreado durante 8 semanas. El mayor prendimiento se obtuvo mediante la técnica Dyson de Doble contacto (92,50%), con lo que se comprueba que es posible propagar vegetativamente yemas de ciprés mediante su injertado.

PALABRAS CLAVES: rizogénesis, reguladores de crecimiento, injertado, ciprés

EXPERIENCIAS CON PRÁCTICAS AGROFORESTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN COSTA RICA

A. Schlönvoigt y P. Chesney

CATIE, Turrialba. Tel (506)556 6418, Fax (506) 556 1576, aschlönv@catie.ac.cr, pchesney@catie.ac.cr

La producción convencional de hortalizas en las laderas de Costa Rica contribuye notablemente al deterioro ambiental. Las practicas agroforestales con árboles fijadores de nitrógeno como el poró (*Erythrina poeppigiana*), el madero negro (*Gliricidia sepium*) y la caliandra (*Calliandra calothyrsus*) han demostrado un alto potencial en conservar el suelo en sistemas de producción de granos básicos, raíces y tubérculos. Sin embargo, su aplicación para la producción de hortalizas es incipiente. Actualmente el CATIE está investigando el uso de soportes vivos para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en laderas.

Con el objetivo de pre-seleccionar especies arbóreas como soporte vivo, se realizó un estudio de invernadero, donde se aplicaron tres tipos de biomasa (poró, madero negro, caliandra) al cultivo de tomate, con tres formas de aplicación: mulch sobre suelo (MSS), mulch cubierto con suelo (MCS) y biomasa mezclado con suelo (BMS). En los tratamientos MCS y BMS se detectó un aumento en la producción de biomasa de tomate y la densidad de raíces finas a los 77 días en comparación con el tratamiento MSS y el control (sin aplicación de biomasa). Con las especies de los árboles, no se detectó efecto significativo sobre la producción de biomasa total; la producción de hojas fue mayor con poró.

En enero 1998, se estableció un ensayo de campo de tomate en rotación con maíz (*Zea mays*) utilizando madero negro y poró como soportes vivos y bambú como soporte muerto. La biomasa de las podas de los árboles se cubre con suelo al momento de realizar los aporques al tomate. El tomate produce mayor cantidad de biomasa con soportes de poró, seguido por madero negro y del control. Sin embargo, en las parcelas con poró se observó un mayor número de plantas afectadas por Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), mientras que en las parcelas con madero negro hubo más marchitez por *Pseudomonas solanacearum*.

Se concluye que los soportes vivos de poró pueden tener un impacto importante sobre la producción de tomate. La biomasa de los árboles se debe amontonar sobre los surcos del tomate y cubrirla con suelo, aprovechando los trabajos del aporque del cultivo. Todavía, hay que estudiar el manejo de la sombra de los árboles para reducir la competencia por luz y la incidencia de tizón tardío y como se promueve la restauración de los suelos.

SISTEMAS
AGROFORESTALES

PALABRAS CLAVES: soporte vivo, tomate, biomasa, agroforestería

EFFECTO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ARBOLES DE LAUREL (*Cordia alliodora*) SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA PALMITO-LAUREL

Johnny Montenegro

MAG, Dirección de Investigaciones Agropecuarias, Tel 556-0171, Fax=556-0140

Antonio Bogantes

MAG, Dirección de Investigaciones Agropecuarias, Tel. 710-7851, Fax=710-7854

Se determinó el efecto de diferentes densidades de siembra de laurel sobre la producción y el rendimiento económico del sistema palmito-laurel. El trabajo se desarrolló en una finca comercial (Hereditaria de Siquirres, Limón), con 4.000 cepas/ha y árboles de laurel provenientes de regeneración natural. Las malezas se controlaron con herbicidas y rodaja con machete a cada cepa. La fertilización se basó en nitrógeno (730 kg/ha/año). Entre junio de 1997 y julio de 1998 se evaluaron tres tratamientos: T1= Parcela sin árboles, T2= Parcela con 92 árb/ha, T3= Parcela con 370 árb/ha, y tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó un diseño irrestricto al azar, y la prueba de Tuckey para comparar las medias. Se determinó la producción y distribución de palmitos en el tiempo, luz fotosintéticamente activa (LFA) e hijos/cepa. En los árboles de laurel se determinó la altura total (m) y diámetro a la altura del pecho (DAP, cm).

La producción de palmito fluctuó en el tiempo, lográndose mayor producción en abril ($P=0,0883$) y julio ($P=0,0001$), y mayor rendimiento anual ($P=0,0117$) en T1 (7.800) y T2 (6.160). La menor producción se presentó en T3 (3.760).

La LFA en el dosel de las plantas con mayor densidad de árboles fue menor ($P=0,0053$). En el estrato medio (1,0 m de altura), la LFA fue mayor ($P=0,0194$) en el tratamiento sin árboles. En el estrato basal no existieron diferencias entre tratamientos. Se determinó correlación positiva entre LFA en el dosel y producción de palmito ($P=0,0415$, $r^2=0,68$), y entre LFA del estrato medio y producción de palmito ($P=0,0164$, $r^2=0,76$). La mayor cantidad de hijos/cepa se determinó en T1 ($P=0,0216$). El ingreso por venta de palmito (¢67,5/unidad), fue en T1 ¢526.500, en T2 ¢415.800 y en T3 ¢253.800. El valor total de la madera en pie (¢40/pulg), corresponde a ¢570.265 en T2 y a ¢708.411 para T3. Al distribuir este valor en el tiempo de crecimiento de los árboles y adicionarlo a la venta de palmito, los sistemas de producción estarían generando/año T1 ¢526.500, T2 ¢472.826, y T3 ¢324.641.

Se concluye que la presencia de árboles de laurel en altas densidades afecta negativamente la producción de palmito y deprime el ingreso del productor.

PALABRAS CLAVE: palmito agroforestal, producción de palmito, aspectos económicos.

COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL DURAZNILLO-NARANJILLA

Javier Monge y Renán Agüero

Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos (CIPROC), Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Los sistemas agroforestales se caracterizan por permitir la obtención de una mayor cantidad y variedad de beneficios que lo que ofrece los monocultivos. Dependiendo de la complejidad del sistema, puede aprovecharse la función de los árboles (rompevientos, enriquecimiento del suelo, etc.), así como los productos que generen (leña, madera para diversos usos, resinas, etc.) y aquellos provenientes de los componentes agrícola y pecuario.

Los sistemas agroforestales están constituidos por un componente forestal y un componente agrícola o pecuario, o ambos. Sin embargo, este tipo de sistemas de producción no es la simple unión o traslape de estos componentes en el espacio o el tiempo, sino que al establecerse un sistema agroforestal se requiere una modificación de la estructura de los monocultivos de tal manera que los componentes cumplan con las funciones y los objetivos de producción.

Aún cuando se dispone de información básica de los costos de establecimiento de los componentes de los sistemas agroforestales cuando éstos se tienen como monocultivos, por las modificaciones que sufren es conveniente disponer de dicha información proveniente del tipo de sistema de producción de interés. Los costos principales del establecimiento de un sistema agroforestal, constituido por un componente forestal y otro agrícola, se pueden agrupar en tres grandes actividades: a) Preparación del terreno; b) Establecimiento de la plantación forestal y c) Establecimiento del cultivo.

En el cantón Vázquez de Coronado, Provincia de San José, se estableció un sistema agroforestal, en terrenos que anteriormente eran utilizados como potreros. Este sistema agroforestal tiene como componente forestal, el duraznillo (*Prunus annularis*) y como componente agrícola, la naranjilla (*Solanum quitoense*).

Los resultados obtenidos indican que el costo de: a) la preparación del terreno (eliminación de árboles aislados y marcaje de terreno, así como el valor de materiales) fue de ₡28500/ha; b) el establecimiento de la plantación forestal (compra y transporte de árboles, preparación del sitio donde se plantó cada uno, abono y resiembra) fue de ₡128200/ha; y c) el establecimiento del cultivo de naranjilla (compra y transporte de plantas, preparación de sitio donde se ubicó cada planta y abono) fue de ₡261450/ha. De esta manera, se tiene un costo total para el establecimiento del sistema agroforestal duraznillo-naranjilla de ₡418150/ha. Estos valores no deben considerarse como definitivos, ya que las posibilidades de cada productor podría inducir a cambios en los costos de establecimiento de este mismo sistema de producción, ya sea, aumentándolos o reduciéndolos.

PALABRAS CLAVES: *Prunus annularis* - *Solanum quitoense* - Sistemas Agroforestales

LA CRÍA DE MARIPOSAS: UNA INDUSTRIA AGRÍCOLA MARAVILLOSA EN PAPEL

Joris A. Brinckerhoff

Presidente Suministros Entomológicos Costarricenses, S.A. Frente Club Campestre Los Reyes La Guácima de Alajuela, Tel: (506) 438-0400, Fax: (506) 438-0300, e-mail: joris@butterflyfarm.co.cr, Internet: www.butterflyfarm.co.cr

ABSTRACTO

La cría de mariposas como una actividad comercial con fines lucrativos fue iniciada en Costa Rica en 1984. La primera empresa de su naturaleza en América Latina, Suministros Entomológicos Costarricenses, S.A. (SECSA) encontró un mercado mundial casi no existente, hasta \$6.000 anuales, y una burocracia gubernamental esceptica y poco preparada para apoyar un proyecto interesado en la comercialización de la vida silvestre costarricense. Hoy día, la industria "mariposera," vista en la forma mas amplia incluyendo exportaciones de pupas, entradas a las exhibiciones públicas, y ventas de artesanía, probablemente contribuye ingresos en exceso de un millón de dólares al año al país y representa el ingreso principal de más de 200 familias costarricenses. Todo esto mientras que la industria esta por necesidad promoviendo la siembra de plantas hospederas y flores, soltando mariposas en mayor cantidad que estan siendo capturadas, y fomentando un sentido de dependencia en la integridad del bosque entre los criadores. El papel del gobierno en fomentar esta actividad no ha sido pequeño. Se ha adaptado varias leyes para que sea factible que la cría de mariposas llegara a ser una actividad rentable. Sin embargo, es la opinión de este autor que se puede hacer más en promover la actividad.

¿Porqué la cría de mariposas?

En el momento que estamos entrando al siglo XXI los síntomas de ambientes deteriorados en todas partes del mundo son obvios. En nuestra búsqueda para comida, casas y los materiales crudos necesarios para sustener nuestras economías modernas y estilos de vida, nuestros intereses de corto plazo han estado soportados en cambio por la viabilidad de largo plazo de nuestro planeta. Uno de los muchos desafios en nuestra época es descubrir y desarrollar industrias, tecnologías, formas de vivir e incluso economías que minimizan los efectos de nuestra presencia en la Tierra. La cría de mariposas, era percibida, como una industria pequeña dentro de su potencial.

