

Las palmas, una estrategia de vida tropical

Alvaro Ocampo Durán

Universidad de los Llanos y Fundación Horizonte Verde, Villavicencio, Colombia.

SUMMARY

This article attempts to present an approach that allows the reader to appreciate three key aspects about palms. Firstly, their diversity, richness and multiplicity of uses; secondly, their intimate relationship with tropical man and the historic importance of these resources and their importance for the life of communities; thirdly, the importance of profiting from the comparative advantage that they offer as a logical basis for community resources and tropical ecosystems and the life within them. Also, it invites to re-evaluate this resource, which is being shown to represent for the tropics an ever greater real potential and undoubtedly will permit the realization of greater levels of self-sufficiency. In this respect, it demonstrates the advantages of the African Oilpalm in the design of integrated systems of production, and the importance and potential of considering fatty acids as one of the central energy resources for the tropics.

INTRODUCCIÓN

Referirse a las palmas desde la única perspectiva de lo técnico, bien sea de su taxonomía, utilización en sistemas productivos, usos en alimentación y otros, difícilmente podría aproximarse a la realidad de lo que representan estas plantas para el hombre del trópico.

Realmente su relación con la humanidad está invocada desde múltiples aspectos: lo mítico, medicinal, artesanal, su utilización en la construcción, como alimento del hombre y diferentes especies animales, en su rol particular en muchos de los frágiles ecosistemas tropicales, tanto en lo que se refiere a su dinámica, como a la producción de alimentos

para la fauna asociada a dichos ecosistemas, oferente de materiales para la elaboración de vestidos, aceites, azúcar y otros productos que harían muy extensa su enumeración.

Las comunidades tropicales basaron en buena parte su sustento en la oferta natural de las palmas y su experiencia ancestral debería ser un elemento central en el desarrollo de las alternativas de producción sostenibles para el trópico.

Desafortunadamente, la poca capacidad e interés aplicado al conocimiento de los recursos propios, ha dejado a un lado este valioso recurso y es poco lo que se avanza en el conocimiento de su alta diversidad y su utilización en sistemas productivos tropicales. Sin embargo, son pocos, pero valiosos los ejemplos actuales de la importancia del recurso palma en la producción tropical y subtropical: la Palma de aceite Africana (*Elaeis guineensis*), de Coco (*Cocos nucifera*), la Areca (*Areca catechu*), el dátil (*Phoenix dactylifera*) y el Chontaduro o Pejibaye (*Bactris gasipaes*) y otras con alto potencial para su domesticación.

Volver la mirada hacia este recurso, es para el trópico la oportunidad de emprender un camino que cada día lo acercará a sus verdaderas potencialidades y que sin duda le permitirá construir altos niveles de autosuficiencia para sus comunidades, su ecosistema y sus recursos naturales en general, al igual que explorar un potencial importante de ofrecer excedentes al resto del mundo.

No ha estado ausente este recurso en la problemática de la ganadería tropical, que en su modelo tuvo la osadía de alzar la mirada hacia estas bellas exponentes del trópico, solo para destruirlas, pero que jamás entendió que no representaban ningún obstáculo para la productividad animal a partir de forrajes de porte bajo, sino que por el contrario, se hubiese podido implementar uno de los modelos naturales de producción más interesantes a nivel tropical, con un elemento adicional: que la presencia de las palmas en un estrato diferente, hubiese permitido el desarrollo de modelos más integrados, tanto en la diversidad de especies, como en los arreglos productivos posibles de implementar.

Son diversas y aplicables a diferentes modelos productivos, las alternativas actuales con el recurso palma, que podrían ofrecer salidas a la pequeña y mediana propiedad y a la explotación de grandes áreas, involucrando elementos claves para los sistemas de producción tropical, la integración, la optimización de los ciclos productivos con mínimas pérdidas, un uso eficiente de la energía y alta productividad de biomasa.

PALMAS, ALTA DIVERSIDAD Y SINÓNIMO DE RIQUEZA

Cuatro siglos y medio antes de Jesucristo, Heródoto dijo que la palmera, entiéndase la de dáttil, «produce pan, vino y miel». En el siglo primero de nuestra era, Estrabon señaló los usos mas corrientes de esta misma palmera: «después del trigo, observó el geógrafo, la palmera era la que en mayor escala contribuía a la alimentación del pueblo caldeo; de sus frutos se saca una especie de harina; de su savia, vino, vinagre y miel; sus hojas dan buena fibra para tejer; los herreros hacen carbón con el leño del tronco, y su médula macerada y triturada se utiliza para alimento de bueyes y carneros».

Diferentes tribus nómadas de los Llanos Orientales de Colombia utilizaban los frutos de *Oenocarpus* como alimento básico para vivir, el padre Juan Rivero (siglo XVII) citado por Congrains y Tabaquira 1979 (Collazos, 1987), describe este hecho así: «con esto se ceban y engordan los tres o cuatro meses del año, empezando desde Abril hasta fines de Julio, que es el tiempo de esta bellota. Cuando vuelven de sus correrías hacia el mes de Agosto, vienen tan gordos y rollizos que apenas caben en el pellejo».

La calidad de la proteína de *Oenocarpus bataua* es superior o comparable a la mayoría de las fuentes utilizadas por el hombre para su alimentación, el contenido de aminoácidos de la proteína comparado con el patrón de la FAO/WHO 1976 (citado por Collazos, 1987), muestra que los contenidos de triptófano y lisina están en un 90 a 96% de los niveles recomendados, comparada con la mejor proteína animal, y considerablemente mejor que muchas de origen vegetal (40% mejor que la proteína de soya). La leche producida de la pulpa de esta fruta es rica en proteína y aceite, de alto valor biológico, comparable en grasas-proteína-carbohidrato con la composición de la leche humana (Balick y Gershoff 1981, citados por Collazos, 1987).

El fruto de pejibaye o chontaduro, *Bactris gasipaes*, es una fuente importante de carbohidratos, Ca, P, grasa, bajo en fibra y fuente de vitaminas (composición por cada 100 g de mesocarpio de la fruta: agua 56%, calorías 194, proteína 3,01%, grasa 6,14%, carbohidratos 33,05%, fibra 1,02%, ceniza 0,88%, Ca 44,6 mg, P 101,84 mg, tiamina 0,030 mg, niacina 0,455 mg, rivotravina 0,068 mg, caroteno 1,28 mg; Pérez Vela, 1985, citado por Johnson, 1997).

El fruto de *Mauritia flexuosa*, es rico en energía, minerales, proteína y vitaminas (contenido en 100g: calorías 526, proteína 11,0%, grasa

38,6%, carbohidratos 46,0%, fibra 41,9%, ceniza 4,4%, Ca 415,4 mg, P 69,9 mg, tiamina 0,11 mg, niacina 2,57 mg y rivotflavina 0,85 mg; Atchley, 1984, citado por Johnson, 1997).

La calidad y naturalidad del palmito, generalmente proveniente del genero *Euterpe* spp (*Euterpe edulis* y *Euterpe oleracea*), con un contenido promedio de proteína 2,07%, ceniza 1,13%, fibra cruda 0,58% y grasa 0,20% (Quast y Bernhardt, 1978, citados por Johnson, 1997), tiene ya ganado un espacio en la culinaria mundial. Actualmente es creciente el uso de *Bactris gasipaes* para su obtención.

Actualmente se extrae jugo de aproximadamente 20 palmas, entre ellas la Palma de Azúcar (*Borassus flabellifer*; de la cual se pueden obtener desde 11 hasta 30 toneladas de azúcar por ha por año según Borin *et al*, 1995, 1996), coco (Moog 1997, cita mas de 20 usos diferentes de las partes de esta palmera), palma africana de aceite (actualmente la palmera con mayor potencial agroindustrial), *Arenga pinnata*, *Nypa fruticans*, *Mauritia flexuosa*, *Mauritia vinifera*, *Nypa fruticans*, *Phoenix dactylifera*, *Phoenix reclinata*, *Phoenix sylvestris*, *Raphia taedigera* y *Raphia vinifera* entre otras, siendo este un recurso importante para comunidades en países asiáticos principalmente (Camboya, Tailandia, Indonesia, Malasia, Philipinas, Sri lanka y Bangladesh). De algunas de estas palmas se extrae aceite de los frutos y almendras, a las cuales valdría la pena agregar las del grupo *Attalea*, *Astrocaryum*, *Acrocomia* y *Oenocarpus* (Dugand, 1972).

Así mismo, de sus frutos se alimentan algunos animales domésticos, siendo el cerdo el mas importante entre ellos, al igual que la fauna silvestre, que apetece mucho este tipo de frutos, constituyéndose estos en un recurso estratégico para la diversidad animal en el bosque. Los géneros *Acrocomia*, *Astrocaryum*, *Attalea*, *Bactris*, *Ceroxylon*, *Copernicia*, *Elaeis*, *Euterpe*, *Mauritia*, *Oenocarpus*, *Raphia*, *Roystonea* y *Syagrus*, son representativas de este tipo de uso en América Intertropical.

Galeano (1992), menciona un extenso y diversificado uso de las palmas en la región de Araracuara, Colombia, destacándose el numero de palmas utilizadas como alimento: *Astrocaryum aculeatum* (fruto), *Astrocaryum gynacanthun* (fruto), *Astrocaryum sciophilum* (fruto), *Bactris bidentula* (fruto), *Bactris gasipaes* (fruto, semilla, hoja), *Euterpe catinga* (fruto), *Euterpe precatória* (fruto, hoja, cogollo), *Mauritia carana* (fruto), *Mauritia flexuosa* (fruto), *Mauritiella aculeata* (fruto), *Maximiliana maripa* (fruto, semilla), *Oenocarpus bacaba* (fruto), *Oenocarpus bataua* (fruto, hoja, cogollo), *Oenocarpus mapora* (fruto),

Scheelea insignis (fruto, semilla), *Syagrus inajai* (fruto, semilla), *Syagrus smithii* (fruto, semilla).

