Asistencia técnica y capacitación en sistemas agroforestales tipo multiestratos

Departamento de Promoción Económica
Publicación No. 11/01

La Secretaría General de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), presenta el informe final del proyecto: "Asistencia técnica y capacitación en sistemas agroforestales tipo multiestratos", preparado por el Ing. Alejandro López Musalem.

El estudio fue desarrollado en cumplimiento del Programa de Trabajos de la Secretaría General de la ALADI para el año 2000, en el marco del Sistema de Apoyo a los Países de Menor Desarrollo Económico Relativo.

La concepción y supervisión del mismo estuvieron a cargo del Departamento de Promoción Económica de la Secretaría General de la ALADI.

Montevideo, abril de 2001.

ÍNDICE

Índice (Cont.)

RESUMEN EJECUTIVO

ANTECEDENTES

Durante esta consultoría se llevaron a cabo dos misiones a la zona del Alto Beni, la primera, en el mes de diciembre del 2000 y la segunda en el mes de febrero de 2001. Se capacitó a 20 técnicos de la Central de Cooperativas El Ceibo, Ltda. Durante la primera parte se impartió un curso teórico sobre los sistemas agroforestales y su importancia en la región. Durante la segunda parte, se realizaron recorridos de campo, donde se hicieron diagnósticos de los sistemas multiestratos en cada lote visitado.

En los años 60 el BID financió programas de colonización dirigida. La mayoría de los productores eran indígenas del Altiplano cuya lengua es el quechua y el aymara. El cacao es el cultivo más importante, con un promedio de 2.4 há por agricultor.

ASOCIO Y COMPORTAMIENTO DE ESPECIES EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales *multiestratos* se caracterizan por ser una asociación de especie(s) arbórea (s), con fines de producción de leña, madera, frutos y/o sombra, que interactúan simultáneamente con cultivos perennes como café, cacao, plátano y otros. Esta asociación genera diversos sistemas que se estructuran con dos o más especies y persiguen optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad por unidad de terreno. Estos sistemas son una buena alternativa cuando el uso de monocultivos no es viable debido a la alta cantidad de subsidios externos que demandan. Con la introducción de árboles, que además de regular las condiciones de luz que demandan ciertos cultivos *umbrofílicos* como el cacao, se pueden suplir parte de los nutrientes requeridos por el cultivo.

Los géneros más utilizados para sombra de café y cacao corresponden a *Gliricidia, Erythrina, Inga y Leucaena*, tratándose de leguminosas que además de la reducción de la actividad lumínica fijan nitrógeno en el suelo y aportan cantidades considerables de residuos vegetales de forma natural, o por podas como material de cobertura. Se considera a la capa de hojarasca como el eslabón fundamental que mantiene unidos los componentes arbóreos con el suelo, esta capa a su vez, por procesos de descomposición y mineralización, liberará nutrientes que podrán ser nuevamente absorbidos por las plantas.

Otra forma de interacción en el sistema, la constituye *la competencia* por nutrientes y agua, a nivel radicular, entre el componente arbóreo y el cultivo, aunque su efecto está más relacionado con la densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes en el suelo. Otra forma de interacción, sobre la cual se basa el sistema, la constituye *la sombra* que ejercen los árboles sobre el cultivo, aspecto que debe ser manejado a través de podas periódicas que regulen su intensidad y ofrezcan los niveles de luz requeridos por el cultivo.

La regulación de la sombra por raleo consiste en eliminar un porcentaje de la población establecida originalmente. Es una práctica común cuando se establecen arboles leguminosos a una alta densidad, usarlos como sombra temporal y después como sombra permanente. Cuando se procede así, el raleo se puede hacer eliminando una hilera por

medio, en una sola dirección o en ambas. También se puede practicar el raleo eliminando árboles seleccionados previamente en las áreas más oscuras, o por alguna característica particular como el tamaño, forma u edad del árbol en cuestión.

La sombra debe mantenerse baja y abierta, con el fin de que su manejo sea sencillo y no se den condiciones excesivas que propicien humedad favorable para el desarrollo de enfermedades. La sombra disminuye la actividad metabólica de la planta y con esto el consumo de nutrimentos y el empobrecimiento del suelo. Existe una relación inversamente proporcional entre la producción de cacaotales sin sombra y la longevidad de los árboles (Somarriba, 1988).