A El impacto ecológico de un programa bien diseñado sería casi cero. De hecho, la cría de mariposas sería beneficioso para el ambiente dado que se requiere la siembra de plantas hospederas, flores, una interacción constante con un ambiente sano y la liberación de más mariposas que se necesita recolectar de la naturaleza.

- B. Siendo una industria basada en las zonas rurales, la cría de mariposas podría fomentar el empleo rural y suministrar ingresos competitivos para poblaciones rurales.
- C. La tecnología es fácilmente entendible por personas de casi cualquier nivel educacional.
- D. Poco o ningún equipo o repuestos caros se necesitan estar importados.
- E. La inversión inicial puede ser pequeña. Es probable que la mayoría de los criadores nacionales construyeron sus viveros con una inversión menos de los \$2.000.
- F. Consistente con los propósitos del gobierno de Luis Alberto Monge a los medianos de los años 80 de promover la exportación de productos no-tradicionales, la cría de mariposas contribuiría a una economía más diversificada.
- G. Una finca de mariposas exportaría la mejor cara que existe de Costa Rica – su fauna extraordinaria.

Aunque Costa Rica ha hecho mucho para proteger sus recursos naturales por medio del sistema de parques naturales, en 1982 no existía ningún ejemplo de maneras viables comercialmente de como aprovechar el bosque en una manera benigna. Era esperado que la cría de mariposas podría servir como un modelo de como aprovechar la diversa flora y fauna de Costa Rica.

Historia de la Industria de Mariposas

El negocio en mariposas e insectos no es novedoso. Por casi dos siglos ha existido gran interés en las mariposas. Durante la época Victoriana se recolectaba mariposas por todo lado del mundo con el fin de identificar y ordenarlas. La recolecta de mariposas, particularmente en este siglo, por parte de individuos entusiastas en formar sus propias colecciones ha tenido gran aceptación. La cantidad de biólogos, entomólogos y otros quienes desarrollaron su interés en el mundo natural por medio de recolectar mariposas es incontable. Hoy día existen muchos profesionales quienes negocian “materia muerta” – mariposas generalmente recolectadas directamente desde el bosque — haciendo posible que por un precio individuos crean sus colecciones con especies exóticas del mundo entero. También existe demanda para mariposas para realizar arte. Esto no solo consiste de colocar mariposas disecadas en marcos. Se extiende desde arte sumamente sofisticado con dibujos y diseños hechos con las alas de mariposas hasta la colocación de mariposas adentro de sillas de inodoros plásticos transparentes.

En el años 1977 un señor en Inglaterra pensó en crear una exhibición de mariposas vivas en la isla de Gournsey. Así, pensó, los turistas tendrían algo que hacer cuando llueve (y llueve mucho en Gournsey). Se pudo adquirir unas pocas pupas desde el sureste de Asia como habían algunos individuos quienes estaban exportando a aficionados de la entomología. En contraste al desarrollo de la mayoría de las empresas nuevas, las cuales normalmente incuren en perdidas por los primeros años de operaciones, dicha exhibición en Gournsey logró ganancias a partir del primer año. Así la idea de construir exhibiciones de mariposas logró cierta aceptación entre los círculos de "venture captialists" y se empezó la construcción de mariposarios por muchos partes de Gran Bretaña. En el año 1989 existían alrededor de 60 exhibiciones de mariposas. Hoy día son mucho menos, pero son muy bien ubicadas, desarrolladas y consolidadas.

Dado el éxito que logró la industria de mariposas en Inglaterra, muchos vieron el terreno fértil de los Estados Unidos. Ciertos dirigentes de la industria en Inglaterra hablaban de dividir Norte América en cuadros, en un grid, e iban a construir exhibiciones de mariposas de costa a costa. Aunque nada parecido sucedió así, desde 1988 cuando la primera exhibición norteamericana fue establecida, muchas instituciones como zoológicos y museos de historia natural han creado sus propias exhibiciones de mariposas.

La demanda para mariposas vivas sigue en aumento mientras que hayan mas exhibiciones siendo construidas. Sin embargo, la oferta de mariposas al mercado, de diferentes rincones del mundo, esta creciendo muchísimo más rapido. Por el exceso de oferta, la presión para disminuir los precios es considerable.

Desarrollo de la Industria en Costa Rica

Antes de 1984 la cría de mariposas se limitaba a unos cuantos Costarricenses quienes criaron mariposas como afición y estudios científicos. Notablemente entre estos señores eran Ruben Canet, Isidro Chacón del Museo Nacional y Rolando Cubero.

Costa Rica era el primer país de América Latina en exportar mariposas vivas. En 1984 el mercado mundial para pupas de mariposas neotropicales consistia de un solo señor en Birmingham, Inglaterra quien pudo ofrecer un mercado de hasta \$6.000 por año. De esta "oportunidad", detrás de una casa en Pozos de Santa Ana, y sin empleados nació Suministros Entomológicos Costarricenses (SECSA).

La transferencia de tecnología a sido notable en la industria de mariposas. Por medio de ex-empleados de Suministros Entomológicos Costarricenses, ex-empleados de ex-empleados, y vecinos, amigos y parentescos de estes señores, ha crecido una gran cantidad de personas quienes han tomado la iniciativa de aprender como criar mariposas.

Hoy día SECSA trabaja con unos 115 criadores, mayormente campesinos viviendo en zonas rurales, quienes están ubicados en diversos puntos del país. Se estima que están por lo menos 200 familias costarricenses quienes están recibiendo sus ingresos principales de la cría de mariposas, la exportación de las cuales está siendo facilitada por unos 5 exportadores. Sin duda alguna, entre todos los tipos de zocriaderos que existen en el país hoy en día — cocodrillos, pájaros, tepezquintle, iguanas, etc. — la cría de mariposas es hasta la fecha la más exitosa.

El Mercado Internacional para Mariposas

El mercado internacional para mariposas se divide en dos. Por un lado está el mercado para materia muerta — mariposas empacadas en sobres o montadas en cuadros. Casi la totalidad de este mercado está suministrado por individuos quienes recolectan y extraen las mariposas directamente de la naturaleza. Este mercado no tiene ningún impedimento de entrada o salida. Se puede entrar con solo una red de recolectar (o mejor una red de niños indios) y conociendo un cliente dispuesto a comprar material que captura. Los ingresos por unidad son mínimos. Un precio promedio por unidad puede estar en tal vez unos \$0.50 por espécimen, mucho más que sea raro y deseable en el mercado.

Hay personas quienes piensan mal de esta forma de trabajar. Es un negocio de sobrevivencia. Deja muy pocas ganancias y promueve la actitud de que hay que extraer todo lo que se puede del bosque. ¿Cómo puede uno pensar bien de un negocio totalmente basado en la extracción del bosque? Tal vez a primera vista esto no tiene mucho sentido. Sin embargo, la verdad es que tiene mucho sentido. En las zonas tropicales, mientras que los bosques y hábitats se encuentran sanos, es imposible sobrecolectar mariposas. Si uno recolecta todos los adultos en un bosque (si no quiere esto fuera posible), se disminuiría la población de depredadores. En turno, esto dejaría la población de las mariposas a volver. Así, la madre naturaleza siempre busca el equilibrio.

Una empresa notable en la comercialización de las mariposas extraídas de la naturaleza se encuentra en Chiapas, México. Todos los índices sociales son horribles. Hambre es un hecho de la vida para muchos. La comunidad vive en la proximidad de bosques, los cuales pueden cortar con beneficios de corto plazo o dejar. Montes Azules es una cooperativa que está poniendo a la gente a trabajar recolectando mariposas en la naturaleza, con el propósito de vender las mariposas muertas. El impacto que tienen en las vidas de mucha gente es grande. *A la vez, saben que pueden recolectar indefinitivamente, sin ningún efecto a las poblaciones de mariposas en la zona, siempre y cuando no cortan el bosque.*

Por el otro lado, desde hace 20 años, se encuentra el mercado para mariposas vivas (pupas). Este industria, la cual no tiene nada que ver con la de materia muerta, se

caracteriza por mucha inversión en infraestructura y mano de obra, una relación enteramente simbiótica con la madre naturaleza, y una fuente de ingresos estable y atractivo para aquellos quienes lograr su producto en el mercado. En contraste al mercado de materia muerta donde el mercado (los compradores) son sumamente descentralizados, la cantidad de personas quienes compran mariposas vivas en una escala comercial y sostenida es sumamente reducida.

La industria de mariposas es demasiado dispersa para cantificar sus ventas al nivel mundial en dólares. Una estimación generalmente aceptada para el mercado de materia viva es alrededor de los \$5 millones. La suma en ventas mundialmente para materia muerta es un número muchísimo mayor. Es decir, que el mercado para mariposas sólo es demasiado pequeño para hacer un impacto en la conservación del bosque tropical. Sin embargo, si fuera posible a generar otras industrias de zocriaderos parecidos, tomados en conjunto tal vez no podrían ignorar su afecto para la conservación.

La Situación Actual en Costa Rica

Aprovechando su variedad de clima, el apoyo oficial del gobierno, la extensa biodiversidad y y una gran cantidad de personas con espíritu de “entrepreneur”, Costa Rica hoy día es un líder mundial en la cría de mariposas. En el Hemisfero Occidental, no hay ningún país que se compara con la cantidad de criadores, calidad de la producción o la imagen de servicio.

Por lo general la industria de la cría de mariposas en Costa Rica es muy saludable y deja poco por cambiar. Con más de cien criadores y media docena de exportadores, la posibilidad de “explotación” es no existente. Todos los jugadores en el campo se encuentran con amplias alternativas y la industria es sumamente competitivo. Los ingresos estan llegando en su mayor parte a los criadores en las zonas rurales, haciendo un impacto economico significativo. El incentivo para buscar nuevas especies es muy fuerte. Dado el axioma, “El éxito fomenta el éxito,” se espera que Costa Rica podrá seguir en su buen camino.

No solo contento con la exportación de mariposas vivas, los “mariposeros” de Costa Rica también se han aprovechado del turismo. Empezando con The Butterfly Farm, abierto en 1990, ya existen docenas de exhibiciones en casi todo rincon del país. Por su población, no sería sorprendente si resultara que Costa Rica cuenta con más exhibiciones de mariposas por persona que cualquiera país en el mundo. Igual como sucedió en Inglaterra hace 20 años, no se sabe lo que va a resultar a lo largo. Pero es un hecho que existe amplio interés en el desarrollo de exhibiciones de mariposas.

La apertura de las mariposas tiene múltiples beneficios. Uno, obviamente, es que estimula el interés del público en el sector, lo cual de otra manera se quedaría invisible.