También su uso en construcción, elaboración de fibras, como medicinales, en la elaboración de herramientas y utensilios domésticos, para la extracción de sal, colorantes, perfumes y cría de insectos, utilizando para ello el tallo, la corteza, las hojas, la savia, la raíz, el pecíolo, el cogollo, la inflorescencia y en algunos casos, toda la palma. Habría que valorar su importancia en términos alimentarios, económicos, sociales y ambientales.

En relación a las propiedades medicinales de las palmas y en particular desde sus componentes fitoquímicos, se dice que las palmas no poseen un grupo característico de principios activos, sin embargo, han sido encontrados alcanos, alcoholes, carbohidratos, aminoácidos, cumarinas, ciclitoles, dépsidos, flavonoides, cetonas, hormonas sexuales, saponinas esteroideas, polifenoles, pigmentos y triterpenos (Schultes y Raffauf, 1990, citados por Zuluaga, 1997); con excepción del género *Areca*, no se encuentran alcaloides (Trease, Evans, 1986, citado por Zuluaga, 1997). Existen reportadas por la literatura etnobotánica y etnomédica, 35 especies de palmas con usos medicinales en América tropical (Zuluaga, 1997).

En el mundo se han reportado aproximadamente 200 géneros y 1,500 especies de palmas, particularmente en el trópico y subtrópico; de estas 67 géneros y 550 especies se encuentran en América (Henderson *et al*, 1995); lo cual está indicando que uno de los recursos más biodiversos con que ha contado y cuenta el hombre son las palmas. Según Mejía, 1997, en la amazonia Peruana existen 142 especies y 34 géneros de palmeras; en 5 subfamilias. En Colombia se declaró una palma como el árbol nacional, la «palma de cera» o «palma blanca» o «palma real» de los Andes Centrales (*Ceroxylon quindiuense*) (Dugand, 1976). Según Johnson, 1997, existen 18 palmas (se excluyen el dátil, palma africana de aceite, coco y pejibaye) con una muy buena opción de domesticación o manejo en medios naturales, para ser incluidas en sistemas productivos tropicales. De estas por su ubicación en América Latina, es importante destacar la *Attalea funifera* (manejo), *Attalea speciosa*; syn. *Orbignya phalerata* (manejo y domesticación, con alto potencial para agroforestería), *Chamaedorea* spp. (manejo y domesticación), *Chamaedorea tepejilote* (manejo, domesticación y potencial en agroforestería), *Euterpe oleracea*;

E. edulis (manejo y domesticación), *Mauritia flexuosa* (manejo) y *Oenocarpus bataua* (domesticación y potencial en agroforestería).

Sería imposible en un escrito de este tipo, mencionar todas las palmas y todos sus diferentes usos, por ello se ha querido presentar una aproximación que le permita al lector apropiarse de tres elementos claves alrededor de las palmas: el primero, su diversidad, riqueza y multiplicidad de usos; el segundo, su estrecha relación con el hombre tropical, el reconocimiento que ancestralmente se tiene del recurso y su importancia para la vida de las comunidades; y tercero, la importancia de aprovechar las ventajas comparativas que el medio natural ofrece y lo determinante que puede llegar a ser para las comunidades y lógicamente para los ecosistemas y la vida en ellos.

Cabría entonces la pregunta: ¿Por qué el camino escogido en el trópico se aleja tanto de esta riqueza? A pesar de ello, existen importantes desarrollos con algunas pocas palmas, que sin duda, son una clara demostración del potencial existente.

Por fortuna, los adelantos que hoy tiene la ciencia, harían posible avanzar significativamente más rápido, en el estudio e incorporación de las ventajas existentes en el recurso palma. Se hace entonces necesario emprender un programa masivo de investigación alrededor de las palmas y su incorporación en la lógica de producción tropical.

PALMAS EN SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN

Como eje conductor del análisis a realizarse en adelante, se tendrá como base de referencia el cultivo de la palma africana de aceite, a partir del enfoque que el autor ha venido desarrollando, que trasciende la única perspectiva de considerarlo un cultivo para la extracción de aceite, para ser considerado como un recurso estratégico para la implementación de sistemas integrados de producción para el trópico (Ocampo, 1995a).

Así mismo, la información presentada a partir del cultivo de palma africana, permite tener una aproximación adicional a la ya expuesta, del recurso palma y su importancia estratégica para el trópico. Tan solo bastaría dedicarle un poco de atención al uso y manejo actual de algunas palmas no explotadas bajo cultivos comerciales, para identificar múltiples sistemas productivos.

Teniendo como referente las estrategias que hacen viable el desarrollo de sistemas integrados de producción (Ocampo, 1997), es posible comprender el rol de la palma en estos sistemas:

La producción de biomasa

Un camino para lograr el incremento de la productividad por unidad de área, es la mayor productividad de biomasa total. Esto es, lograr no solo la mayor productividad en una especie, sino en la totalidad de la productividad de la unidad de producción. Este es un aspecto especial del trópico, que dispone de las condiciones básicas para producir grandes cantidades de biomasa durante todo el año, a partir de lograr mejores eficiencias en la utilización de la energía solar.

El rendimiento mundial de la palma africana expresado en su equivalente energético de la biomasa producida, es significativamente mayor que el de otros cultivos. Alcanza un valor de 156 miles de MJ, mientras que las raíces de la batata (*Ipomoea batata*) de 57, de la yuca (*Manihot esculenta*) de 49 y el maíz de grano 51.

Más interesante resulta el análisis de la producción neta de biomasa del ecosistema palma africana de aceite, tanto en lo que hace referencia a su incremento anual, como a la circulación de la misma en este ecosistema. Se ha estimado que el incremento de biomasa anual puede llegar a 17,4 ton/ha/año y la biomasa en circulación a 11,9 ton/ha/año. En otro ecosistema como el de bosque primario en Malasia, el incremento de la biomasa se estima en 5,83 ton/ha/año y la biomasa en circulación de 19,1 ton/ha/año (Kira, 1978; Corley, 1971; Mar-Moelller *et al*, 1954; Yoda, 1967, citados por Mutert, E.). Podría decirse, entendiendo las implicaciones de la importancia y significado de un bosque que trascienden las de producción de biomasa, que el cultivo de la palma africana sería un bosque altamente productivo.

Un desarrollo importante para obtener este comportamiento, ha sido el logrado en la filotaxia del sistema foliar de la palma, el cual por la distribución espacial de las hojas, le permite tener una cobertura que se aproxima a los 360°, alcanzando un área foliar por palma que oscila entre los 200 y 350 m² (Peralta 1991).

Otro aspecto de gran importancia en la incorporación de muchas de las palmas a diferentes alternativas de producción, es su posibilidad de asociación, a partir del manejo de los estratos de producción. Buen número de las palmas nativas, alcanzan a su edad adulta una altura que no genera mayor tipo de competencia con el estrato bajo, por consiguiente, es factible obtener importantes beneficios del estrato superior en un arreglo productivo con palmas.

Producción de energía

En primera instancia, hace referencia a la productividad de energía en los cultivos tropicales, es decir, su capacidad de producir MJ/unidad de área. Esto es bien importante, porque la intensificación de la producción, deberá estar asociada a la mayor productividad de energía por unidad de área. En términos más amplios, la fuente de energía que el sistema utilice para todos sus procesos es muy importante, si su origen está en el combustible fósil, el viento, el agua, la materia orgánica y la producción de biogás, la biomasa y la generación de gas pobre o de tipo fotovoltaico, determinará la autosuficiencia del sistema productivo y su impacto sobre el medio ambiente.

El balance anual de energía que ofrecen los cultivos productores de aceite, es positivo e incluso tiende a superar el presentado por los cultivos que tradicionalmente se han venido utilizando como fuente energética para la alimentación animal. Expresada la energía en Giga joules/ha, la palma africana tiene un ingreso de 20 y una salida de 164, la soya (*Glicine max*) una entrada de 20 y una salida de 48 y la colza (*Brassica* sp.) una entrada de 25 y una salida de 60 (Wood, y Corley, 1991, citados por Mutert, E.).

La generación de energía a partir de los subproductos de la palma africana, es una ventaja comparativa importante, pues favorece la autogeneración energética que se requiere durante el proceso de extracción del aceite. La cascarilla tiene un poder de combustión de 4,9 Mcal/kg. (Base seca), la fibra de 4,4 y el ráquis de 4,3, valores cercanos a un carbón de mediana calidad, es decir, 6 Mcal/kg. (Base seca).

La Integración

Definitivamente, aquí está la clave de la lógica de los sistemas productivos. La integración no solo de la parte agrícola y pecuaria, sino, de las diferentes especies y de las cadenas alimentarias que se logren diseñar para maximizar el uso de los recursos disponibles. Entre mayor sea el grado de integración, mayor será la eficiencia de la energía introducida al sistema productivo, puesto que serán cada vez menores las pérdidas dentro del mismo.