La alta densidad de siembra del cacao favorece la incidencia de la enfermedad "escoba de bruja". El creciente interés por plantar clones a altas densidades deberá tomarse con precaución. Los sistemas agroforestales constituyen una alternativa satisfactoria, ya que en esta situación el cacao plantado a 3 X 3 m. (1.111 árboles/há) se combina con especies forestales y frutales de valor económico (Dias *et al.*, 2000).

En los pequeños productores puede darse el caso de que el lote funcione casi como un huerto casero debido a que hay una necesidad real de fruta, leña, madera, medicinales y otros beneficios que aportan los elementos de sombra. Un estrato arbóreo diversificado, además de disminuir la dependencia económica sobre un solo cultivo, puede funcionar como hábitat para aves migratorias y otros organismos benéficos (Greenberg *et al.*, 1997).

Hay muchos finqueros que utilizan el plátano como sombra temporal para el cacao, asociados en un sistema agroforestal. Lo importante de esta asociación es que ambos cultivos están sujetos a fuertes variaciones temporales en los precios, por lo tanto, el nivel de intervención sobre uno u otro dependerá de cual de ellos es más rentable en un momento dado. De esta manera el productor tiene mayor capacidad de resistir variaciones en los precios, ya que si los precios no están positivamente correlacionados, la producción simultánea de ambos cultivos resultará en una menor variabilidad del ingreso total de la finca.

Con el incremento de la población, la frontera agrícola se expande hacia áreas antes poco perturbadas, lo que resulta frecuentemente en degradación ambiental. Según Muschler (1997), los sistemas simples (sin sombra) se pueden mantener sólo si hay disponibilidad de agroquímicos y dinero. En cambio en condiciones subóptimas de clima y suelo, el uso de la sombra se ve favorecida, que es caso de la mayoría de las fincas en el trópico.

La tumba del bosque para sembrar arroz, que es una práctica común en la zona, cambia las condiciones del terreno, provocando la desaparición de muchas plantas, que son reemplazadas por otras mejor adaptadas (malezas). Esto obliga al productor a cambiar de cultivo, dejar el terreno en barbecho y volver a cultivarlo después de algunos años. Las prácticas agroforestales pueden ayudar a mejorar los sistemas de uso de la tierra, hacia una mayor sostenibilidad, incorporando árboles en fincas donde fueron eliminados y en terrenos degradados (Foresta y Michon, 1993).

Otro de los beneficios adicionales de estos sistemas con sombra es la fijación de CO_2, como una forma de mitigar el efecto de invernadero. Kursten y Burschel (1993), calcularon que de 14-52 t. C/há se almacenan en la biomasa aérea de los árboles, en el

suelo fijan 10-50 t C/há más. Sin embargo, la contribución más importante de estos sistemas radica en la protección de los bosques remanentes, ya que ofrece a los campesinos una alternativa a la agricultura migratoria, evitando así la liberación de hasta 1000 t C/há. En conclusión, la persistencia de los sistemas tradicionales de multiestratos que se encuentran en el Alto Beni, demuestran que son apropiados a las condiciones ecológicas y económicas del trópico americano.

EL AREA DE ESTUDIO

La zona de colonización Alto Beni (15°32' *S*, 67°21' *O*) se ubica a unos 140 km. al noreste de la ciudad de La Paz, Bolivia. Abarca una superficie de 270.000 hás en las provicias de Sud Yungas, Caranavi y Larecaja. La zona está caracterizada por dos grandes unidades: 1) Serranías con valles profundos, paralelos al rumbo mayor de la cordillera, con crestas pronunciadas y laderas abruptas; y 2) Un extenso conjunto de colinas con relieve ondulado a escarpado, mayormente de origen terciario. La zona abarca el valle del río Alto Beni, que se forma por la confluencia de los ríos Cotacajes y Boopi, cerca de San Mihuel Huachi, y el valle del río Cotacajes entre Covendo y la confluencia con el río Boopi, la cuenca del río Inicua y una pequeña parte de la margen derecha del río Kaka.

Las temperaturas medias anuales del valle del Río Alto Beni, están en un rango de 24 a 26°c, en las serranías colindantes, las temperaturas bajan por efecto de la altitud. Las precipitaciones anuales varían entre 1.300 mm. y 1.600 mm. Sin embargo, subiendo del fondo del valle a las serranías se nota un marcado aumento en las precipitaciones. La época de lluvias dura 5 meses, de noviembre a marzo.