También, si la exhibiciones están bien equipados para la educación, pueden tomar un papel importantísimo en despertar el interés de nuestros niños en el mundo natural en su alrededor. Tercero, por medio de sus tiendas de souvenirs, las exhibiciones pueden tener un afecto importante en el estímulo de la artesanía casera. Mariposas (criadas!) en cuadros, textiles, pinturas, diapositivos, cerámica, etc. son solo algunas cosas que se puede vender en las tiendas. Es la creencia de este autor que se queda muchísima potencial en fomentar la artesanía local por medio de las exhibiciones.

Formalidades y Controles

La ley gobernando la vida silvestre en Costa Rica es muy sencilla. Es tan sencilla que debe estar replicada en el resto de los países de la región. La ley dice que uno se puede comercializar cualquier vida silvestre que uno desea siempre y cuando este criada en cautivero bajo la supervisión de la Dirección General de Vida Silvestre del MINAE. Para cumplir con los requisitos de la DGVS, uno tiene que presentar un plan de manejo que demuestra que el criador sabe lo que esta haciendo y que los animales estarán adecuadamente manejados. También, se necesita un contrato ligando los servicios de un biólogo regente a inspeccionar el proyecto regularmente y informar a las autoridades competentes de cualquier anomalía.

Problemas

Costa Rica ha logrado mucho éxito con respeto a la industria de mariposas por medio de su ubicación fortuita y a la vez sus políticas sabias. Con 25% del país protegido en alguna forma y 5% de la biodiversidad mundial entre sus fronteras, no hay ningún país en el mundo que puede aprovechar mejores recursos que tenemos aquí. A la vez el sistema de telecomunicaciones es excelente. Y más importante de todo, el gobierno de Costa Rica verdaderamente quiere que los zoocriaderos prosperen y los promueven. El impuesto de exportación de mariposas, un 3% del valor del producto, es justo y manejable. La papelería, aunque sea mucho para micro-empresas, es consistente con los requisitos en otros países desarrollados. Incluso, el personal de la DGVS han estado atento a los problemas de la industria y siempre hemos podido encontrar terreno intermedio para cumplir con las necesidades de las dos partes. Ojalá que siempre sea así.

Los problemas son mínimos, y diría que no son problemas tanto sugerencias para cambios futuros en los reglamentos.

Las leyes gobernando la administración eran hechos principalmente con los mamíferos en mente. Sin embargo, los insectos forman un mundo totalmente distinto. Cuando se trata de insectos, y incluso arachnidae (alacranes y arañas), opino que se puede desarrollar leyes mejor enfocado. Entre ellos diría:

1. Actualmente, no se puede recolectar en lo absoluto en Costa Rica sin ser científico afiliado con alguna institución de renombre internacional. En el caso de los insectos,

- yo creo que con la excepción de unos ciertos especies, uno debe poder conseguir permiso para fines personales, siempre con estipulaciones de cantidades y de donde se puede recolectar. El daño a las poblaciones sería cero. Podría representar una fuente de ingresos para DGVS en la forma de venta de permisos. Ayudaría en estimular el interés en la biología en general y las riquezas naturales que tenemos aquí. Y por fin, si la gente desea recolectar, lo van a hacer sin tomar en cuenta de la ley en todos casos. Es mejor conducir esos esfuerzos, lo mas que se puede.
2. El mercado de mariposas está saturado. Lo que está sucediendo en Costa Rica es que estamos construyendo más mariposarios sin estar ofreciendo novedades al mercado o la industria de zoocriaderos mismo. Estoy convencido que, dado la experiencia que Costa Rica posea en la cría de mariposas, las riquezas de su biodiversidad, y el apoyo del gobierno a promover los zoocriaderos, que estamos perfectamente posicionado a extendernos en una gran variedad de otros invertebrados – jupalpalos, mantis, cucarachas grandes, alacranes, “lightening bugs”, picacaballos, etc. El mercado no es tan grande en este momento, pero nunca se sabe. Hace 15 años muchos reuyeron de la idea de criar mariposas. Hoy mariposas generan \$1 millón cada año para Costa Rica y representa la fuente de empleo principal para muchas familias costarricenses. Trabajando en conjunto con la DGVS, con leyes que fomentan este tipo de actividad, se puede avanzar mucho en este terreno tan fértil.
 3. A pesar del hecho que el mercado esta saturado, existen individuos y organizaciones quienes opinan que se necesitan más criadores todavía. El Instituto Nacional de Aprendizaje, la Universidad Nacional y la Sociedad Xerces, entre otros, están activamente promoviendo la cría de mariposas por medio de cursos o consultaría. Es fácil escribir todas las razones porque el país debe promover la cría de mariposas, pero sin primero enfrentar la pregunta, “¿Quién las va a comprar?”, dejarán gente decepcionada.

Conclusión

Por muchas razones la cría de mariposas es una industria maravillosa, y por estas razones ha despertado gran interés por parte de individuos tanto organizaciones ambientalistas quienes desean “salvar el bosque lluvioso.” Pero tan benigno que sea, que buena fuente de ingresos que sea, tanta alegría que trae, siempre queda el mercado demasiado pequeño para desenvolver un papel significativo de conservación. Sin embargo, la cría de mariposas puede ser de suma importancia como modelo en el desarrollo de otros productos, los cuales tomados en conjunto, llegan a ser de importancia económica. En el mientras tanto, siguiremos desarrollando la industria en tanto que podemos con los beneficios correspondientes.

PALABRAS CLAVES: *mariposas, criaderos, agroindustria*

EL SECTOR LÁCTEO DE CARA A LA GLOBALIZACIÓN

Edgar Hidalgo

Quiero agradecer la invitación de los organizadores para participar en ésta mesa redonda en el marco de éste Congreso.

Se me ha invitado a disertar sobre el tema como productor de leche de bajura, zona de inmenso potencial que reta la imaginación de técnicos y productores de cara al tema central de éste debate.

Deseo dividir mi ponencia en dos partes, mi visión de la globalización del sector, y las alternativas de producción nacional con énfasis en la bajura.

GLOBALIZACIÓN DEL SECTOR LÁCTEO

Deseo referirme de manera breve a lo que es mi percepción del comercio de lácteos en el mundo, pero con énfasis a las consecuencias que el sistema acarrea a los productores.

Primero que todo quiero dejar claro que el mercado internacional de la leche, es completamente impuro, lleno de distorsiones, llámense subsidios, aranceles, dumping, estímulos al productor, barreras no arancelarias, etc., dónde la libre oferta y demanda de producto no existe, y dónde lo que es peor, los paladines mundiales del libre mercado, han cerrado sus fronteras con aranceles desproporcionados, y enormes subsidios a sus exportaciones de leche.

En lo que a leche se refiere se cumple a cabalidad la premisa de que son muchos los globalizados y poquísimos los globalizadores.

Los subsidios a las exportaciones de la Unión Europea alcanzan ya los 900 Ecus / TM. y han dejado claro en los diferentes foros internacionales que de ninguna manera variarán esa política en los próximos años, a pesar de las cuotas de producción ha que están sometidos sus productores. Ante esa posición, los países del norte de América responden con lo que ellos llaman apoyo a sus productores, a saber tasas preferenciales de interés, cuotas de importación de lácteos, y apoyos a la producción entre otros.

En el cuadro 1 se aprecia claramente el arancel compensatorio al subsidio de productos lácteos llevado a cabo por los Estados Unidos, quedando claro tres aspectos fundamentales, la magnitud del arancel necesario para compensar "el bono de producción", la necesidad de establecer ese bono como respuesta a las políticas europeas, y el incremento vertiginoso del 97 al 98.

SITUACIÓN
ACTUAL

Cuadro 1

Estados Unidos: Cálculo del arancel que compensa el subsidio de productos lácteos 1997-1998 (bonos y precios en \$ por tonelada)

Productos	Bono 1997	Bono 1998	Precio int. 1997	Precio int. 1998	Subsidio 1997 (%)	Subsidio 1998 (%)
LEP descremada	820	1,073	1,610	1,430	51	75
LEP entera	1,186	1,275	1,790	1,877	66	68
Queso cheddar	927	1,283	2,025	2,000	46	64
Mantequilla	1,181	-	1,812	1,863	65	-

Nota: Las dos últimas columnas del cuadro 2 estiman el arancel necesario para contrarrestar el subsidio de Estados Unidos.

Fuente: Cámara Nacional de Productores de Leche. Cálculos en base a información de Foreign Agricultural Service del USDA sobre la base de dividir el valor total de los bonos entre la cantidad total. Los períodos comienzan en junio, de manera que no se trata de años calendarios. Los precios son de fuente USDA.

Otro grupo importante de países como Nueva Zelanda, Australia, Argentina o Uruguay, siguen la política de competir en el mercado internacional con la leche subsidiadas de la Unión Europea, exigiendo grandes sacrificios a sus productores lo que ha provocado la salida de absolutamente todo pequeño productor, provocando una enorme crisis social.

En éstos países las circunstancias han hecho que solo las economías de escala sobrevivan, por lo que en Nueva Zelanda la finca típica ordeña mas de 200 vacas y se tenga que trabajar cada vez con márgenes menores de utilidad por litro de leche y se vea forzado cada año a producir mas cantidad de leche para poder sobrevivir, lo que a su vez aumenta la oferta de leche en un mundo sobrecargado de ella, consolidando un círculo que cada vez hace menos atractiva la actividad para las nuevas generaciones. En éste país se habla ya de modificar el monopolio de la New Zealand Dairy Board para permitir una mayor competencia en la comercialización mundial de productos de mayor valor agregado.

Nueva Zelanda, produce solo el 2 % de la producción mundial de leche, exporta el 95% de su producción que a su vez representa aproximadamente el 23% de la leche vendida en el mundo, la NZDB vende a más de 100 países alrededor del mundo, siendo que un 85% de lo vendido es leche en polvo según lo refiere su actual Ministro de Agricultura. La producción láctea es la principal actividad económica de ese país por lo que el Estado brinda las facilidades justas y necesarias en infraestructura, crédito, logística, etc.

Es decir el productor neozelandés cuenta con un Estado eficiente que sin subsidios, apoya al sector brindado todas las facilidades que un estado moderno debiera ofrecer.

En Argentina, país que cuenta con el mayor potencial de producción de leche en el mundo ha pasado algo similar a lo de Nueva Zelanda, allí las fincas más pequeñas producen mas de 1.500 litros de leche al día y la mayor parte de ellas pertenecen a grandes inversionistas la mayoría de las veces desligados de sus empresas pecuarias desde el punto de vista afectivo, el seguimiento de los precios subsidiados de los europeos ha desaparecido los pequeños productores generando una grave crisis en el sector.