La utilización de los productos y subproductos de la palma africana, hacen posible lograr un alto nivel de integración y permite la diversificación de especies en la unidad de producción. La utilización del fruto en la alimentación del cerdo, el uso del aceite en dietas para cerdos, aves, equinos, bovinos y ovinos; el uso de la cachaza (subproducto de la

extracción de aceite) en la elaboración de bloques nutricionales para bovinos y ovinos, en dietas para cerdos; el uso de los efluentes (subproducto de la extracción de aceite) en el engorde de cerdos y bovinos y el uso potencial del estiércol generado por las diferentes especies para ser utilizado como generador de energía, en la elaboración de bloques nutricionales o como fertilizante orgánico. Es posible a su vez, la extracción de jugo de la inflorescencia de la palma, así como la elaboración de vino.

El ciclaje y reciclaje de nutrientes

Entender los ciclos de nutrientes, el origen de los mismos y la dinámica en los procesos productivos, hace factible diseñar alternativas de manejo que mantengan la productividad del suelo o del cultivo, así como lograr un mejoramiento progresivo de las condiciones básicas de la producción.

La oportunidad de reciclar importantes cantidades de biomasa proveniente del manejo y explotación del cultivo de palma africana, le permite una mayor autosuficiencia nutricional al cultivo, disminuyendo así la demanda por fertilizantes externos al sistema. El contenido nutricional del ráquis, que equivale al 25% del peso del racimo (N 35%, K 22%, P 2,8%, Ca 1,49% y Mg 1,75%), se constituye en una de las vías importante para el retorno de nutrientes (Ocampo, 1995a); de igual manera, cada tonelada de hojas producto de la poda periódica, aporta al suelo un equivalente de 7,5kg. de N, 1,06kg. de P, 9,1kg. de K y 2,79kg de Mg, cifra que toma relevancia al considerar que se producen 10 ton de hojas cortadas por año (Calvache, 1997).

Otra fuente de nutrientes en el sistema, estaría constituida por las heces de los animales alimentados con productos y subproductos de la explotación de la palma, cifra que puede alcanzar niveles importantes en la medida que la integración agrícola y pecuaria se intensifique.

La eficiencia

Este es el reto central. Lograr sistemas que mejoren esta condición, es la oportunidad del trópico para hacer mejor utilización de su potencial productivo.

Ya se mencionó el balance favorable que el cultivo de la palma africana de aceite tiene en relación a la entrada y salida de la energía, lo cual hace de este cultivo, un cultivo eficiente. Pero en la perspectiva de la producción animal, este aspecto es quizás más interesante. Un análisis

reciente (Ocampo A, Chavarro P, Hacienda Santana, 1997, datos sin publicar), de las cantidades de energía y proteína ofrecidas a cerdos bajo un programa comercial de engorde, estableció que era posible engordar un cerdo con cantidades decrecientes de energía, dependiendo del producto o subproducto de la palma utilizado. Bajo condiciones homogéneas de oferta de proteína (290 g/d), cuando se ofreció cachaza a los cerdos, estos recibieron 10,516 kcal/d, al recibir fruto entero fresco 5,634 kcal/d y cuando se les ofreció lodos o efluentes 3,138 kcal/d. Se obtuvo en todos los casos una ganancia promedia de 550g/d. Lo anterior permite evidenciar la ventaja comparativa de utilizar una fuente de ácidos grasos, como los recursos de la palma, en la alimentación del cerdo.

Procesos limpios

Todo lo anterior apunta de alguna manera, a lograr que el proceso productivo sea limpio y que como resultado del mismo se incremente la productividad, sin detrimento del medio natural y las condiciones de vida de la sociedad.

LOS ÁCIDOS GRASOS DE LAS PALMAS, EJE ENERGÉTICO DEL TRÓPICO

Este es el mensaje central. Hasta ahora los ácidos grasos en la nutrición animal han jugado un papel marginal, siendo en consecuencia privilegiado el enfoque del uso de carbohidratos y en algunos casos azúcares (bien importante el referido a la caña de azúcar), como fuentes de energía; lo cual ha implicado necesariamente el uso de cereales en la producción animal.

Las palmas son de hecho, las mayores y más importantes productoras de ácidos grasos, en consecuencia, estas podrían soportar una estrategia energética para la producción animal en el trópico.

Como un aporte a esta discusión, se presentan algunos de los resultados obtenidos en diferentes especies animales, donde la oferta de ácidos grasos ha jugado un papel determinante (Ocampo, 1995a, 1995b, 1996a, 1996b, 1997; Ocampo *et al.*, 1995; Peñuela, 1997).

Se ofreció cachaza (subproducto de la extracción de aceite) a los cerdos y se evaluaron diferentes niveles de restricción de la proteína teniendo como testigo los niveles recomendados por el NRC (1988) como sigue: T0 recibió 256g/d durante la fase de levante, 256g/d durante el desarrollo y 360g/d en la ceba; los otros tratamientos recibieron un solo nivel de oferta durante todo el período de engorde, Ta recibió 256, Tm

228 y Tb 200 g/d; la proteína fue fortificada con vitaminas y minerales. Teniendo como referencia el ciclo total o fase consolidada (22 a 90 kg), la mayor ganancia diaria de peso fue obtenida por el tratamiento testigo (T0) con 0,558 kg, seguido del Tm, Ta y Tb con 0,545, 0,532 y 0,505, respectivamente. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos, a pesar de recibir cada uno diferentes niveles de proteína. El mayor consumo de cachaza se presentó en el Tb con 2,56kg/d, seguido del Ta, T0 y Tm con 2,45, 2,33 y 2,23kg, respectivamente.

Se ha evaluado el uso del aceite crudo de palma africana en la alimentación del cerdo, obteniéndose buenos resultados biológicos y económicos, al utilizar niveles de 400 a 500g/d, durante el periodo de engorde (20 a 90kg), asociado a niveles restringidos de proteína fortificada con vitaminas y minerales (200 a 220g/d). El aceite se ha constituido en una puerta de entrada para la inclusión de proteína «verde», a partir de diferentes cultivos tropicales, *Azolla filiculoides*, *Trichantera gigantea* (hojas), *Manihot esculenta* (hojas). Se ha logrado sustituir eficientemente el 20% de la proteína tradicional (torta de soya) por las fuentes forrajeras, con buenos resultados; con ganancias diarias de peso entre 500 y 550g, con una oferta de proteína y de energía aproximadamente 50% inferior a lo establecido por los cuadros nutricionales para cerdos en los sistemas basados en cereales. La conversión alimenticia oscila entre 1,9 y 3,0, demostrando la eficiencia de esta alternativa de alimentación.

A partir de la inclusión del aceite crudo de palma africana en dietas para cerdos de engorde en pastoreo (alojados en potreros), se ha logrado respuestas positivas tanto biológicas como económicas, con ganancias de peso entre los 450 y 500g/d., siendo determinante en este tipo de manejo y producción del cerdo, el mejoramiento del suelo que se obtiene mediante la presencia de los animales y como producto de su propia etología; además, la producción se logra con un ambiente animal excelente. La idea básica es producir carne y simultáneamente mejorar las condiciones del suelo, a partir de lograr una mayor actividad orgánica en el mismo, por los aportes de precursores orgánicos que el animal hace y el manejo de los residuos de alimentación, cuando se utilizan volúmenes altos de forraje en la dieta.

Se evaluó el uso del fruto fresco de palma africana de aceite como fuente básica de energía en la alimentación del cerdo y posteriormente se evaluó este recurso asociado a diferentes niveles de pulidura de arroz

como fuente de carbohidratos; en todos los casos utilizando en promedio 200g/d de proteína, fortificada con vitaminas y minerales. Los tratamientos consistieron en 100, 200, 300 y 400g/d de pulidura de arroz durante la fase de levante y 150, 250, 350 y 450 en la ceba; el fruto se ofreció a voluntad. Las ganancias diarias de peso para todo el período (levante y ceba) fueron 0,485, 0,515, 0,492 y 0,497kg, respectivamente, con conversiones alimenticias en materia seca de 3,2, 3,2, 3,3 y 3,3, respectivamente. Los consumos voluntarios de fruto entero (kg/d), fueron 1,1, 1,1, 1,0 y 0,90 respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas.

Recientemente se ha evaluado el uso de los lodos o efluentes (resultado del proceso de extracción de aceite), en el engorde del cerdo (20 a 90kg), lográndose ganancias diarias promedio de 500 a 550g/d, con una oferta diaria de proteína de 250g/d, fortificada con vitaminas y minerales y un consumo de efluentes promedio de 12 l/d. El contenido de materia seca de los lodos es de 3% y el contenido de grasas de estos en base seca es de 12,23%. Es importante mencionar que los efluentes, por su alta demanda de oxígeno (D.B.O 19,000 mg/l; D.Q.O. 32,000 mg/l), pueden constituirse en una fuente de contaminación de los recursos hídricos cercanos a las plantas extractoras.

El aceite crudo de palma también se ha evaluado en la alimentación de pollos tipo broiler, bajo un sistema de semiconfinamiento y asociado a árboles. En términos generales, los pollitos son manejados de manera tradicional durante sus dos primeras semanas de vida (criadoras, fuente de calor, alimento balanceado y plan de vacunación recomendado para la zona); posteriormente tienen acceso al pastoreo debajo de los árboles y en la noche regresan a un refugio. Los animales a partir de la segunda o tercera semana de vida, reciben una mezcla de una fuente de proteína (torta de soya 97,5%, tricalfos 2%, mezcla de vitaminas y minerales 3% y sal 0,2%), con una de energía (100% aceite crudo de palma o 80% aceite y 20% pulidura de arroz). En algunos casos, los pollitos tienen acceso al consumo de *Azolla filiculoides* desde la segunda semana de vida hasta lograr su peso final. Los pesos finales obtenidos oscilan entre 1,9 y 2,1kg a las 7 semanas de vida; una conversión acumulada entre 1,5 y 1,7; consumos acumulado ave/día entre 510 y 630g; rendimiento en canal entre 76 y 79%; consumo de azolla de 40 a 180g/d.