La vegetación natural de las partes bajas del Alto Beni, tiene las siguientes características: el bosque es denso, alto y consta de varios estratos. La capa arbórea superior alcanza alturas de 30 a 40 m., los troncos son rectos, sin ramas en los dos tercios inferiores y alcanzan más de un metro de diámetro. El segundo estrato llega hasta 20 m. y tiene un porcentaje relativamente alto de palmeras. El sotobosque es ralo, llega a 4 m. de altura y está integrado por varias especies arbustivas, lianas, árboles y palmeras jóvenes. Una pequeña parte de los árboles es caducifolio. Las especies más extendidas pertenecen a los géneros *Aspidosperma, Brosimum, Cordia, Erythrina, Calycophylum, Cariniana, Triplaris* y las palmeras *Scheelea, Euterpe, Bactris y Astrocaryum* (CUMAT-COTESU, 1985).

En alturas mayores a 800 m.s.n.m. cambia el espectro de las especies y el aspecto del bosque, debido al aumento de la humedad. Aquí se encuentran muchas palmeras, trepadoras, lianas, epífitas herbáceas y, en menor cantidad, helechos arbóreos. Las especies más comunes son varios géneros de Lauráceas y *Sloanea, Hura, Swietenia, Schizolobium, Aspidosperma*, más las palmeras *Iriartea, Socratea, Euterpe* y *Jessenia* (CUMAT-COTESU, 1985).

LOS SUELOS DE LA ZONA DEL ALTO BENI

La mayoría de los suelos de la zona están libres de carbonatos, es decir no hay incidencia de concreciones calcáreas en la arenisca terciaria, que es el material parental predominante. Respecto a la fertilidad se agruparon en dos. Al primer grupo pertenecen los *Acrisoles háplicos* y *los Cambisoles dístricos* que son poco fértiles. Son suelos franco arenosos, muy ácidos, pobres en nutrientes, con baja CIC y baja saturación de bases. El segundo grupo está formado por *Cambisoles crómicos* y *Lixisoles háplicos* de buena ferti-

lidad. Se trata de suelos con textura más fina (franca, franco-arcillosa), moderadamente ácidos, con mayor CIC y saturación de bases.

Probablemente el inicio de la formación de los suelos del Alto Beni empezó en el Pleistoceno inferior. Todavía no se ha llevado a cabo en gran escala la *laterización* de los suelos, es decir el empobrecimiento en sílice y la acumulación de productos estables como el hierro, óxidos de aluminio y caolinita. De acuerdo con Elbers (1995), los valores de profundidad, incluso en las laderas accidentadas llegaron a un metro ó más. Según los resultados del mapeo realizado por él, los *Cambisoles crómicos* serían la unidad de suelo dominante en la región del Alto Beni, los Lixisoles y Acrisoles los suelos asociados. Los Litosoles y Regosoles no son importantes en las agrupaciones de suelos de la región.

CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

Por "capacidad de uso mayor de la tierra" se entiende la aptitud ecológica de una porción de tierra para tipos específicos de utilización económica, en forma sostenida y sin causar daños al medioambiente. La clasificación se basa en la identificación de zonas de vida (Holdridge, 1978), combinando en forma integral el bioclima con parámetros fisiográficos y edáficos. El sistema considera cinco categorías de uso mayor de las tierras: 1) Cultivos en limpio; 2) Cultivos permanentes; 3) Pastizales; 4) Bosques en producción; y 5) Protección.

ZONIFICACION DE CULTIVOS

La zonificación agroecológica es un instrumento técnico para identificar opciones de uso de las tierras, y se realizó únicamente sobre la base de factores físicos y biológicos por ser más estables. Los cultivos comerciales y las categorías de uso se agruparon en las siguientes unidades de tierra:

Terrazas aluviales

Están constituidas por sedimentos cuaternarios (arcillas, limos y arenas) resultado de la deposición aluvial, pendientes de 1,5 a 10%; alturas de 420 a 550 m.s.n.m. Estos terrenos son aptos para el cultivo del banano, la papaya, el urucú, la yuca y el algodón. Además, su textura franca y su pH casi neutro permiten establecer cultivos en limpio (anuales) como el tomate, la sandía, el ají y el arroz. En general no hay problemas de salinidad ni toxicidad por aluminio. El nitrógeno y el fósforo pueden ser las limitantes para una explotación agrícola intensiva. En suelos poco fértiles es posible su aprovechamiento con pastoreo intensivo. Actualmente se encuentran ocupados por plantaciones de cacao bajo sombra, sin embargo en terrenos fértiles y cercanos a los caminos es más rentable establecer cultivos anuales y bianuales.