Cuadro No. 2 Precios al consumidor en distintos países del mundo (por litro de leche)

PRECIO US\$ POR LITRO		Fecha Reporte	País/Ciudad
Fuente: InfoTrack		Parquetada	
		al Consumidor	
220,68	0,72	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Alemania
1/12/98	0,80	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Argentina
1/11/98	0,85	Latin Trade	Argentina (Buenos Aires)
1/12/98	0,85	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Australia
2/12/98	0,50	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Australia
2/12/98	0,70	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Bangladesh
1/11/98	0,98	Latin Trade	Brazil
1/11/98	1,06	Latin Trade	Brazil (Rio de Janeiro)
1/11/98	0,71	Latin Trade	Brazil (Sao Paulo)
1/11/98	0,74	Latin Trade	Canada (Ottawa)
1/11/98	0,53	Latin Trade	Canada (Quebec)
1/11/98	0,61	Latin Trade	China (Santiago)
1/11/98	1,26	Latin Trade	Colombia (Bogota)
1/12/98	0,40	CORECA, HCA	Costa Rica
1/12/98	0,82	CORECA, HCA	Egipto
1/12/98	0,67	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	El Salvador
1/12/98	0,40	CORECA, HCA	Guatemala
1/12/98	0,84	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Holanda
1/12/98	0,40	CORECA, HCA	Honduras
1/12/98	1,51,63	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Hungría
1/12/98	1,38	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	India
1/12/98	0,60	Latin Trade	Indonesia (U.S.)
1/11/98	0,67	Latin Trade	Irlanda
1/12/98	0,68	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Irlanda Norte
1/12/98	0,94	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Malawi
1/11/98	0,98	Latin Trade	México (DF)
1/11/98	0,78	Latin Trade	México (DF)
2/12/98	0,70	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Nepal
1/12/98	0,47	CORECA, HCA	Nicaragua
1/11/98	1,00	Latin Trade	Paraguay (Ciudad de)
1/12/98	0,71	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Paraguay (Asunción)
1/11/98	1,07	Latin Trade	Perú
2/12/98	0,70	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	R. Dominicana (Sdo. Domingo)
1/11/98	0,57	Latin Trade	Suecia
1/11/98	0,81	Latin Trade	Tailandia
2/12/98	0,52	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Uruguay
8/12/98	0,78	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Uruguay
1/12/98	0,67	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Uruguay (Montevideo)
1/12/98	0,85	Dairy-Outlet-Ovms, FAO	Venezuela (Caracas)

Fuente: Cámara Nacional de Productores de Leche

Este seguimiento de precios subsidiados llevado a cabo por estos países basado en existir mayor volumen de leche al productor, esta llegando al colapso debido a que la oferta mundial de leche es tan grande que se estima hay embodegadas en el mundo mas de noventa mil toneladas de leche en polvo, los precios han llegado a valores increíbles de menos de \$ 1.000 la Tonelada Métrica, la carga financiera de embodegar leche es insostenible y el tradicional método de bajar el precio al productor ya no es válido debido a que no hay modelo productivo en el mundo que soporte esos precios.

Por todo lo expuesto los precios al productor en estos países rondan entre \$ 0,11 y \$ 0,17 por litro de leche lo que a todas luces desestimula las grandes inversiones necesarias para seguir produciendo cada vez mayor volumen de leche.

Es importante resaltar que esta caída de precios refleja un comportamiento cíclico agravada por la crisis económica mundial que recién presenciamos, de manera que la crisis asiática contrajo enormemente la demanda de lácteos de sus vecinos de Australia y Nueva Zelanda, los grandes problemas de los países que antiguamente formaron la URSS disminuyeron la demanda de lácteos de la Unión Europea, y los graves problemas de Brasil disminuyeron las compras de leche del resto de países del Cono Sur en especial de Argentina y Uruguay.

Desgraciadamente los bajos precios internacionales no son transmitidos a los consumidores, como se muestra en el cuadro 2, por el contrario el precio de la leche al consumidor es mayor en países que no son autosuficientes que en aquellos que si lo son, siendo que en este punto descubrimos los enormes beneficios que generan para las transnacionales llámense Nestle, Unilever, Parmalat, etc. ésta situación.

Por eso no es de extrañar que estas poderosas transnacionales presionen mercados emergentes que protegen a sus productores con falsos discursos de liberalismo económico a abrir sus mercados ya que poseen los recursos y mecanismos necesarios para en primera instancia destruirlos y luego manejarlos a su antojo, beneficiándose únicamente ellos de los bajos precios internacionales producidos por altos subsidios.

Un ejemplo de lo anterior es nuestro país que al proteger su producción local, cuenta con precios al consumidor más bajos que el resto de sus vecinos y lo que es más impresionante, este precio es menor que el ofrecido a la mayoría de consumidores de países exportadores de leche subsidiada, o de aquellos en que los productores producen a precios bajísimos por estar en manos de transnacionales seguidoras de precios subsidiados.

La política de protección de mercados locales que han llevado cabo y seguirán realizando en el futuro los más poderosos países industrializados del mundo, muestra la gran importancia que representa para ellos la industria láctea, pareciera que la leche como tal refleja el sentimiento mas enraizado de lo que seguridad alimentaria significa, así como la importancia del sector para la consolidación y desarrollo de zonas rurales.

El caso más impresionante es el de Israel que posee las mayores producciones del mundo por vaca y los mayores promedios por lactancia en el ámbito nacional, con un alto costo de producción, sin embargo son los kibutz dedicados a lechería los que consolidan sus fronteras y aferran la nacionalidad de territorios que aunque inhóspitos, representan la consolidación como Estado.

En el cuadro 3 observamos como la Comunidad Europea sigue siendo la mayor productora de leche en el mundo, pero cabe resaltar el surgimiento de países insospechados como grandes productores de leche, atendiendo a la necesidad de satisfacer sus mercados a pesar del sobrante mundial de leche en la actualidad, confirmando la tendencia del auto abastecimiento por razones mas allá de las estrictamente económicas.

Cuadro 3
Estadística de producción mundial en millones de TM.

	1996	1997	1999
Mundo	539	547	556
Comunidad Europea	125	125	125
India	68	71	74
EEUU	70	71	72
Federación Rusa	36	34	33
Pakistán	20	21	22
Brasil	19	19	19
Ucrania	16	15	14
Polonia	11	12	12
Nueva Zelanda	10	11	12
Australia	9	6	10

La globalización es importante desde el punto de vista de las demandas de los consumidores, a medida que ocurren aumentos en el estándar de vida, viajes, televisión, Internet, etc., las diferencias nacionales y regionales en consumo alimenticio están decreciendo, los hábitos de consumo se hacen globales, ejemplos de lo anterior es el estilo de comida rápida de los norteamericanos o la creciente demanda de requisitos ambientales o ecológicos.

Lo anterior sumado las lógicas demandas regionales irán creando nichos de mercado más interesantes para las industrias lácteas que deberán satisfacer mercados más exigentes que demandan productos de mayor valor agregado.

OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN LOCAL

Como lo indique al comienzo, las zonas tropicales de bajura de nuestro país responden a un factor ineludible de toda región tropical, la diversidad. Así a lo largo y ancho de Costa Rica las condiciones varían en pocos kilómetros, observándose los mas variados climas, tipos de suelo, forrajes, humedad ambiente, temperatura, precipitación, altitud sobre el nivel del mar, adaptabilidad de razas, disponibilidad de subproductos etc.

Lo anterior implica que no se pueda desarrollar un único modelo de producción en el ámbito regional y mucho menos a nivel nacional, lo que no deja de ser una desventaja con respecto a países de climas templados, con una gran uniformidad de condiciones, permitiéndoles desarrollar programas de investigación y extensión con mucha mayor facilidad logrando avances significativos mucho mas rápidamente.

La diversidad ocasiona el problema antes citado, pero a cambio permite que el ingenio humano desarrolle todo su potencial, el reto de productores, técnicos, e investigadores es aún mayor al tratar de potencializar el mayor recurso individual, mitigando las limitaciones. Cada región, cada finca cuenta con recursos específicos que deben ser explotados.

Las zonas de bajura cuentan para empezar con un factor a favor, el precio de la tierra, haciendo que las presiones de otro tipo de actividad sobre este recurso sean menores, la disponibilidad de subproductos agrícolas es mayor, y lo más importante el recurso forrajero en términos de disponibilidad es mayor. Hoy por hoy estas zonas producen la mayor cantidad de leche observándose un continuo crecimiento desde que a raíz de la última gran actividad del Irazú se trasladaron los primeros hatos lecheros.

El desarrollo lechero de éstas regiones en particular y a nivel nacional debe estar basado en los siguientes aspectos:

- 1- Recurso forrajero.
- 2- Mejoramiento genético local.
- 3- Utilización de productos y subproductos tropicales.
- 4- Transformación de finquero a empresario.
- 5- Investigación y tecnificación.
- 6- Industrialización y comercialización en manos de productores.
- 7- Organización de los productores

Recurso forrajero:

El potencial de nuestras pasturas es enorme en términos de materia verde por ha, a pesar de los sabidos problemas de digestibilidad por altos niveles de lignina y sílice y alto contenido de humedad, lamentablemente son pocas las fincas que manejan pasturas mejoradas de forma intensiva, que convierten al productor de leche ante todo en un productor de forraje que cosecha con sus vacas. Es imperativo el conocimiento exacto de factores como: programas de fertilización a largo plazo basados en programas de análisis de suelos, producción de forraje por unidad de área para estimar cargas animales adecuadas, conocimiento de la calidad de pasto ofrecido de manera que coincida adecuadamente el mejor momento de cosecha, con el óptimo biológico de la especie a utilizar, intensidad de pastoreo, período de recuperación, resistencia a la humedad, y control estricto de plagas.

Considero que nuestra biodiversidad nos permite utilizar una amplia gama de pastos mejorados por lo que es vano el intento de identificar a uno superior, lo importante es conocer los detalles antes mencionados, y el grado de acople del productor a una especie determinada. Es importante resaltar el hecho de que en este afán por buscar el "pasto maravilla" los finqueros empiezan a utilizar especies aún no liberadas por los investigadores, que en una primera instancia parecen muy prometedores pero con el tiempo se les conoce dificultades de adaptación a diferentes circunstancias como pisoteo, alta humedad, baja recuperación, poca resistencia a plagas o malezas etc.

El manejo intensivo de especies forrajeras tropicales de forma adecuada será la base de la producción láctea del próximo siglo.

Mejoramiento genético local:

El uso de toros probados en otras condiciones implica que nos veamos en la necesidad de adaptar todo el manejo y el paquete tecnológico utilizado en otras latitudes, estaremos siempre a la zaga porque por mas esfuerzo nunca lograremos manifestar el potencial genético que se importa, por lo que nos vemos en la necesidad de producir con costos muy elevados para nuestras circunstancias.

Para implementar un sistema de mejoramiento propio habría primero que establecer el modelo de producción local, que conlleva entre otros, leche a base de pastos, suplementación de concentrados de manera muy racional, utilización e investigación de subproductos tropicales, programa de salud de hato bien definidos, etc.