Un trabajo realizado por Álvarez (1990), reportó buenos resultados al ofrecer una mezcla a voluntad de efluente-urea, a novillos de engorde en pastoreo en una pradera de *Brachiaria decumbens*. Cuarenta animales

durante 70d experimentales tuvieron una ganancia diaria de 607g, consumiendo 2,75 galones de efluente, entre 10 y 40g de urea, con una carga animal de 2,8 unidades. La producción de kg de carne/d/ha fue de 1,7, cifra muy superior a los promedios nacionales.

Álvarez (1989), determinó que los solubilizados de ácidos grasos son una buena fuente de energía palatable y por su alto valor energético mejoran la calidad de la ración. Su energía neta de mantenimiento esta en 4,55 Mcal/kg y su energía neta de producción en 2,60 Mcal/kg. Alimentando 12 animales machos Cebú castrados mestizos, de edad estimada entre 12 y 36 meses, durante 132d, obtuvo incrementos de 645 g/d, utilizando niveles de 3 a 8% de solubilizados. Un kg de ración suministra proteína 26%, TDN 61%, Mcalm 0,964, Mcalp 0,404, fibra 20,5%, Ca 0,62% y P 0,37%.

Otro trabajo realizado en Puerto Gaitán (Meta, Colombia), evaluó la respuesta al bloque energético en bovinos de engorde: 45 novillos por grupo durante 67 días, con un peso inicial promedio de 250kg; cuatro tratamientos: *Brachiaria decumbens* sin bloque, sabana nativa sin bloque; y dos en sabana nativa de guaratara (*Axonopus purpussi*) con bloque al 10% de aceite crudo de palma o solubilizados de ácidos grasos. Las ganancias fueron de 146 g/d para el grupo en sabana nativa, 420g para el de sabana nativa más bloque 10% de aceite, 443g para el grupo de sabana nativa más bloque 10% solubilizados y de 450g para el de *Brachiaria*. Los animales consumieron en promedio 220g/d de bloque.

CONCLUSIÓN

Las palmas tropicales son un recurso valioso para la vida en el trópico. Su alta diversidad y oportunidad de usos, así como su alto contenido nutricional representan alternativas importantes para el diseño de nuevos sistemas productivos, donde sea posible expresar el dialogo entre los distintos conocimientos sobre este recurso y donde su riqueza encuentre un nicho adecuado para expresarse. Las palmas tienen la posibilidad y potencialidad, de constituirse en la base energética del trópico y de esta manera, intensificar la producción animal, sin perder el anuncio ancestral de que las palmas representan una estrategia de vida tropical.

Bibliografía

- Borin Khieu & Preston, T.R.**, 1995. Conserving biodiversity and the environment and improving the wellbeing of poor farmers in Cambodia by promoting pigs feeding systems using the juice of the sugar palm tree (*Borassus flabellifer*). In: *The proceedings of the second international conference on increasing animal production with local resources*, October 27-39, 1995, Zhanjiang, China. pp 98-102.
- Borin Khieu, Preston, T. R. & Lindberg, J. E.** 1996. *Juice Production from the sugar palm tree (Borassus flabellifer) in Cambodia and performance of growing pigs fed sugar palm juice*. pp 1-9.
- Calvache G., H.**, 1997. La Palma de aceite, cultivo sostenible. En: V Seminario-Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Collazos, María Elena**, 1987. *Fenología y Poscosecha de mil pesos Jessenia bataua* (Mart) Burret. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.
- Dugand, A.**, 1972. Las palmera y el hombre. *Boletín científico del Departamento del Valle del Cauca* CESPEDESIA, 1(1 y 2):31-102. Cali, Colombia.
- Dugand, A.**, 1976. Palmas de Colombia. *Boletín científico del Departamento del Valle del Cauca* CESPEDESIA, 5(19 y 20):297-245. Cali, Colombia.
- Galeano, Gloria**, 1992. Las palmas de la región de Araracuara. Estudios en la Amazonia Colombiana. *Tropenbos - Colombia*. Volumen 1. Bogotá, Colombia.
- Henderson, A., Galeano G. & Bernal R.**, 1995. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press. United States of America. 352 pp.
- Johnson, D.**, 1997. The role of palms in future tropical production systems and strategic palm species for human nutrition. En: V Seminario-Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Mejía, K**, 1997. Utilización de las palmeras en la amazonia peruana. En: V Seminario-Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Mutert W., E.** *La Palma aceitera, el cultivo dorado de los trópicos*. Director de la Oficina para el Sureste Asiático del Instituto de la Potasa y el Fósforo. Singapore. Mimeógrafo.
- Moog, F.A.**, 1997. Roles of Coconut and the Potential of Coco-Palm Juice in Animal Production in the Philippines. En: V Seminario-Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Ocampo, A.**, 1995a. *La Palma Africana (Elaeis guinnensis Jack), Recurso Estratégico en Sistemas Integrados de Producción Tropical*. Tesis Magister en Desarrollo Sostenible

- de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana, convenio con la Fundación CIPAV y el Instituto Mayor Campesino. Santafé de Bogotá.
- Ocampo A.** 1995b. The African Oil Palm: strategic resource for animal production in the tropics. In: *First FAO electronic conference on Tropical Feeds* (On the internet FAO home page), FAO, Rome.
- Ocampo, A., Peñuela Lourdes. y Mejía, M.** 1995. *Desarrollo de Sistemas Sostenibles de producción para los Llanos Orientales de Colombia*. Proyecto Fundación Horizonte Verde - Fundación Yamato - Corporación Ecofondo. Puerto Gaitán, Meta.
- Ocampo, A.** 1996a. The African Oil palm in integrated farming systems in Colombia: new developments. In: *Second FAO electronic conference on Tropical Feeds* (On the internet FAO home page), FAO, Rome.
- Ocampo, A.** 1996b. Estrategia Energética en la Producción Bovina a partir del cultivo de Palma Africana y su potencial de Integración. En: *Seminario Ceba Bovina Intensiva y Semi-intensiva: Alternativa Rentable al año 2000*. Corporación CIPEC. Pereira, octubre 3 al 5.
- Ocampo, A.** 1997. Sistemas Integrados de Producción: base de la Ganadería del Tercer Milenio. En: Seminario Internacional '*La ganadería del Tercer Milenio: Sistemas Integrados de Producción*'. Banco Ganadero y la Corporación para el Desarrollo Integral del sector Pecuario - CIPEC, Santafé de Bogotá, 27 al 29 de noviembre.
- Peñuela R., Lourdes,** 1997. La contribución de Sistemas Porcinos al manejo de las sabanas orinocenses. En: V Seminario - Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Peralta, F.** 1991. Influencia de los factores climáticos sobre el crecimiento y producción de la palma aceitera. En: *XIX Curso de Palma Aceitera*, ASD, Costa Rica.
- Zuluaga R., G.** 1997. Etnomedicina de las palmas tropicales. En: V Seminario -Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.

Comentarios

R. Sánchez, G. Febles, T. E. Ruiz y J. Alonso

El recurso palma es un tema poco tratado y estudiado dentro del contexto de estas disciplinas independientemente de la utilidad que pudieran brindar en sistemas integrados en áreas tropicales. En Cuba existen alrededor de un centenar de especies de palmas, el 90% de las cuales son endémicas. *Roystonea* o Palma Real es un árbol nacional, y aunque no es endémica de Cuba su presencia en nuestro escudo es un detalle admirable del paisaje cubano, por ello generalmente se considera como un elemento que representa la cubanía. Es una planta útil ya que de su tronco se hacen tablas para la casa del hombre de campo y también preciosos bastones. Las pencas sirven para techar casas y dar sombra al tabaco; con espatas se hacen catauros y con las yaguas se hacen tercios para envasar tabaco en ramas. Las flores son muy visitadas por las abejas; los frutos, numerosísimos llamados palmiches son un excelente alimento para la ceba de cerdos con un contenido de proteína bruta cercano a 4% y una energía digestible de 7,5 MJ/kg. Se pueden hacer escobas, sopas, ensaladas y el aceite de palmiche puede utilizarse en la fabricación de jabón. La palma florece y fructifica todo el año y cada planta ofrece de dos a ocho racimos de palmiche anualmente.

Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia

Siavosh Sadeghian,* Juan Manuel Rivera** y María Elena Gómez*

* Fundación CIPAV, Cali, Colombia

** Planeación Ambiental, Corporación Autónoma Regional del Quindío.

SUMMARY

This article is a review of the basic aspects of soil fertility and its physical, chemical and biological components. General results of three research projects related to ranching activities and their effects on soil characteristics are summarised. The first one evaluates nutrient cycling in a protein bank with *Gliricidia sepium* where the increase in organic matter (20%) and phosphorus (15%) are emphasized. The second project determines and evaluates the fertility of the soil in protein banks of Nacedero (*Trichanthera gigantea*) and Chachafruto (*Erythrin edulis*) and a pasture. The results show the contribution of these systems to fertility. The third one shows the effects of different coffee agroecosystems, native forests and/or bamboo and three types of cattle ranching systems (mainly intensive in nature) on soils in six municipalities in the department of Quindío. The most relevant points with respect to the cattle operation are the well-known increase in compaction, changes in the soil-water-air relationship and the modification of the proportion of K with respect to the Ca and Mg.