Colinas bajas y terrazas antiguas

El paisaje esta conformado por colinas bajas con cimas redondeadas y terrazas aluviales, con pendientes de 10, 15 a 25%, alturas de 550 a 700 m.s.n.m. Dominan especies del bosque secundario. La profundidad efectiva de los suelos va de 80 a 150 cm. Son terrenos aptos para establecer sistemas agroforestales con cacao, cítricos, palta y plátano. Debido a la pendiente, existen riesgos de erosión por lo que es recomendable tener cultivos permanentes (pastos, arboles y arbustos) bajo sombra en sistemas multiestratos.

En general son suelos ácidos y de baja a moderada fertilidad, por lo que requieren del estrato arbóreo para mantener el reciclaje de nutrientes y evitar la lixiviación. En suelos arcillosos y muy ácidos, donde otros cultivos no prosperan, se puede cultivar la piña en asocio con cítricos (limas y naranjas).

Colinas medias y altas

Paisaje formado por colinas con cimas redondeadas, levemente escarpadas; pendientes de 20 a 35%; alturas de 600 a 800 m.s.n.m. Estos suelos son muy ácidos (pH 4.0-4.4), con elevada toxicidad de aluminio, de baja fertilidad natural (pobre en bases y poca CIC), limitaciones de topografía y con riego de erosión. Son aptos para la producción forestal (bosques en producción). Son de mediana a marginalmente aptos para sistemas agroforestales (cacao, café, plátano y cítricos) sobre cambisoles crómicos (en 40% de las tierras). La expansión de la frontera agrícola provoca la desaparición de especies de flora y fauna. En alturas entre 700 a 900 m.s.n.m., y con pendientes escarpadas (45-60%) se encuentra un denso bosque submontano. Algunas partes menos pedregosas podrían ocuparse con en cultivo del café bajo sombra del bosque nativo.

Serranías

Son paisajes con cimas subredondeadas, moderadamente disectadas y escarpadas, pendientes de 40 a 60%; en alturas de 900 a 1.000 m.s.n.m. Esta comunidad boscosa puede ser sometida a producción de madera, bajo un plan de manejo forestal, con un volumen de 153 m^3/há, con 100 árboles y 20 palmeras por há (BID-Gob. Bolivia, 1999). Los suelos son muy ácidos y de muy baja fertilidad, presenta pedregosidad en algunos sectores. Las tierras son medianamente aptas para el cultivo del café, cítricos (mandarinas y naranjas), chirimoya y palta. En terrenos localizados arriba de los 1.000 m.s.n.m. y en pendientes mayores de 60%, la capacidad de uso se restringe a protección ecológica.

EL POTENCIAL DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN LA REGIÓN

La agricultura orgánica (biológica o ecológica como también se le conoce), se ha expandido en los últimos años a raíz de los escándalos relacionados con los alimentos y la creciente preocupación por la manipulación genética de cultivos. Lo anterior obliga a los consumidores a buscar fuentes de alimentos más confiables. La certificación e inspección de los productos orgánicos son las herramientas primordiales para mantener las normas. La certificación se ha vuelto más importante con el crecimiento en la distancia entre productores y consumidores, en términos de recorrido y número de intermediarios. Para el caso del café, en Bolivia existen ya dos certificadoras: *Boli-cert* y *Bio-pachas.*

Los mayores mercados para los productos orgánicos son los países altamente industrializados de Europa, Estados Unidos, Japón y Nueva Zelanda. Alemania, Dinamarca y Japón son los principales importadores de productos orgánicos. Aún en el Reino Unido, donde está menos desarrollado este mercado, se estima que actualmente se importa el 70% de los alimentos orgánicos que allí se consumen.

La tendencia del mercado europeo es incrementar el consumo de fruta exótica. Las normas fitosanitarias y de calidad son muy exigentes y la fruta boliviana tiene muchos problemas y demasiadas plagas. Se recomienda el aprovechamiento de las frutas en forma deshidratada, sobre todo en las zonas poco accesibles como el Alto Beni. La piña, la

papaya y el banano son las especies más promisorias de *fruta seca*, además el jugo de piña y el de carambola, pueden tener mercado en el exterior.