El uso de grandes cantidades de alimentos concentrados a base de granos importados para satisfacer altas demandas productivas va a ser cada vez menos rentable en el futuro, por lo que tener animales con el mayor potencial de producción posible, seleccionado a nuestras condiciones será la clave.

Utilización de productos y subproductos tropicales.

Debemos lograr de una forma u otra vencer el principal obstáculo para la utilización de nuestros subproductos: el alto contenido de humedad. Será tarea de investigadores optimizar el uso del banano de desecho, cáscara de naranja (que ha demostrado ser una excelente alternativa una vez que se seca), yuca, pejibaye, melaza, subproducto de coquito de palma, etc.

Transformación de finquero a empresario.

Será necesario que nuestros productores trabajen con mucho mayor conocimiento de su actividad, deberá saber claramente cuánto le cuesta producir 1 lt. de leche, cual va a ser el retorno de las inversiones realizadas, cual es la relación costo beneficio de cada uno de sus insumos. Deberá definir metas a corto y mediano plazo estableciendo los mecanismos para lograrlas, y haciendo evaluaciones periódicas de los resultados obtenidos.

El uso y comparación, de índices biológicos como edad y peso a primer parto, niveles de producción por número de parto, intervalo entre partos, % de morbilidad y enfermedad, persistencias de producción, mejoramiento de la calidad de la leche en términos de recuento bacterial y conteo de células somáticas, etc. deberá ir acompañado de los índices económicos antes mencionados.

El mejoramiento de éstos parámetros como metas en el tiempo es ya una imperiosa necesidad en nuestro sector.

Investigación y tecnificación:

La investigación local es cada vez mas necesaria, a nivel de centro de investigación es necesario seleccionar muy bien los proyectos de manera que satisfagan a cabildada las principales necesidades de los productores, para lo que se requiere una adecuada identificación de problemas.

Siento que los mismos productores e investigadores debieran tener vínculos mucho más estrechos, de manera que existieran centros de investigación en manos de organizaciones de productores, modelo que ha resultado muy exitoso en países como Nueva Zelanda o Israel. De ésta manera se logra credibilidad en la investigación al resolverse problemas que aquejan de forma directa a los finqueros. Por supuesto que éste tipo de investigación es conjunta con la estrictamente académica o científicamente especializada.

La incorporación inteligente de nuevas tecnología a nuestras fincas es absolutamente necesaria para poder competir, recordando que no siempre esto significa grandes erogaciones de dinero.

Industrialización y comercialización en manos de productores.

Todo lo anterior resulta vano si la producción se destina al mercado de comoditis dejando todo el esfuerzo realizado en manos de las transnacionales a expensas de los vaivenes manipulados del mercado internacional. La experiencia de los países del Cono Sur reflejan como llega un punto luego de una enorme crisis en que no hay eficiencia posible para competir en mercados subsidiados, con altos niveles de dumping y aranceles inaccesibles.

La comercialización en manos de productores asegura el mejor precio posible para estos en la medida que se busque siempre los nichos de mercado mas atractivos, y el proceso industrial sea él más eficiente. La venta de productos de alto valor agregado debe ser el paradigma de la actividad.

Organización de los productores.

Debemos estar unidos como gremio para hacer valer nuestros derechos y velar por el futuro de la actividad ante las pretensiones de liberales que no tienen visión de futuro y solo piensan en el beneficio de las masas en el inmediato plazo con fines politiqueros, a sabiendas que en los países que han optado por esto al final sus consumidores terminan pagando mas cara la leche beneficiando a transnacionales y acabando con una actividad que ha traído desarrollo y progreso a zonas rurales sobre todo.

Debemos consolidar la Cámara de Productores de Leche, para que a su alrededor defendamos nuestros derechos y mejoremos nuestra eficiencia. Un gremio grande unido organizado y capas puede ser la diferencia.

Es hora de que nuestra voz sea importante, que los diputados y políticos de las zonas lecheras del país se comprometan con nuestros intereses y que sepan que no pueden comprometer el futuro de miles de familias que dependen una actividad centenaria escrita con gotas de leche y de sangre.

CONCLUSIONES

- 1- El sector lácteo es uno de los mas desordenados, manipulados e imprevisibles entre los que componen la producción agropecuaria.
- 2- Las practicas de comercio desleal son la regla y no la excepción en lo que a lácteos se refiere.
- 3- Grandes potencias mundiales y nuevos países en desarrollo optan por proteger su industria local a pesar de los bajos precios internacionales.
- 4- Los consumidores en el mundo entero no se están beneficiando de los bajos precios nel mercado internacional.
- 5- La protección del mercado local es imprescindible ante las practicas desleales de comercio.
- 6- Los países seguidores de subsidios están poniendo al borde de la quiebra a sus productores.
- 7- El manejo adecuado de las pasturas es cada vez de mas relevancia.
- 8- Se deben establecer modelos de producción y mejoramiento genéticos propios.
- 9- Los productores deben de comprometerse cada vez mas con la investigación y ésta con aquellos.
- 10- Se deben consolidar las organizaciones de productores.
- 11- Los finqueros se deben transforman en empresarios.
- 12- Las marcas, el valor agregado, alta calidad, producción racional, y avances tecnológicos son fundamentales para el progreso de la industria láctea.
- 13- La industria y comercialización deben estar en manos de productores.

PALABRAS CLAVES: sector lácteo, globalización

EL FUTURO DE LA GANADERIA DE CARNE EN COSTA RICA: LA PRODUCCION PRIMARIA

Carlos Hidalgo

Jefe Departamento Pecuario. Dirección de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Para comenzar quisiera agradecer al Comité Científico del XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, por invitarme a participar como panelista en el debate denominado Futuro de la Ganadería de Carne en Costa Rica. Sobre la actividad productiva de la carne se han escrito un sinnúmero de documentos que describen la evolución de la actividad misma, como también presentan interesantes análisis sobre los factores internos y externos que intervienen en la cadena agroproductiva.

Actualmente toda actividad agropecuaria retoma un interés primordial de análisis de situación presente y futuro, ya que las relaciones comerciales, actualmente se enmarcan dentro de los conceptos de apertura comercial y globalización de las economías, los cuales modificarán y redimensionarán las estrategias de mercado.

El pretender un documento que responda a toda la cadena agroproductiva, requiere no solo de información fidedigna, sino también del diálogo directo con cada uno de los actores para concertar eficazmente la sostenibilidad a futuro de dicha actividad. Sin embargo, cabe destacar la creación por ley de la Corporación Ganadera, cuyo objetivo fundamental debiera de ser por naturaleza constitutiva el ente catalizador, integrador y promotor de la cadena productiva de la carne.

Tomando en consideración los aspectos antes mencionados, me permitiré hacer referencia sólo a la fase primaria sustento primordial de la producción cárnica nacional. Esto lo considero importante ya que otros miembros de tan distinguido panel abordarán otros temas relevantes que influyen en esta actividad comercial.

Antes de presentar los problemas que manifiestan los productores pecuarios como prioridades a resolver, quisiera mostrar el Cuadro 1, donde se destacan algunos indicadores biológicos que condicionan la producción.

Cuadro 1. Algunos indicadores biológicos de la actividad pecuaria de la carne en Costa Rica.

ACTIVIDAD	PARAMETRO	VALOR
GANADERIA BOVINA DE CARNE	Tasa de parición	49-51%
	Tasa de mortalidad de adultos	6-7%
	Tasa de mortalidad de terneros	8-10%
	Carga animal	0.9 UA/ha.
	Intervalo entre parto	18-22 meses
	Edad a primer empadre	30-36 meses
	Edad al destete	7-8 meses
	Peso al destete	160 kg
	Edad al sacrificio	48 meses
Peso al sacrificio	450 kg	

Sin entrar a un análisis detallado de este cuadro por indicador, podemos concluir que la actividad bovina de la carne tiene un amplio margen de incremento productivo, ya que estos indicadores pueden ser superados con creces siempre y cuando el productor empresario sea consciente de dos hechos fundamentales: el primero debe ser el cambio de actitud de trabajo hacia el desarrollo de su empresa pecuaria y paralelamente la adopción de tecnologías ya validadas que se disponen en el ámbito técnico que conlleven a intensificar la producción y por ende la rentabilidad de la misma.

Si consideramos la evaluación hecha a productores pecuarios por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), durante mayo de 1997 a 158 Centros Agrícolas Básicos, distribuidos entre las seis regiones del país donde se analizó la problemática de este subsector, se deja ver claramente que existen 4 factores principales que condicionan la no mejora de su actividad. Estos se describen a continuación:

1. Pasturas de mala calidad, baja disponibilidad de forraje durante la época crítica, mejoramiento de pastos e inadecuado manejo de los mismos.
2. Nutrición animal
3. Desconocimiento sobre manejo de hato.
4. Degradación, erosión y fertilidad de suelos.

Otros mencionados con menor frecuencia fueron: bajos precios de la actividad, crédito no oportuno y comercialización.

Como podemos apreciar los cuatro principales son inherentes al sistema finca y de éstos se dispone suficiente información tecnológica, los otros son externos, pero condicionan la dinámica económica de la empresa.

Si lo que tratamos con este escrito es de enfatizar lo que afecta al productor directamente, y por ende reafirmar que existen tecnologías que dan respuesta a éstas, entonces nos podemos preguntar: ¿Porqué no se superan?. Tengamos presente que el país dispone de procesos de extensión privados y públicos que han diseminado suficiente información.

Para responder a esta disyuntiva, podemos decir claramente que se requiere de un cambio de actitud gerencial del productor pecuario, además tiene por obligatoriedad que buscar organizaciones que respondan efectivamente a la búsqueda de soluciones concretas y propicien una verdadera unión entre los ganaderos para tener posibilidades de éxito dentro del mundo globalizado.

Para terminar quiero hacer mención de dos elementos los cuales no solo tienen que ver con el productor sino también con el técnico pecuario ya que la gran mayoría de fincas se desarrollan dentro de un concepto tradicionalista de monocultivo. Con esto lo que quiero decir es la necesidad de diversificar la producción. La no respuesta a la diversificación condiciona al productor de antemano a un mayor riesgo de la actividad misma y su mercado. El otro elemento que resaltaré es la finca como unidad que reponde claramente al concepto de servicios ambientales. Como miembro de la Comisión Nacional Agroforestal hago un llamado a todos los actores e instituciones para que consideren los sistemas silvopastoriles como una alternativa concreta para intensificar el sistema. Como también, hacerse éstos acreedores del pago por servicios ambientales. Espero que con este breve escrito se aporten elementos que conlleven categóricamente a redimensionar una actividad que a través del tiempo ha hecho grandes aportes a la economía de la nación.