INTRODUCCIÓN

Si bien la ganadería es una actividad productiva creciente en el área que ocupa, cada vez sus efectos negativos para el suelo se hacen más evidentes. Por eso uno de los retos más grandes que enfrenta la investigación en los trópicos húmedos y sub-húmedos es la necesidad de desarrollar una agricultura viable con sistemas de cultivos que sean capaces de asegurar la producción incrementada y sostenible con un mínimo de degradación del recurso suelo (Kang, 1994). Las investigaciones que se realizan sobre sistemas agroforestales donde se pretenden evaluar las ventajas y los efectos benéficos deben incorporar cada vez elementos y metodologías que permitan demostrarlas y evidenciarlas.

En este proceso deben participar en forma conjunta profesionales de varias disciplinas (biológica, económica y social) y productores. Ello permitirá analizar de una manera más integral y real las verdaderas implicaciones, aportando elementos para la toma de decisiones sobre la implementación de dichos sistemas. «Porque aquellos que son capaces de leer los signos que reflejan cómo le está yendo a la tierra y de comprender las consecuencias, tienen una mejor oportunidad de lograr un uso sostenible efectivo de la tierra» (Campbell, 1994 citado en LEISA, 1997).

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad es la forma indirecta de medir la capacidad de producción de suelos y la manera clásica de medirla ha sido a través de la caracterización química y física. Su conservación se ha basado en el balance de nutrientes, que incluye la cantidad presente en el suelo, la cantidad que extraen los cultivos para una producción esperada y la eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas aplicados como fertilizantes de síntesis.

Se considera que el suelo es un ecosistema vivo y complejo compuesto por agua, aire, sustancias sólidas e infinidad de seres vivos que interactúan activamente. Todos estos elementos son determinantes para la presencia y disponibilidad de nutrientes, los cuales inciden sobre la condición del suelo y la permanencia de las actividades agropecuarias en un sistema productivo. Por estas razones el análisis sobre la calidad del suelo debería hacerse en términos más amplios que incluyan parámetros físicos-químicos, biológicos y ambientales.

Las alteraciones locales de un ecosistema tropical, por sutiles que parezcan, pueden producir reacciones en cadena o red capaces de alterar en proporción exponencial todo el ecosistema. Por lo tanto es importante recordar que en promedio la fertilidad de un bosque tropical se encuentra en un 30% en el suelo y un 70% la biomasa del bosque mismo, o mejor en las interacciones entre especies que conforman esta biomasa (Hilderbrand *et al.*, 1994).

Si se mantienen esos principios ecológicos de un ecosistemas natural (por ejemplo el establecimiento de ciertos árboles en cultivos anuales como la mejor manera de preservar la fertilidad y la estructura de muchos suelos tropicales) es probable que a largo plazo esto produzca el más alto rendimiento del agricultor (Altieri y Yurjevic, 1991).

EFFECTO DE LA GANADERÍA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Lal (1996), determinó los efectos de la deforestación, la labranza de «post desmonte» y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo, durante 1978 a 1987 en sur oeste Nigeriano. Los resultados mostraron que la deforestación y los cambios en el uso del suelo causan cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido extremadamente favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala. La densidad aparente y la resistencia a la penetración como indicadores de la compactación se incrementaron significativamente y con ello la infiltración se vio reducida debido al pisoteo del ganado (3 cabezas por hectárea).

Pinzón y Amézquita (1991) midieron los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de su compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia). Los resultados de esta investigación revelaron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Sin embargo la intensidad de estos cambios depende de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla (*Homolepis aturensis*) que pasturas de *B. decumbens* y más en áreas de lomerío (altura pequeña en el terreno) y de terrazas que en las vegas. La compactación fue mayor en los primeros 15 cm, ocasionando una severa disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire que afectan el desarrollo de las raíces de las plantas y su

productividad. Con relación a la estructura, se encontró una pérdida de esta característica por pisoteo.

Sánchez. *et al.* (1989) evaluaron diferentes niveles de pisoteo (0; 3,3; 6,6 y 8,3 animales/ha/año) sobre las características del suelo. En este experimento ellos utilizaron rotaciones de 3 potreros, para un tiempo total de 42d (14 d/potrero), con animales de 2 años de edad, Pardo Suizo x Cebú, cuyo peso inicial era de 180kg. Los resultados mostraron que la densidad aparente, como indicador de la compactación mostró valores más bajos a medida en que se disminuía el número de animales. El pisoteo redujo la porosidad total, teniendo mayores efectos sobre la macroporosidad. La biomasa de lombrices mostró una correlación negativa con respecto a la densidad aparente.

El pisoteo, la defoliación y el retorno de nutrientes por los animales pueden considerarse en términos generales como los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo. En cuanto al reciclaje de nutrientes se refiere, son evidentes los efectos en la transferencia de nutrientes vegetales en los potreros debido a los productos excretados por los animales en potreros. La mayor parte de estos nutrientes se retorna al pastizal en forma de heces y orina, cuya cantidad es considerable. Las excretas contienen los nutrientes necesarios para las plantas y en las proporciones deseadas aproximadamente. Sin embargo esos nutrientes no pueden estar todos inmediatamente disponibles para las raíces de las plantas. La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente. Teóricamente, los mismos nutrientes pueden ser usados varias veces por las plantas y animales en un período corto, mientras que puede tomar un año o más el crecimiento normal de la planta para descomponer y liberar nutrientes para la utilización por otras plantas (Hilder citado por Funes, 1975). El agotamiento de las reservas por debajo de un nivel crítico puede ocasionar la muerte de la planta y, por consiguiente, la cubierta basal en los pastizales sujetos a sobrepastoreo, lo que usualmente va asociado con el incremento de especies de gramíneas indeseables y malezas y también con la erosión y deterioro del suelo (Weinmann citado por Funes, 1975).

La ganadería puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. En particular los sistemas cerrados de granjas

mixtas pueden renovar o reponer una fracción sustancial de los nutrientes del suelo, y por consiguiente reducir la necesidad de aplicar fertilizantes inorgánicos. Resulta difícil estimar los beneficios económicos del mejoramiento de la estructura del suelo como un resultado de la adición de materia orgánica. Sin embargo a nivel general se puede afirmar que la adición de fertilizantes orgánicos incrementa la capacidad de intercambio catiónico y mejora las condiciones físicas por el incremento de la capacidad de retención de agua y por ende la estabilidad estructural, entre otros.

En cuanto a las deficiencias nutricionales del sistema y el control de la erosión, se podría hacer énfasis sobre practicas que conduzcan al reciclaje mas eficiente de nutrientes, entre estos se puede mencionar:

- Mejoramiento del suelo, haciendo uso de coberturas vegetales (mulch), preparación del suelo con labranza reducida, prácticas de conservación como construcción de terrazas y el uso de barreras, etc. (Amézquita, 1994).
- Mejoramiento de la producción y calidad de alimento, con la reducción de presiones sobre potreros, favoreciendo la transferencia interna de nutrientes, con prácticas como: (1) introducir árboles y arbustos forrajeros para reducir la erosión y contribuir a la fertilidad del suelo (Montagnini *et al.*, 1992); (2) mejorar la calidad de alimento para el ganado, por ejemplo a través de enriquecimiento de la dieta con urea (Preston y Leng, 1989); (3) usar alimentos no convencionales como caña de azúcar, frutos de árboles, hojas de bambú, etc (Preston y Murgueitio, 1992); (4) reducir la pérdida de nutrientes y utilizar métodos que aumenten la eficiencia de la aplicación de fertilizantes.

SISTEMAS AGROFORESTALES Y EL SUELO

Los árboles en sistemas agroforestales cumplen funciones ecológicas de protección del suelo disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento (Montagnini *et al.*, 1992; Fassbender, 1993). También pueden modificar las características físicas del suelo como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos incrementan los niveles de materia orgánica), la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K (Yung, 1989). El sistema radicular extendido y profundo aumenta

el área disponible para captar agua y nutrientes. Además, las formas arbóreas constituyen un mecanismo efectivo de capturar y retener carbono atmosférico (Gutiérrez, 1995).

Por todas estas condiciones los sistemas agroforestales son una opción de uso en los trópicos húmedos, zonas de montaña, zonas sub húmedas y desérticas en su condición de ecosistemas frágiles. Investigaciones que respaldan las recomendaciones para el manejo de los suelos de la ladera andina y usos pecuarios con Sistemas silvopastoriles:

Ciclaje de nutrientes en un banco de *Gliricidia Sepium*

En la hacienda el Hatico situada en el Valle del Cauca (Colombia), en una zona correspondiente al bosque seco tropical en el municipio del Cerrito, se evaluó durante un año el ciclaje de nutrientes mediante una ecuación de balance de nutrientes en un banco de *Gliricidia sepium* con cuatro años de establecido. La ecuación de balance utilizada fue:

$$Q_i = Q_v + Q_h + Q_f$$

Q_i = Cantidad inicial en el suelo (kg/ha) de MO, P, K, Ca, Mg.

Q_v = Cantidad de nutrientes (kg/ha) en el forraje verde en cuatro cortes (66,3ton en verde, que corresponden a 15,2ton de materia seca).

Q_h = Cantidad de nutrientes (kg/ha) en la hojarasca (3,38ton MS).

Q_f = Cantidad final en el suelo (kg/ha) un año después.

Se encontró que el balance de nutrientes en kg/ha/año ($Q_f + Q_v + Q_h - Q_i$) fue positivo, se activó la absorción y la circulación de nutrientes (997kg para el N, 50kg para el P, 314kg para el K, 282kg para el Ca y 125kg para el Mg), con lo que se concluyó que además de la fijación de nitrógeno atmosférico y el aumento la retención de carbono en el suelo (20% de materia orgánica en un año), *Gliricidia sepium* también contribuye al ciclaje y reciclaje del P, K, Ca y Mg (Gómez y Preston, 1996).