La zona ofrece un enorme potencial para los productos forestales *no maderables* como el árbol Sangre de Drago (*Croton lechleri*) que produce un látex viscoso de color rojo oscuro de uso medicinal. Actualmente se aprovecha de forma silvestre. La miel de abeja es otro de los productos que tienen mucha demanda en el mercado mundial y cuya producción se puede fomentar en la zona, junto a los sistemas agroforestales multiestratos, sobre todo donde hay cítricos.

CULTIVOS CON POTENCIAL DE EXPORTACIÓN

La **vainilla** *(Vanilla planifolia)* es un cultivo que desde la época prehispánica ha sido utilizado como saborizante en bebidas, repostería y medicina. La vainilla natural sigue siendo preferida a la artificial, y son pocos los países que la explotan, debido al tiempo que necesita para entrar en producción.

El **zapote** (*Pouteria sapota*) tiene grandes posibilidades económicas, su fruto es excelente para el consumo humano, además con un potencial externo no satisfecho. Crece en forma silvestre hasta los 1.000 m.s.n.m, en suelos francoarenosos, drenados, con buena fertilidad y con un pH de entre 5 y 6.5.

El **urucú** o achiote (*Bixa orellana*), es un arbusto de rápido crecimiento, es muy apreciado a nivel mundial, de las semillas se extrae aceite y un colorante natural que cubre la epidermis. El colorante es usado en tejidos, cosméticos y en los alimentos (fiambres y quesos). Su producción es casi silvestre y rinde de 2-3 kg. por árbol.

La **chima** (*Bactris gasipaes*) es una palma que muestra características favorables para ser cultivada en combinación con el cacao. Crece en suelos bien drenados, tolera suelos pobres y ácidos gracias a su asociación con micorrizas. El fruto se consume fresco, fermentado ó curtido; también se puede aprovechar en palmito ó en harina.

El **cupasú** (*Theobroma grandiflorum*) es un pariente del cacao, cuya fruta produce una pulpa (35-45%) muy apetecida para jugos y helados. La pulpa es congelada para exportarse a Europa y E.U. Se puede manejar en sistemas agroforestales ó recolectar en forma silvestre.

I. ASOCIO Y COMPORTAMIENTO DE ESPECIES EN SISTEMAS AGROFORESTALES MULTIESTRATOS

Definición

Los sistemas agroforestales tipo multiestratos se caracterizan por ser una asociación de especie(s) arbórea(s), con fines de producción de leña, madera, frutos y/o sombra, que interactúan simultáneamente con cultivos perennes como café, cacao, plátano y otros. Esta asociación genera diversos sistemas que se estructuran con dos o más especies y persiguen optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad por unidad de terreno.

El café y cacao con árboles de sombra es tradicional en América Latina; tanto *Coffea spp.* como *Theobroma cacao* crecen naturalmente como árboles del sotobosque en ecosistemas forestales. Los árboles de sombra son utilizados también para otros cultivos como la vainilla (*Vanilla planifolia*), el cardamomo (*Elettaria cardamomum*), el té (*Thea sinensis*) y la yerba mate (*Ilex paraguayensis*).

Estos sistemas se han reportado como una buena alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible debido a la alta cantidad de subsidios externos que demandan (fertilizantes, principalmente). En estos casos, con la introducción de árboles, que además de regular las condiciones de luz que demandan ciertos cultivos, principalmente aquellos *umbrofílicos* como el cacao, se pueden suplir parte de los requerimientos de nutrientes del cultivo. Sin embargo, en muchas ocasiones, la elección del sistema está más bien regida por la necesidad de diversificar la producción (abastecer de madera, leña, frutas etc.), o de proveer un seguro contra fluctuaciones de los precios en el mercado (Fassbender 1992; Montagnini 1992).

Modalidades y distribución

La combinación de palmeras con frutales es una modalidad de los sistemas agroforestales con cultivos perennes. Según Clement (1985), la asociación se ve favorecida por las características de las palmeras: tallo delgado y sin ramas, copa rala, facilidad de propagación, autopoda y producción múltiple (fruto, palmito, etc.). Así, palmas de pejibaye (*Bactris gasipaes*) son utilizadas en Costa Rica y la amazonia brasileña asociadas con frutales como el marañón (*Anacardium occidentale*), anona (*Annona muricata*), árbol de pan (*Artrocarpus artilis*), y con otros cultivos perennes como café y cacao. La combinación del cocotero (*Cocos nucifera*) con frutales y otros cultivos perennes es reportada por Nair (1985) en el suroeste de Asia.