PALABRAS CLAVES: *producción primaria, ganadería*

EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA QUESERA EN CENTROAMÉRICA*

Eduardo Barrantes

Escuela Centroamericana de Ganadería, Atenas, Costa Rica.

INTRODUCCION

La actividad económica de los países centroamericanos todavía se basa en la agricultura. Aunque esto no es lo más rentable en algunos casos, sí es lo que la mayoría de la población ha hecho como medio de subsistencia. El subsector lechero ha alcanzado niveles de importancia tanto como provisión de leche y derivados como carne, fuerza (tracción animal) y garantía en activos. En 1994 se reporta un valor agregado de la producción de leche el PIB arriba del 1% en Centroamérica, con excepción de Guatemala. Con respecto al Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA) los valores se presentaron en 1.8 y 9%, siendo Honduras y Costa Rica los más altos y Guatemala el inferior. (Umaña 1997).

Esta actividad se caracteriza por ser muy dinámica y de gran valor agregado ya que por ser la leche tan perecedera, ésta debe procesarse lo más rápido posible. Por lo tanto, el estudio de la leche debe enfocarse en términos de cadenas agroalimentarias donde se analiza de una forma integrada desde la producción (pasto) hasta el consumidor (plato).

Este concepto es mencionado por Galetto (1996), quien exalta la riqueza generada por la fase del procesamiento y la distribución de los alimentos sobre la producción primaria. Los conceptos básicos de este enfoque son la visión sistémica de los modelos agroindustriales, la coordinación entre los componentes, la eficiencia de los costos y la atención al consumidor, así como la competitividad de todo el sistema. Otros actores importantes y decisivos son los gobiernos, firmas e instituciones de apoyo crediticio o tecnológico.

Resalto este aspecto de cadenas por considerarlo vital para el desarrollo de la actividad, donde la coordinación de acciones entre el productor, la industria, el distribuidor y el consumidor debe ser armónica y no paradigmática en el sentido de dependencia existente.

* Este documento fue en parte presentado en el Congreso CHR Hansen, realizado en Costa Rica durante el 22 y 23 de setiembre, 1998.

PRODUCTOR — INDUSTRIA — DISTRIBUIDOR — CONSUMIDOR

“Todos son importantes e indispensables en el proceso”.

Superado este concepto, nos permite analizar y actuar de una forma eficiente en la búsqueda de la eficiencia, aspecto fundamental en el negocio de la leche en Centroamérica.

En el derivado lácteo, queso, los rendimientos y la retribución económica es muy sensible pero con un consumo importante entre la población centroamericana. Otro aspecto de la quesería en Centroamérica es la baja cantidad de leche procesada por la industria, lo que induce a la conservación de la leche por medio de la elaboración de queso a nivel rural o semiindustrial. En promedio, Centroamérica solo procesa el 33% de la leche a nivel industrial. Por lo tanto, consideraciones sobre el queso en Centroamérica se deben hacer sobre la base de quesería rural, la cual es muy dispersa y no existen datos estadísticos suficientes. Esta ponencia trata sobre temas de valor agregado, eficiencia en los procesos y algunas consideraciones del comercio regional de este derivado.

GENERALIDADES DE LA PRODUCCIÓN DE LÁCTEOS EN CENTROAMÉRICA

- La producción de leche en Centroamérica se caracteriza por ser de hatos de doble propósito donde la productividad es baja comparada con hatos especializados. En hatos especializados, el alimento concentrado constituye hasta un 40% de los costos totales de la leche, además de tener una dependencia externa para la adquisición de granos, especialmente Costa Rica. Por lo tanto la rentabilidad de estos modelos debe estudiarse.

Cuadro 1. Distribución del hato por sistema de explotación en Centroamérica.

PAIS	DOBLE PROPOSITO	LECHERIA ESPECIALIZADA	OTROS (CARNE, SUBSISTENCIA)
COSTA RICA	21%	14%	65%
EL SALVADOR	24%	3%	67%
GUATEMALA	55%	9%	36%
HONDURAS	76%	4%	20%
NICARAGUA	85%	4%	11%

FUENTE: Umaña, 1997.

© 1997 by the author(s)

- El consumo de productos lácteos entre la población centroamericana es relativamente bajo con respecto a otras culturas, como las europeas.

Después de la leche fluida, el queso fresco constituye el derivado que más consumen los centroamericanos. En Costa Rica la preferencia hacia el queso fresco supera el 90% a todo nivel social y sobre otros tipos de queso fresco y maduro (CITA 1981). Se considera un consumo per cápita de 8.4 kg/hab/año (Barrantes, 1997).

Cuadro N°2. Consumo per cápita de productos lácteos en Centroamérica 1994.

Litros por habitantes por año

Nicaragua	44
Honduras	70
Guatemala	37
El Salvador	77
Costa Rica	155
Centroamérica	66

A excepción de Costa Rica, estas cifras son inferiores a las recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) donde se recomienda un consumo de 150 Lt/hab/año o su equivalente en derivados lácteos.

Cuadro 3. Procesamiento de la leche en Centroamérica.

PAIS (1996)	US \$/ LITRO	OBSERVACIONES
COSTA RICA	0.29	3% GRASA
NICARAGUA	0.33	3.4% GRASA
HONDURAS	0.28	POR VOLUMEN
EL SALVADOR	0.43	3.5% GRASA
GUATEMALA	0.46	
URUGUAY (1995)	0.18	
ARGENTINA (1995)	0.19	

Fuente: Adaptado de Barrantes (1997) y Umaña (1997).

-Precios de la leche.

Por lo general, los precios de la leche en Centroamérica son altos, comparado con países latinoamericanos. Se destaca el hecho de que estos precios reportados son los pagados por la industria, y que las regulaciones en cuanto a % de grasa y calidad microbiológica a veces no existen. En el caso de Costa Rica el precio pagado al productor corresponde al fijado por el Gobierno en base a un modelo de costos establecido entre

el Ministerio de Economía, Industria y Comercio y la Cámara Nacional de Productores de Leche. También el Gobierno fija el precio base pasteurizada al consumidor. En este sistema destaca el hecho de que la industria puede descremar la leche pasteurizada hasta dejarla en un 2% de grasa. El promedio nacional de grasa es de 3.6%

Cuadro N° 5. Precios de la leche al productor.

PRODUCTO	%
Leche en polvo	48
Quesos	25
Leche fluida	11
Grasas lácteas	8
Leches fermentadas	4
Lactosuero	4

FUENTE: Adaptado de Umaña, 1997.

El precio pagado por las plantas artesanales oscila entre un 10 y un 26% menos que los precios industriales. Esto favorece al proceso de quesos frescos y ayuda a la rentabilidad de los sistemas, ya que la estandarización de la grasa no es generalizada en estas plantas y los quesos se hacen de leche íntegra. Cabe destacar que en muchos casos el queso fresco se convierte en la única forma de comercializar la leche, por lo tanto se convierte en un proceso "rentable". (Barrantes 1997, IICA 1990).

El potencial de producción de leche en Centroamérica se ve limitado por el hecho de no ser competitivos a nivel internacional. Según Galetto, en CNPL (1997) recomienda reducir los precios de leche a por lo menos \$0.22/litro y que se valore la calidad como determinante del consumo.

En este punto el autor considera muy importante enfatizar en el uso de la grasa como medio de valorar el uso de la leche en queso, ya que considerando los precios oficiales y los precios de queso al consumidor este proceso no es llamativo para los industriales, y a la vez sería un incremento sustancial para los semindustriales si poseen las facilidades de las descremadoras.

EL QUESO EN CENTROAMÉRICA

La producción de queso en Centroamérica se caracteriza por el dominio de los quesos frescos con nada o muy poca maduración. La preservación es por medio de la cadena de frío, salado, ahumado o deshidratación, algunos métodos cambiados aplican en estos procesos. También se producen cantidades importantes de quesos maduros que compiten internacionalmente.

Por idiosincrasia el centroamericano consume quesos frescos con una preferencia del 80-90% sobre los denominados maduros.

Algunas características de estos productos son las siguientes:

- Entre un 31% y un 65% de la leche producida en Centroamérica se destina al proceso de quesos frescos.
- Gran parte de estos productos son procesados a partir de leche cruda (sin pasteurizar) y leche íntegra.
- A excepción de algunas plantas industriales, solamente un 9-10% de la leche recibida es procesada en quesos (maduros y frescos).
- En menos casos la leche para quesos se pasteuriza pero no se agregan cultivos lácticos (Posla 1989).
- El queso se vende en bloques de 3-6 kilos.
- La producción de leche aumenta en invierno (estación lluviosa), por lo que la oferta de queso aumenta y los precios son bajos.
- En áreas rurales el mecanismo de comercialización se hace mediante intermediarios, los cuales agregan valor a la producción hasta en un 100%, lo cual beneficia a la cadena agroalimentaria pero afecta al productor de leche a través del queso.
- Los cuajos utilizados son en forma líquida, pastilla y algunos casos cuajo natural conservado en suero y sal común.
- Los rendimientos leche:queso oscilan entre 5.5:1 a 12:1
- En plantas donde se estandariza la grasa, el ingreso por parte de la venta de crema es de 4-6 veces mayor por litro de leche comparado con el queso.
- En general, el nivel de conocimiento teórico-básico de los procesadores de plantas rurales empleados de las plantas es insuficiente para adoptar medidas tecnológicas, modernas y requerimientos de calidad.
- El queso fresco es un ingrediente fundamental en la dieta de los centroamericanos.

Los quesos más comunes en las plantas artesanales son:

- Queso tierno (aproximadamente 50% de humedad)
- Queso semiduro
- Queso ahumado
- Queso semi-maduro
- Queso duro (salado)
- Queso arrollado (tipo mozzarella)
- Queso deshidratado (molido)

Los nombres y composiciones varían según las regiones y países.

Los quesos maduros más comunes son:

- Queso Gouda,
- Queso Cheddar
- Queso Edam
- Quesos Suizos
- Quesos italianos (mozzarella, parmesano, caciocabalo entre otros).
- Otras variedades adaptadas a nuestros medios

Existe un conocimiento continuo de la producción de quesos con leche de cabra como el romano caprino desarrollado en la Escuela Centroamericana de Ganadería.

Se considera que los mercados para los derivados de la leche de cabra son crecientes. (Barrantes 1997).

COMERCIALIZACIÓN DE LÁCTEOS EN CENTROAMÉRICA (QUESOS)

Dentro de los estudios más recientes tenemos que en el período 90-95 se importaron al área 2.39 millones de toneladas de derivados por un valor de US\$583.8 millones con un equivalente de US\$97.3 millones por año y un 1.1% del valor de importaciones de la región (Umaña 1997). El valor de las importaciones lácteas crece a un ritmo de 11.57% anual.