Evaluación de bancos de proteína, enfatizando la fertilidad del suelo

En el municipio de El Dovio (Valle del Cauca-Colombia) sobre la cordillera occidental en una zona marginal cafetera que corresponde a bosque húmedo premontano, se evaluaron dos bancos de proteína como sistemas comparados con un potrero, enfatizando en la fertilidad entendida como la expresión de la interacción de las diferentes variables

físicas, químicas y biológicas que la generan (Gómez, 1997). Los sistemas evaluados fueron:

- Banco de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con dos años de establecido en un lote proveniente de potrero de estrella (*Cynodon nlemfuensis*).
- Banco mixto nacedero (*T. gigantea*) - chachafruto (*Erythrina edulis*) con nueve años .
- Potrero con 12 años, compuesto por mezclas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), braquiaria (*Brachiaria decumbens*), yaraguá (*Melinis minutiflora*) y gramas nativas (*Paspalum*) sp, así como algunas especies de leguminosas herbáceas como *Desmodium* sp y *Stylosanthes* sp.

Los resultados mostraron que el contenidos de materia orgánica fue mayor en el potreros (7,7%), en comparación a los bancos de nacedero (5,9%) y mixto (5,5%). Si los contenidos de materia orgánica en el suelo están influidos por varios factores como el material parental, el clima, la acidez, el tipo de vegetación y la biota del suelo (Fassbender, 1993) y en orden de importancia los primeros factores son la vegetación y el clima, y después está el materia parental (Jenny citado por Fassbender, 1993; Nye y Greenland; Williams y Joseph citados por De Las Salas, 1987), se podría decir que esta diferencia podría deberse a la vegetación, las relaciones que allí ocurren y por el manejo de plantas y animales.

Los contenidos de P fueron: 71ppm para el banco mixto, 11ppm para el nacedero y 5 ppm para el potrero. Con respecto al P en el suelo, este depende del material parental y en las áreas tropicales parece estar ligado con la materia orgánica (Fassbender y Bornemisza, 1987). Sin embargo en el potrero, donde la materia orgánica fue mayor, el contenido de fósforo fue menor.

Las variables físicas medidas fueron la porosidad y la compactación, las cuales están relacionadas con los espacios porosos en el suelo, a través de los cuales circula el aire y el agua. Los valores encontrados para la porosidad (%) y la compactación (kgf/cm²), medida a los 5 y 10cm fueron: 43%, 1,8 y 1,4 (kgf/cm²) para el banco de nacedero; 39,8%, 1,9 y 1,6 (kgf/cm²) para el banco mixto y 32%, 2,2 y 2 (kgf/cm²) para el potrero.

Las variables biológicas evaluadas fueron para la mesofauna, el número de grupos e individuos. Se encontraron 8 grupos promedio por muestra para el banco de nacedero y el banco mixto y para el potrero 5. Con estos datos se observa una relación directa de las variables biológicas con las físicas.

Con respecto al fósforo se presenta una diferencia considerable con respecto al banco mixto el cual involucra una especie leguminosa como es la *E. edulis*. Primavesi (1987) dice que existe una movilización potencial del fósforo en la rizósfera por micro organismos como bacterias (*Aerobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*), hongos (*Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*) y las micorrizas son las más estudiadas. También la disponibilidad de fósforo puede estar ligada a leguminosas herbáceas y las cuales movilizan cantidades apreciables por ejemplo caupí (*Vigna sinensis*) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y árboles como matarratón o *Gliricidia sepium* (Gómez, 1993) y pízamo o *E. fusca* (Rodríguez, 1992).

En estos sistemas se generan entonces una serie de relaciones en cadena, donde convergen todas las variables donde los nutrientes son disponibles y que hacen eficiente el funcionamiento de un sistema.

Como una prueba complementaria en la que se expresan todas las variables se realizó una prueba de fertilidad que es método rápido y sencillo que indica el actual estado de fertilidad de determinado suelo, el cual se basa en el desarrollo de plantas de maíz (*Zea mais*) expresado en altura de las plantas en centímetros y número de hojas formadas en un tiempo determinado (20 a 40 días). Las semillas se siembra en bolsas (capacidad de 250g) donde el suelo utilizado para el llenado se extrae a una profundidad de 0-25cm de los sistemas que se quieren evaluar y/o compara. Se utiliza el maíz por ser muy sensible a la fertilidad del suelo, donde su productividad también es un buen indicador (Bunch y López, 1995).

En esta prueba se expresa el desarrollo frente a un patrón de fertilidad donde las plántulas alcanzan un mayor desarrollo, que en este caso fue lombricompuesto. Las plántulas de maíz alcanzaron en el suelo del banco mixto un mayor desarrollo (78% del control), que las del banco de nacedero (73%) y que las del potrero (53%).

La producción de biomasa total en el banco mixto fue de 98,5 ton/ha/año (dos cortes año), que corresponde a 81,9ton de forraje verde, 3,6 ton de material ligeramente lignificado que puede utilizarse como material de propagación (estacas) y 13 ton de hojarasca aportadas al

ciclaje de los nutrientes. El banco de nacedero produjo 34,7ton/ha (18 forraje verde y 16,7 material leñoso) en dos años cuando se realizó su primer corte.

VALORACIÓN ECONÓMICO AMBIENTAL DEL SUELO Y SU FERTILIDAD

Utilizando el enfoque económico para analizar con los productores la fertilidad de los suelos en diferentes sistemas, y socializar de esta manera los resultados biológicos y productivos representados en el mejoramiento de la calidad del suelo, se realizó un ejercicio de valoración económica de la calidad del suelo, en el que se determinó su importancia en el precio comercial de la tierra y se comparó el efecto del uso (bancos de proteína) sobre la fertilidad.

Con la participación de investigadores de varias disciplinas (agrónomos, biólogos, economistas, sociólogos y veterinarios) y los productores involucrados (campesinos), la utilización de diferentes herramientas (análisis de laboratorio físicos, químicos, prueba biológico), técnicas metodológicas (Talleres participativos, juego de roles, mapas veredales, valoración contingente, precios hedónicos) y la combinación de las mismas se logró llegar a la valoración cualitativa y cuantitativa del suelo en los sistemas estudiados.

En la asignación de valor y precio al suelo se encontró que el suelo representa el 20% sobre el valor total del predio (finca) y que la fertilidad contribuye con un 12%. Comentarios al respecto:

- Los sistemas silvopastoriles son una opción productiva que permite restablecer los flujos de nutrientes por las múltiples relaciones que allí se activan, que más allá de ser competitivas son complementarias, donde finalmente se conserva y se mejora el suelo que sustenta una producción nada despreciable.
- En el proceso de evaluación y valoración de estos sistemas que son bastante complejos, el reto es grande, lo que implica una forma distinta de entenderlos, donde participen y se integren diferentes disciplinas (biológicas, sociales y económicas), se aproveche la versatilidad que ofrecen muchas técnicas y herramientas y se generen nuevas alternativas que sean de fácil aplicación y replicación.

EFFECTOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE AGROSISTEMAS CAFETEROS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE SUELOS EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

En el año 1992 se inició una de las crisis más difíciles para el sector cafetero en Colombia, debido a la disminución de los precios del grano y la incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei*). Esta situación provocó la eliminación gradual de cafetales y el establecimiento de nuevos sistemas agropecuarios.

Uno de los departamentos con mayor representación en la producción de café es Quindío, el cual se ubica en la región central del país, con altitudes que fluctúan entre los 1 200 y 1 900 msnm. y temperaturas promedias de 18 y 20°C. Allí se han eliminado cerca de 14 000 ha de café durante los años 1992 a 1996, y en su lugar se han establecido otras especies, principalmente pastos mejorados para fines ganaderos bajo sistemas intensivos de manejo.

Con el propósito de determinar los efectos de esta transformación sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos la Fundación CIPAV llevó a cabo una investigación para la Corporación Autónoma Regional del Quindío (institución departamental que regula el uso de los recursos naturales), durante los meses de junio a diciembre de 1997 en dos tipos de suelos del Quindío (Typic Hapludans y Typic Dystropepts-Typic Hapludalfs). Este trabajo perseguía identificar los elementos negativos y las amenazas actuales o potenciales y aportar elementos para los procesos de ordenamiento ambiental del territorio y la reglamentación de los usos del suelo (incentivos, castigos y prohibiciones).

Los agroecosistemas evaluados fueron:

- Cultivos de café bajo sistema de manejo tradicional (variedades tipo arábigo y borbón, con sombrío de árboles y plátano, bajas densidades de siembra y reducido o nulo uso de agroquímicos).
- Cultivos de café con manejo tecnificado (variedad Colombia y caturro a libre exposición solar, altas densidades de siembra y uso frecuente de productos de síntesis química) no menor de 5 años.
- Ganadería intensiva de carne con alta carga (6-14 animales/ha) y un tiempo de establecimiento mayor de 2 años en suelos que provenían del cultivo de café. Este sistema consiste en la ceba intensiva de novillos *Bos indicus* (cebú) o de ganado cruzado de *Bos indicus* x *Bos*

taurus en potreros rotacionales de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con cercas eléctricas, fertilizaciones nitrogenadas (250 - 1 200kg de urea/ha/año). Las condiciones climáticas adecuadas de la región como la cantidad y distribución de la precipitación y las características favorables del suelo han contribuido al éxito de esta modalidad de la ganadería.