Los países con mayor dependencia alimentario en productos lácteos son El Salvador y Guatemala con un 25 y 35% respectivamente, aspecto que concuerda con los bajos niveles de producción *per cápita* de leche en Centroamérica.

Los rubros de mayor importación son la leche en polvo con un 77% y quesos con un 15% en 1995, del valor total de importaciones, presentando esto último un mayor dinamismo.

Del total de lácteos de Costa Rica, el queso constituye un valor de 27%, principalmente quesos maduros para un consumo restringido a grupos de alto poder adquisitivo. Esta preferencia representa alrededor de un 12% dentro de los consumidores de Centroamérica (Aguilar y Figueroa 1989).

En cuanto a las exportaciones, Costa Rica representa el 66% de las mismas, con un crecimiento anual de 8.7%.

Nicaragua exporta un 19% de las exportaciones, principalmente a El Salvador y Costa Rica.

Los quesos han tenido un dinamismo importante en la exportación de lácteos con un crecimiento anual del 47%.

Cuadro N°6. Exportación de lácteos por productos. Centroamérica. Período 90-95.

PRODUCTO	%
Leche en polvo	48
Quesos	25
Leche fluida	11
Grasas lácteas	8
Leches fermentadas	4
Lactosuero	4

FUENTE: Adaptado de Umaña, 1997.

El 75% de las exportaciones centroamericanas de productos lácteos del período 90-95 tuvo como destino la misma región, otras exportaciones extraregionales fueron a República Dominicana, USA, Panamá, Colombia y México.

PERSPECTIVA DE LA ACTIVIDAD QUESERA EN CENTROAMÉRICA.

Definitivamente, la producción de quesos en Centroamérica es necesaria. Tanto quesos maduros como frescos son parte del ser de un centroamericano. Por lo tanto, el mercado está ahí y es creciente. Lo importante y vital es hacer la actividad más rentable y armónica con las corrientes arancelarias, higiénicas, económicas y ambientales.

Si consideramos que en el queso un 80% de los costos (aproximadamente) corresponden a la leche, éste se convierte en el rubro de mayor atención.

Como lo expuse en el inicio de este documento, esto debe implementarse en un sistema integrado:

- Producción de leche con pasto y menos concentrados.
- Inducir a la producción de sólidos lácteos, principalmente grasas.
- Que los productores sean técnicos y no empíricos (parece utópico, pero si no se combina la experiencia técnica con la gestión administrativa moderna de la empresa agropecuaria, no hay posibilidad de sobrevivir).
- Capacitar personal de plantas, que adopten tecnologías rápidamente (mandos medios).
- Inducir a la calidad total en los componentes de la cadena.
- Conocer e implementar las necesidades de los principales clientes: el consumidor.

- Formar, alianzas estratégicas donde se distribuya la carga mercantil de un producto y permita a la vez recolectar leche de áreas marginales. Esto aumenta la capacidad instalada de las plantas.
- Producir leche con menos costos para:
 - Contrarrestar la influencia europea y de oceanía en nuestros mercados.
 - Estar preparados para ser proveedores potenciales de leche al mundo a mediano plazo.
 - Establecer denominaciones de origen para regular mercados.
 - Fomentar el uso de cultivos lácticos en todos los quesos frescos, como medida de control de calidad, ya que algunos tipos son altos en humedad y con bajo contenido de sal común.
 - Fomentar la clasificación de leches por contenido de proteínas y/o usar ingredientes que favorezcan una mejor formación de paracaseinato, como el caseinato de sodio.

CONCLUSIONES

- El componente producción ∫ industria ∫ mercados ∫ calidad son elementos integrados que indican si la industria del queso fresco y maduro florecen.
- El buen uso de las grasas lácteas producto de la estandarización, determina la rentabilidad de los sistemas, principalmente en quesos frescos.
- La formación y capacitación del personal de toda la cadena agroalimentaria de la leche es fundamental.
- La aplicación de tecnologías limpias nos permite ser más eficientes y cumplir con las normas ambientales vigentes.
- Los técnicos encargados de las asesorías y proyectos deben de actualizarse constantemente en todos los campos de la cadena agroalimentaria.
- Los temas de globalización y medio ambiente deben de concientizarse antes de la aplicación, especialmente a los dueños y gerentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR F; FIGUEROA, J. 1989. Generalidades del mercado doméstico de quesos en Costa Rica. Tesis Lic. Ciudad Universitaria. Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.
- BARRANTES GUEVARA, E. A. 1986. Aspectos relevantes en la higiene del proceso de la leche. Seminario D.P.A. Atenas, C.R., Escuela Centroamericana de Ganadería.
- BARRANTES GUEVARA, E.A. 1993. Some aspects of the production and quality of set yoghurt using fat-substitutes and vegetable oils. Tesis M.Sc. Galsgow. Univ. United Kingdon.
- BARRANTES GUEVARA E. A. 1997. Procesamiento de la leche; manual de procesos, módulo #2. Atenas, C.R., Escuela Centroamericana de Ganadería, Dpto. de Agroindustria.
- BCIE; CATIE. 1990. Situación actual de la producción y comercialización de la leche en Centroamérica. Area de Sectores Productivos. Boletín Técnico 21.
- BLANCO ROJAS, A. 1983. Condiciones higiénicas en la obtención del queso producido a nivel artesanal en áreas rurales de Costa Rica. Tesis Lic. Ciudad Universitaria, Universidad de Costa Rica. Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos.

- CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE. 1997. Entorno comercial y perspectivas del sector lácteo. San José, C.R., La Cámara.
- CATIE. 1990. Producción, industrialización y comercialización de la leche en Centroamérica. Turrialba, C.R., CATIE. P. 3-249.
- CONSEJO AGROPECUARIO CENTROAMERICANO. SECRETARÍA GENERAL. 1996. Obstáculos al comercio intracentroamericano de productos agropecuarios. El Consejo, San José, C.R. s.p.
- DÍAZ NAVARRO, M. DE LA C. 1995. Características químicas y microbiológicas del queso blanco Turrialba en las queserías de Santa Cruz de Turrialba. Tesis Lic. Ciudad Universitaria, UCR. Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos.
- DÍAZ G., C.; MONGE U., A. y BARRANTES S., C. 1995. Determinación de la producción de lácteos a través de módulos en zonas rurales. Cartago, C.R., ITCR. Departamento de Administración de Empresas, Programa de Maestría.
- FAO.1997. FAOSTAT[Base Datos en línea]. Roma, Italia, FAO. Disponible en <http://apps.fao.org/lim500/Agri>
- FOX, P.F. (ed). 1993. Chesse: Chemistry, physics and Microbiology. 2.ed. Great Britain, Chapman and Hall. Tomo I y II.
- HENDERSON, M.1996.Calidad y productividad en queserías rurales de Costa Rica. Alimentaria (C.R.)(35-36).
- HERNÁNDEZ, S. (1996). Hábitos de compra y consumo de leche líquida y quesos en el área metropolitana de San Salvador y en la ciudad de Santa Tecla, El Salvador. El Salvador, Universidad Dr. José Matías Delgado. 51 p.
- PETZ, G., 1982. Los quesos crudos de Nicaragua. Boletín Técnico Laval. 2(3):17.
- POSOLA F., V. 1989. Establecimiento de técnicas sencillas para la elaboración de quesos tipo palmito y fresco a nivel de pequeños productores. Proyecto D.P.A. Atenas, C.R., Escuela Centroamericana de Ganadería.
- RAMÍREZ CASTRO, S. M. Evaluación del efecto de nitrato de potasio y la lisozima en la calidad microbiológica del queso blanco fresco elaborado a partir de leche cruda. Tesis Lic. Ciudad Universitaria, Universidad de Costa Rica. 184 p.
- RODRÍGUEZ, H.N. 1994. Tendencias del consumo de alimentos en la población costarricense, 1989-1991. Revista Costarricense de Salud Pública. ACOSAP (C.R) 3(4).
- RODRÍGUEZ, H.N. ; MEZA, R.N. 1995. Consumo de grasas y riesgos para la salud. Revista Costarricense de Salud Pública. ACOSAP. 4(7):13-24.
- SOSSA, S. 1995. Análisis del curso de quesos artesanales en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. San José, Costa Rica. CITA, 48 p.
- TADINI, C.C.; TAGUEDA, M.E.; TADINI, J.G. 1996. Uso del caseinato de calcio en la producción de queso Minas Frescal. Tecnología Láctea Latinoamericana (3):22-23.
- UMAÑA V.,V. 1997. Situación actual y perspectivas del comercio de productos lácteos en Centroamérica. Tesis Lic. Ciudad Universitaria, Universidad de Costa Rica.
- VEGA P., M. 1995. El consumo y la satisfacción del consumidor de queso blanco en Nicaragua. San José, C.R., CITA. 31 p.
- WEXLER GOERING, L. 1991. Supervivencia y crecimiento de listeria inocua durante la fabricación y el almacenamiento de queso blanco fresco tipo Turrialba. Tesis Lic. Ciudad Universitaria, Universidad de Costa Rica. Carrera Interdisciplinaria de Tecnología de Alimentos.

PRODUCTIVIDAD FORRAJERA DE *Cratylia argentea*

Marco Vinicio Lobo y Vidal Acuña

Dirección de Investigaciones agropecuarias, MAG

Cratylia argentea es una leguminosa arbustiva nativa de Brasil, Perú y Bolivia. Se introdujo al país hace 10 años por el convenio MAG-CIAT. Se caracteriza por su adaptación a suelos ácidos infértiles, bien drenados y por su capacidad de rebrote durante la época seca.

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción y calidad nutritiva de *C. argentea* a dos edades de rebrote y tres alturas de corte en la región Pacífico Central. El ensayo se realizó en una finca ubicada a una altura de 250 msnm, con una precipitación promedio anual de 2400 mm y 6 meses secos.

De un banco forrajero de *C. argentea* establecido en el 1996, se tomaron 210 plantas, las cuales se dividieron en 3 grupos de 70 plantas cada uno, que representan las tres alturas de corte 30, 60 y 90 cm. Cada grupo se dividió en dos, quedando dos subgrupos de 35 plantas cada uno, los cuales son las dos edades de rebrote 60 y 90 días. Para cada corte se analizó tanto la producción y la calidad nutritiva de la planta.