- Ganadería intensiva de leche con alta carga (4-9 animales/ha) y un tiempo de establecimiento mayor de 2 años en suelos que provenían del cultivo de café. Los animales en su mayoría son vacas Holstein y Pardo Suizo con un manejo similar a la ganadería de ceba intensiva.
- Ganadería extensiva con baja carga (0,5-2 animal/ha) y tiempo de establecimiento mayor de 15 años, con praderas de grama del género *Paspalum* y animales razas criollas.
- Cultivos semestrales o anuales con más de 2 años. bajo el sistema de producción en suelos que provenían del cultivo de café.
- Cultivo de cítricos con más de 3 años en el sistema en suelos que provenían del cultivo de café.
- Bosque nativo y/o guaduales (Asociación vegetal de *Guadua angustifolia*, importante en la protección de fuentes hídricas y utilizada en la agricultura y construcción), tomado como testigo.

En este artículo solo se hará alusión a bosques nativos y/o guaduales y cafetales tradicionales, como sistemas forestales o semiforestales y a los tres sistemas ganaderos.

Se evaluaron los siguientes parámetros: textura, densidad real y aparente, porosidad, distribución y estabilidad de agregados, conductividad hidráulica, resistencia a la penetración, pH, materia orgánica, P, Ca, Mg, K, Na, Al, Capacidad de intercambio catiónico (CIC), Fe, Cu, MN, Zn, B, actividad microbiana y mesofauna del suelo.

A nivel general los resultados de este trabajo indicaron que:

- El pisoteo de los animales en los sistemas ganaderos ocasionó la compactación de los suelos y con ello se modificó notoriamente la relación suelo-aire-agua. La diversidad biológica en estos sistemas sufrió reducciones notorias.

- Los sistemas intensivos de producción ganadera produjeron en 2 o 3 años los mismos efectos en los suelos, que las ganaderías extensivas, establecidas hace más de 15 o 20 años.
- El incremento en el número de animales ocasionó una mayor compactación del suelo y sus efectos.
- Los altos aportes de potasio, provenientes de la orina de los animales en sistemas de ganadería intensiva, a pesar de haber enriquecido el suelo con este elemento, modificaron substancialmente la proporción que existía inicialmente entre el K con relación al Ca y Mg.
- Los resultados obtenidos a través de los análisis de aguas no indicaron contaminación debido a la utilización de fertilizantes o el estiércol en los sistemas de ganadería intensiva.

Actividad microbiana

La cantidad del dióxido carbónico liberado por los microorganismos del suelos, tomado como indicador de la actividad microbiana, fue superior en guaduales y bosques (26 969 $\mu\text{g C/g}$ de suelo seco), seguidos por cafetales tradicionales (20 771 $\mu\text{g C/g}$ de suelo seco), conformando un grupo común con las ganaderías extensiva, ceba intensiva y lechería intensiva (18 997; 18 340 y 17 426 $\mu\text{g C/g}$ de suelo seco respectivamente), sin existir diferencias entre ellas. La actividad promedio de este grupo fue 40% inferior al de los guaduales

Las correlaciones negativas y altamente significativas de esta variable con la densidad aparente y la resistencia a la penetración a los 20cm del suelo mostraron claramente que la actividad de los microorganismos se ve drásticamente reducida por la compactación. Contrario a lo anterior, las correlaciones positivas entre la actividad de los microorganismos con la porosidad y la humedad del suelo manifestaron que en suelos con mayor volumen de porosos y los agroecosistemas que se caracterizan por tener una economía hídrica eficiente (guaduales, bosques nativos y cafetales tradicionales), favorecen la actividad de estos organismos. La materia orgánica jugó un papel sumamente importante para el desarrollo de la actividad microbiana.

Meso y macrofauna

La diversidad de organismos varió en forma notoria, tratándose de un ambiente u otro. Los guaduales y cafetales tradicionales presentaron una mayor diversidad de organismos (6,8 y 6,6 tipos de organismos

diferentes, respectivamente), frente a los demás agroecosistemas. Los menores valores se observaron para ganadería intensiva de ceba (3,43 tipos), ganadería extensiva (2,09 tipos) y ganadería intensiva de leche (2,09 tipos). Estos resultados revelan de qué manera un ambiente propicio y con mayor diversidad florística puede favorecer el desarrollo de una más alta heterogeneidad de especies.

Wild (1992) al referirse a la condiciones físicas del suelo comenta «la fauna necesita un medio bien aireado para su crecimiento activo, no pudiendo soportar los suelos inundados ni los compactados por el pisoteo del ganado».

Materia orgánica

Los suelos de guaduales y bosques presentaron un mayor contenido de materia orgánica que los demás sistemas (11,21%). Las ganaderías extensivas y de leche se clasificaron en términos medios, con 7,82% y 8,03% respectivamente. Los cafetales tradicionales ocuparon el segundo lugar, después de los guaduales (9,54%) y la ganadería de ceba intensiva (7,39%).

Las correlaciones altamente significativas y negativas muestran que los niveles altos de materia orgánica inciden en la disminución de la compactación, densidad real y el pH y, aumenta la porosidad, el contenido del agua gravimétrica, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad de los microorganismos del suelo.

Densidad aparente

Los guaduales y bosques presentan los niveles más bajos de compactación (0,69g/cc), seguido por cafetales tradicionales (0,82g/cc), los cuales formaron dos grupos separados y estadísticamente diferentes a los demás. La ganadería extensiva y la ganadería intensiva de producción lechera se categorizaron entre los sistemas con densidades medias que entre 0,98 y 1,05g/cc y, la ganadería intensiva dedicada a la producción de carne presentaron los valores más altos (1,10g/cc). Es preciso aclarar que a pesar de contar con un promedio general bajo (0,96g/cc), y saber que estos resultados no se pueden extrapolar a través del tiempo, es preocupante que en tan poco tiempo (la mayoría menos de 3 años), la densidad aparente del sistema intensivo de ceba sea estadísticamente superior a la ganadería extensiva, cuyo tiempo de explotación, en la mayoría de los casos, supera los 15 - 20 años.

Resistencia a la penetración

Al considerar la variable resistencia a la penetración en los primeros 10 cm de profundidad, la ceba intensiva se destacó por presentar el promedio más elevado ($3,32 \text{ kg/cm}^2$), diferenciándose claramente de los demás sistemas. La ganadería intensiva productora de leche, la ganadería extensiva se clasificaron dentro de un segundo grupo, con promedios de $2,69$ y $2,62 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. La tercera agrupación incluyó a los cafetales tradicionales ($1,30 \text{ kg/cm}^2$) y guaduales ($1,24 \text{ kg/cm}^2$). Similares tendencias se observan cuando se comparó la compactación entre 10 y 20cm. Los guaduales presentaron los valores más bajos de resistencia a la penetración para esta profundidad ($1,36 \text{ kg/cm}^2$), con diferencias estadísticas frente a los demás sistemas. Los sistemas ganaderos fueron los que mayor compactación ocasionaron a los suelos ceba con $3,39 \text{ kg/cm}^2$, extensivo con $3,36 \text{ kg/cm}^2$ y lechería con $3,03 \text{ kg/cm}^2$. Los aumentos de la compactación de los sistemas pecuarios con relación a los cultivos de café en términos porcentuales para la ganadería intensiva de carne y leche respectivamente fueron 130 y 86% en los primeros 10cm y 89 y 68% para la profundidad de 10 a 20. El grado de la compactación fue directamente proporcional a la densidad aparente y densidad real. Los suelos menos compactados presentaron más espacios porosos, mayor conductividad del agua y propiciaron un mejor ambiente para el desarrollo de los microorganismos. Los suelos ricos en materia orgánica fueron menos susceptibles a la compactación.

Densidad real

En promedio los valores de la densidad real fluctuaron entre 2,37 y 2,50 g/cc, con una media general de 2,46 g/cc. Los guaduales y bosques se caracterizaron por estar compuestos de materiales más livianos que los demás sistemas, que no presentan diferencias significativas entre sí.

Porosidad

Los suelos más porosos fueron los guaduales y los cafetales tradicionales, con niveles que alcanzan el 70,7 y 66,6% respectivamente, superando a todos lo de más sistemas. Los valores más bajos correspondieron a las ganaderías de ceba intensiva (56,3%), lechería intensiva(57,6%), y extensiva (59,3%),

A medida en que fue mayor la porosidad se mejoraron notoriamente la retención de humedad, el paso del agua en el suelo, la actividad de los microorganismos y se redujo la compactación.

Estabilidad de agregados

Los guaduales y bosques, con un promedio ponderado de 3,03mm, se clasificaron como los ambientes con mayor estabilidad estructural y formaron un grupo con la ganadería extensiva (2,80mm) y cafetales tradicionales (2,60mm). Los sistemas de ceba y lechería intensiva presentan diámetros promedios menores (2,34 a 2,53mm). Los mayores contenidos de materia orgánica guardaron proporción con la estabilidad estructural de los suelos. Por lo anterior se podría esperar que los suelos con niveles más altos de materia orgánica desarrollaran agregados de mayor tamaño y por consiguiente con mejores características.

Contenido de humedad

Los agroecosistemas guadual y café tradicional se caracterizaron por contener las mayores cantidades de humedad, con promedios de 34,9 y 31,4% respectivamente, superando substancialmente a los demás, con promedios que fluctuaron entre 27,1 y 19,7%.

Los coeficientes de correlación indican que los suelos con menor densidad aparente y real son los que poseen mayor volumen de poros y por consiguiente pueden retener más humedad. Así mismo, el contenido de la materia orgánica y residuos vegetales juegan un papel importante en la economía hídrica que se debe tener en cuenta, ya que cumple con la función de servir como colchón o esponja absorbente. Esta característica a su vez mejoró ostensiblemente la actividad microbiana y se redujo la resistencia a la penetración.

Conductividad hidráulica

Los guaduales con un promedio de 50,7 cm/h se caracterizaron por tener un conductividad hidráulica que se clasifica como muy rápida. Los cafetales tradicionales y tecnificados constituyeron el segundo grupo y se diferenciaron de los demás. Los dos sistemas ganaderos de explotación intensiva presentaron los valores más bajos, ceba con 7,8 y lechería con 8,1 cm/h). La conductividad promedio en sistemas de ganadería extensiva fue 18,1 cm/h. El paso de los fluidos fue mas rápido en suelos no compactados y con mayores contenidos de materia orgánica, donde existe

buena porosidad y el tamaño de los agregados es mayor, hechos que se evidencian por un alto coeficiente de correlación.

pH

No se presentan diferencias debido al pH entre los sistemas estudiados. A medida que subió el pH, se incrementaron los niveles de Ca, Mg, K y suma de bases, y su representación en términos del porcentaje de saturación de bases. En el caso contrario, una reducción del pH incidió en el incremento de la concentración de hidrogeniones (H^+), Al, Fe y la relaciones Ca/Mg y Ca+Mg/K. Las tendencias de H^+ siguieron las mismas del pH.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Los cafetales tradicionales, bosques nativos y guaduales se caracterizaron por su mayor CIC comparados con los sistemas ganaderos.

Calcio

Las comparaciones de valores promedios reunieron a las ganadería extensiva y la ceiba intensiva como un grupo con menos Ca que los guaduales-bosques y cafetales tradicionales, con promedios de 6,5 y 6,0 me/100g respectivamente.

Magnesio

Los guaduales y bosques con un promedio general de 1,8 me/100g se distinguieron de todos los demás sistemas, con rangos inferiores que fluctuaron entre 1,4 y 1,0 me/100g. Los sistemas ganaderos presentaron niveles intermedios. La representación de magnesio en términos de la capacidad de intercambio catiónico fue muy pobre.

Potasio

Los suelos de sistemas intensivos de producción ganadera se distinguieron por su alto contenido de K, básicamente por los aportes que reciben de la orina provenientes de los animales, situación explicada por Funes (1975).

Relación entre calcio y magnesio

Los tres sistemas ganaderos presentaron los valores más bajos de Ca/Mg. Estos resultados, en primera instancia, podrían indicar una relación más balanceada, sin embargo la razón de este hecho se debe a los menores

contenidos de calcio en dichos sistemas y no a la abundancia de magnesio.

Relación entre calcio, magnesio y potasio

Los altos contenidos de K y los menores niveles de Ca en los suelos de sistemas intensivos de ganadería crea diferencias entre este grupo y los cafetales tradicionales, guaduales y bosques.

Fósforo

Los niveles de P no presentaron variaciones considerables, tratándose de los agroecosistemas evaluados, a pesar de que el rango de promedio encontrado fue muy amplio, los análisis estadísticos determinan que el comportamiento de este elemento no presentó variaciones entre los sistemas. Este hecho obedeció al amplio coeficiente de variación (C.V.= 100,27%), entre los sistemas evaluados en cada una de las localidades. Sin embargo los niveles más bajos se detectaron en la ganadería extensiva.

Elementos menores

Como resultado de la pérdida de Ca y Mg, el Fe y Mn dominaron de una manera más libre el escenario empobrecido en bases intercambiables. Los suelos dedicados a la ganadería, encabezados por modalidades intensivas, fueron el reflejo de lo anterior. En cuanto al B, la ganadería extensiva se caracterizó por ser el más pobre.

En los sistemas ganaderos la extracción alta de Ca y los grandes aportes de K, a través de la orina de los animales, han modificado parcialmente el estado original de los suelos cultivados anteriormente en café.

Bibliografía

- Altieri, M. 1983. *Agroecología*. Berkeley. California. 184p
- Altieri, M y Yurjevic A. 1991. La agroecología y el Desarrollo Rural Sostenible en América Latina. *Agroecología y Desarrollo*. CLADES. Año2(1):25-36
- Amézquita, E. 1994. Residuos orgánicos superficiales (MULCH), su importancia en el manejo de los suelos. *Memorias del VII Congreso Colombiano de la ciencia del suelo*. Bucaramanga, oct. 9-15 p.
- Amézquita, E. y Pinzón, A. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*. 13(2):21-26.
- Bunch, R. y López, G. 1995. *Recuperación de suelos en Centroamérica*. 6p.
- Bustamante, J. y Romero, F. 1992. *Producción ganadera en un contexto agroforestal: Sistemas Silvopastoriles*. CATIE. Turrialba Costa Rica.
- De las Salas, G. 1987. *Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical*. IICA. San José. Costa Rica. 447 pp
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. IICA. San José. Costa Rica. 420 pp
- Fassbender, H. 1993. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. 2da edición. CAITE. Turrialba. Costa Rica. 490
- Funes, F., 1975. Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 9: 395 - 412 p.
- Gavande, S. A. 1987. *Física de suelos*. Sexta impresión. México, Editorial Limusa. 351 p.
- Gómez María Elena., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C., Rosales, M., Molina, C.H., Molina, C. H., Molina, E., y Molina, J. P. 1997. *Árboles y Arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica: Matarratón *Gliricidia sepium*, nacedero *Trichanthera gigantea*, Pizamo *Erythrina fusca*, Botón de oro *Tithonia diversifolia** 2da edición. CIPAV. Cali. 127p.
- Gómez, M. E. 1997. *Evaluación de sistemas de producción de caña de azúcar y árboles forrajeros enfatizando en la fertilidad del suelo*. Maestría en Desarrollo de Sistemas Agrarios (Universidad Jamerdana, CIPAV, IICA). 62p.
- Gómez, M. E. & Preston, R. T. 1996 *Livestock Research for Rural Development* 8(1).
- Guerrero, R. 1995. *Fertilización de cultivos en clima medio*. Segunda edición . 262p.
- Gutiérrez, M. 1995. *Agriculturas para la vida*. Cali.
- IGAC, 1996. *Suelos Departamento del Quindío*. Grupos Editores. Armenia Colombia.
- Kang, B. 1994. *Cultivos en callejones: Logros y perspectivas*. Agroforestería en Desarrollo. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. UACH. Chapingo. México. 61-82.
- Lal, R. 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological Properties. *Land Degradation & Development*, 7:19-45.
- Lal, R. 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. III. Soil erosion and nutrient loss. *Land Degradation & Development*, 7:87-98.

- Lal, R. 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. II. Soil chemical Properties. *Land Degradation & Development*, 7:99-119.
- LEISA, 1997 *Forjando asociaciones* 3(2):5
- Montagnini, F *et al.*, 1992. *Sistema Agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. 2da ed. OET. 662pp.
- Montenegro, H.Y. y Malagón, D., 1990. *Propiedades Físicas de los Suelos*. IGAC. Subdirección Agrícola. 813 p.
- Preston, T. R. y Leng R. A. 1987. *Ajustando los Sistemas de producción Pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico*. 312pp.
- Preston, T. R. & Murgueitio, E. 1992 *Strategy for Sustainable Livestock Production in the Tropics*. CIPAV/SAREC, Cali, Colombia.
- Primavesi, A. 1987. *Manejo ecológico del suelo*. Brasil.
- Sánchez, P., Castilla, C. & Alegre, J. 1989. *Grazing pressure effects on the pasture degradation process*. Documento CIAT No. 42511:182-187
- Somarriba. 1990. Qué es la agroforestería: *El Chasqui* 24:5-13. Costa Rica.
- Young. 1989. *Agroforestry for soil conservation*. CAB Internationa-ICRAF.

Comentarios

Napoleon Antonio Mejía

En primer lugar el artículo justifica que los sistemas ganaderos deben diversificarse con diferentes especies, incluyendo arboreas en cerca vivas u otra modalidad que el sistema de manejo animal lo permita, buscando el mayor reciclaje de nutrientes en el sistema, dado que en pastoreo o acarreo la extracción de forraje es muy fuerte, mas aun en pasturas mejoradas con manejo intensivo: por ejemplo los cultivos de maiz y sorgo para ensilaje. En cultivos como la morera sembrado a alta densidad (de 22 a 31 000 plantas/ha) se esta diversificando incluyendo una *E. berteriana* a 4x4m en cuadro e incorporando el estiércol de los corrales de los animales, pero esta última actividad resulta muy costosa y debería buscarse un sistema que emplee la menor cantidad de mano de obra.

Idalmis Rodríguez y Gustavo Crespo

Estamos de acuerdo que para mejorar las características físicas, químicas y biológicas de suelos y en especial los de la ganadería los sistemas silvopastoriles constituyen una de las principales alternativas para las regiones tropicales. Consideramos que actualmente cuando se realiza un análisis sobre la calidad del suelo se debe hacer énfasis en los parámetros biológicos y ambientales ya que por lo general, los factores físico-químicos se incluyen en casi todos los estudios. Entendemos que al realizar un análisis de los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo se debe considerar además de la defoliación otros factores tan importantes como son los cambios que se producen en la estructura del pastizal. En cuanto al reciclaje de nutrientes en estos sistemas, además del aporte por la vía de las excreciones de los animales, se debe tener en cuenta la contribución de la hojarasca del propio pastizal ya que además de quedar distribuida en toda el área pastoreada, contribuye de forma significativa al flujo de nutrientes y energía, así como en la constitución de las reservas húmicas del suelo.