Evaluación de *Cratylia argentea* a dos edades de rebrote y tres alturas de corte

Edad	Altura	Altura	MS	MS	%	%	%
Rebrote	Corte	planta	gr/planta	t/ha	Proteína	FND	Lignina
60 d.	30	0,57	103,01	1,58	17,60	52,60	14,27
	60	0,48	96,75	1,45	17,30	54,10	15,12
	90	0,66	151,88	2,28	17,92	57,57	15,00
	Prom. *	0,57	116,96	1,75	17,61	54,76	14,79
90 d.	30	1,03	219,63	3,29	15,85	57,60	15,40
	60	0,98	263,95	3,96	14,98	58,83	15,68
	90	1,10	286,02	4,29	15,35	61,43	15,38
	Prom. **	1,03	256,27	3,84	15,39	59,28	15,48

* Promedio de 6 cortes

** Promedio de 4 cortes

En cuanto a la producción de forraje, MS/ha/corte, este fue mayor a 90 días de rebrote llegando a producir el doble que a los 60 días. Sin embargo, el valor de proteína cruda es superior a 60 días de rebrote y a 90 cm de altura, pero la producción de proteína cruda/ha/año fue superior a los 90 días para todas las alturas de corte.

Se concluye que este arbusto cortado a intervalos de 90 días y a 90 cm de altura, presenta la mayor productividad. Por otro lado, es importante mencionar que el costo real de producir un kg de proteína de *C. argentea* es de 20 colones, mientras que el costo de un kg de proteína proveniente de la pollinaza es 3 veces superior.

PALABRAS CLAVES: *Cratylia argentea*, producción, calidad, forraje

EFFECTO DE DOS NIVELES DE CÁSCARA DE BANANO MADURO SOBRE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN GANADO LECHERO

Herbert Dormond, Carlos Boschini y Augusto Rojas

Escuela de Zootecnia

Se analizó la composición química de la cáscara de banana maduro (CBM) y se estudió, en 2 experimentos, el efecto de ésta sobre la producción de leche y los constituyentes lácteos. El primer experimento se efectuó durante la lactancia temprana, seleccionándose 8 vacas Jersey con un promedio de 34 días lactados, divididas en 2 grupos balanceados por número de parto y producción láctea, para aplicarles como tratamientos 14 o 21 kg de CBM fresca, durante 4 periodos experimentales de 7 días. El segundo ensayo se efectuó durante la lactancia intermedia con 10 vacas Jersey con un promedio 94 días postparto y repartidas en 2 grupos igualmente balanceados para evaluar, durante 3 periodos experimentales de 7 días, los mismos niveles de 14 y 21 kg de CBM. La CBM es un subproducto agroindustrial con un alto contenido de Fe(134mg/kg), K(9%), energía bruta (5106 kcal/kg materia seca), extracto etéreo (8,5%) y carbohidratos no estructurales (18,5%). En las dietas ofrecidas hubo un incremento en el consumo de materia seca, proteína cruda y carbohidratos no estructurales en el nivel de 21 kg CBM ($P < 0,01$), con respecto al nivel de 14 kg en ambos experimentos. La inclusión de CBM aumentó el extracto etéreo de 2 a 3,2 y 3,6% en los niveles de 14 y 21 kg de CBM en ambos experimentos. No hubo efecto significativo de los niveles de CBM sobre la producción de leche, ni en sus componentes lácteos. Sin embargo, independientemente del nivel de cáscara, la producción se aumentó en 14%, en el primer experimento y 18% en el segundo experimento, respecto a la producción inicial.

Efecto de los niveles de cáscara de banana sobre la producción de leche, constituyentes lácteos y pesos corporales en las vacas que se encontraban en la lactancia temprana e intermedia.

Variables medidas	Nivel de cáscara de banana, kg/día		
		14	21
Lactancia temprana			
Leche ini* kg/día	16,20	± 2,33	15,10 ± 1,77
Leche, kg/día	17,70	± 3,19	17,90 ± 2,87
Sólidos totales, %	13,09	± 0,78	13,13 ± 0,77
Proteína, %	3,48	± 0,25	3,52 ± 0,33
Grasa, %	4,22	± 0,75	4,21 ± 0,63
Lactosa, %	4,77	± 0,20	4,77 ± 0,18
Sólidos no grasos, %	8,86	± 0,24	8,88 ± 0,33
Peso inicial vacas, kg	381,80	± 31,90	347,00 ± 27,22
Peso final vacas, kg	362,00	± 27,14	369,40 ± 36,22
Lactancia intermedia			
Leche ini*, kg/día	13,48	± 1,76	13,16 ± 1,37
Leche, kg/día	15,72	± 2,34	15,63 ± 2,36
Sólidos totales, %	13,17	± 0,80	13,15 ± 0,66
Proteína, %	3,50	± 0,17	3,50 ± 0,23
Grasa, %	4,33	± 0,70	4,35 ± 0,56
Lactosa, %	4,73	± 0,10	4,73 ± 0,12
Sólidos, no grasos, %	8,82	± 0,19	8,80 ± 0,23
Peso inicial vacas, kg	334,20	± 14,24	333,00 ± 30,88
Peso final vacas, kg	335,27	± 32,40	336,09 ± 30,40

*Leche ini=Producción inicial.

PALABRAS CLAVES: cáscara de banana, producción de leche, subproductos

EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SUPLEMENTARIA CON BANANO VERDE Y MANÍ FORRAJERO (*Arachis pintoi*) EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE DE UN HATO EN SAN CARLOS

Milton Villarreal, Maricela Ugalde y Wilfrido Paniagua

Escuela Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. Apdo 223, 4400 Ciudad Quesada. E-mail: milvilla@sol.racsa.co.cr. Fax: 475 5395.

Augusto Rojas

Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. E-mail: augustor@cariari.ucr.ac.cr. Fax: 224 5527

Yannia Rojas

Laboratorio Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, Ciudad Quesada. Fax: 460 1865

La presente investigación evaluó el efecto de la sustitución parcial del concentrado en la producción y calidad de la leche, utilizando como fuentes alternativas el banano verde y el forraje de *Arachis pintoi* (CIAT 17434 y 18744) en un sistema de corte y acarreo. El trabajo se realizó en la lechería del ITCR, Florencia, San Carlos (172 msnm, 3100 mm precipitación anual, 25,9 °C y 90% temperatura y humedad relativa anual promedio, respectivamente).

De un total de 33 vacas en producción (Holstein, Jersey y cruces HxJ), se seleccionaron animales con períodos de lactancia entre 5 y 260 días para establecer dos grupos: Grupo A conformado por 10 vacas con una producción inicial promedio de 10,5±1,6 kg leche/vaca/día y Grupo B conformado por 8 vacas con una producción inicial promedio de 17,3±3.1 kg leche/vaca/día. De acuerdo a la estimación de requerimientos por nivel de producción, porcentaje de grasa y peso vivo, se probaron las siguientes raciones:

Suplemento (en base fresca)	Grupo A		Grupo B	
	Ración 1	Ración 2	Ración 1	Ración 2
Concentrado (3100 kcal ED/kg, 14% PC), kg	5,7	1,2	8,0	3,5
<i>Arachis pintoi</i> , kg	----	12	----	12
Banano verde, kg	----	9	----	9

A todos los animales se les suministró además 120 g de urea y 100 g de minerales.

Los animales fueron ordeñados a las 4:00 am y 1:00 pm y tuvieron períodos de acostumbramiento a las raciones respectivas. Cada grupo fue analizado independientemente según un diseño reversible simple ("cross over"). Los resultados sugieren que fue posible sustituir el concentrado en un 78% en el Grupo A y en un 56% en el Grupo B utilizando banano verde y maní forrajero, sin efectos negativos en la producción de leche; además, pocos cambios fueron detectados en la calidad de la misma, aunque mayor contenido (%) de grasa fue obtenido en la ración 1 en el Grupo A, pero los contenidos de proteína fueron mayores en la ración 2 en ambos grupos:

	Grupo A			Grupo B		
	Ración 1	Ración 2	C.V	Ración 1	Ración 2	C.V
Kg leche/vaca/día	10,4±1,0 a	10,1±1,8 a	11,8	14,9±2,6 a	14,0±2,5 a	8,0
Corregida 4%grasa Sin corregir	8,8±0,8 a	8,9±1,5 a	12,3	13,7±1,8 a	13,0±1,7 a	6,8
Grasa, %	5,2±0,5 a	4,9±0,6 b	4,5	4,6±0,6 a	4,5±0,8 a	5,5
Lactosa, %	4,6±0,4 a	4,6±0,5 a	2,0	4,6±0,2 a	4,7±0,2 a	1,2
Proteína, %	3,5±0,5 b	3,6±0,4 a	1,6	3,2±0,3 b	3,3±0,3 a	1,3
Sólidos totales, %	14,1±0,8 a	13,9±1,0 a	1,5	13,0±0,7 a	13,2±0,9 a	1,8
Sól. No grasos, %	8,9±0,4 a	8,9±0,5 a	1,3	8,5±0,4 b	8,6±0,3 a	0,6

PALABRAS CLAVES: *Arachis pintoi*, banano verde, producción y calidad de leche

EFFECTO DE LA REDUCCIÓN DEL ÁREA FOLIAR POR MEDIO BIÓTICOS SOBRE LA FOTOSÍNTESIS FOLIAR DEL BANANO (*Musa sp* AAA CV. "Valery")

Martín Hidalgo, Ana Tapia y Werner Rodríguez
Sede del Atlántico, Turrialba, Universidad de Costa Rica

La Sigatoka Negra, *Mycosphaerella fijiensis*, afecta el cultivo del banano reduciendo el área foliar fotosintéticamente activa, lo que trae consigo efectos detrimentales sobre el rendimiento y calidad del fruto. El área dañada por el patógeno se asume que no participa en la fotosíntesis total de la hoja, sin embargo no es conocida la relación entre la enfermedad y dicha variable fisiológica.

Por tal razón se realizó una investigación en condiciones de invernadero con el propósito de cuantificar el efecto de la reducción del área foliar causado por la enfermedad sobre la fotosíntesis. El estudio se llevó a cabo en el invernadero de la Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico; utilizando plantas del cultivar "Valery" reproducidas vegetativamente. Para la obtención los diferentes grados de severidad de la enfermedad se realizaron dos inoculaciones con una suspensión de conidios (164,000 conidios/ml) espaciadas en un mes; las plantas se mantuvieron en condiciones de humedad relativa del 90% y temperatura de 27 °C para asegurar el desarrollo de los síntomas. La fotosíntesis fue medida sobre cada grado de severidad a través de un medidor del tipo "sistema abierto" (Leaf Chamber Analyzer, modelo LCA 4, Advanced Development Company, Inglaterra); compuesto por una bomba regulable, una cubeta de 6,25 cm de área y un analizador de gases infrarrojo.

PROGRAMAS

B-2-P-2-P-2-P

C-2-P-2-P-2-P-2-P

D-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P

E-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P

F-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P

G-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P-2-P

Se realizó un estudio de campo con un arreglo de parcelas divididas.

Se tomaron varias mediciones como la severidad de la enfermedad, el área foliar, la cosecha,

como la producción de los frutos evaluados.

Los resultados estadísticos que se obtuvieron fueron en el análisis de varianzas y los efectos

de los factores A, B y C hasta los 45 días después de sembrado cuando los programas

estadísticos