Fassbender (1992) señala que los géneros más utilizados para sombra de café y cacao corresponden a *Acacia, Albizia, Erythrina, Inga y Leucaena*, tratándose de leguminosas que además de la reducción de la actividad lumínica fijan nitrógeno en el suelo y aportan cantidades considerables de residuos vegetales naturales o por podas como material de cobertura. Montagnini (1992) reporta la utilización de frutales, principalmente cítricos, y otros cultivos maderables como paraíso (*Melia azederach*), araucaria (*Araucaria angustifolia*) en combinación con yerba mate.

Somarriba (1992) en Costa Rica, reporta a *Cordia alliodora, Cedrella odorata, Gravillea robusta, Eucalyptus deglupta, Casuarina spp., Pinus caribaea, Juglus olancha, Enterolobium cyclcarpum y Samanea Saman* como especies forestales más utilizadas para sombra de café. Son también diez de las especies más utili-

zadas como sombra de café y cacao en Colombia. En Chiapas, México, un número de 61 especies en su mayoría nativas, fueron utilizadas como sombra en cafetales en densidades promedio de 270 árboles/há. (Soto Pinto *et al.*, 2000).

Beer (1985) identificó en Puriscal, Costa Rica, 64 especies vegetales diferentes como sombra de café. Las especies incluye cítricos, maderables y fijadoras de nitrógeno. Asimismo, en el área de Turrialba, identificó como el sistema más difundido al que incluye dos estratos de sombra en la asociación con café, *E. poeppigiana* (200 árboles por há$^{-1}$; 3-5 m. de altura) y *Cordia alliodora* (100 a 200 árboles por há$^{-1}$; 10-25 m. de altura).

Herrera *et al*, (1985) reporta que en Venezuela es común encontrar sistemas donde otros cultivos están asociados al café y a los árboles de sombra; *Erythrina*-café con plátano y/o banano (*Musa* spp.), cítricos (*Citrus* spp.) o *Annona spp.* En Bahía, Brasil Alvim y Nair (1986), encontraron también especies perennes como el clavo *(Szygium aromaticum)* y el pasto pachuli (*Pogestemon cablin*).

En Yurimaguas, Perú, los agricultores ribereños del río Huallaga, en el huerto casero cultivan frutales como *Carica sp.* (papaya), cítricos, plátano y *Solanum topiro* (cocona); entre otras especies se instalan intercalados maíz, frijol de palo (*Cajanus cajan*), caña de azúcar y yuca. Las especies arbóreas que se plantan son *Artocarpus altilis* (pan del árbol), *Bambusa spp.* y *Calycophyllum spruceanum* (capirona). Estos componentes se manejan en pequeñas cantidades.

Estructura y función

Un modelo simplificado del comportamiento de un sistema agroforestal café - *E. poeppigiana* - *Cordia alliodora*. Para este caso, *las entradas* las constituyen: energía lumínica, agua y algunos elementos químicos que entran con la lluvia, mano de obra, capital. *Las salidas*, están constituidas por la cosecha de café, y productos cosechados de los árboles (madera, leña y postes); algunos autores incluyen también dentro de las salidas, los nutrientes que son retirados del sistema a través de los productos cosechados o por escorrentía y lixiviación. *Los límites* territoriales del sistema están constituidos por el área disponible por el productor.

Dentro de las *interacciones de los componentes del sistema*, Fassbender (1992) considera a la capa de mantillo como el eslabón fundamental que mantiene unidos los componentes arbóreos con el suelo; el follaje que es liberado al suelo por los árboles, incluido el café, ya sea por caída natural causada por la senescencia o por efecto de podas, constituye la capa de mantillo, esta a su vez, por procesos de descomposición y mineralización, liberará nutrientes que podrán ser nuevamente absorbidos por las plantas. Este eslabón es por tanto, vital para mantener el *ciclaje de nutrientes* dentro del sistema; su eficiencia puede determinar en muchos casos, el incremento o reducción de subsidios externos de elementos nutritivos.

Otra forma de interacción en el sistema, la constituye *la competencia* por nutrientes y agua, principalmente a nivel radicular, del componente arbóreo y el cultivo, aunque su efecto según varios autores está más relacionado con la densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes en el suelo. Otra forma de interacción, sobre la cual se basa el sistema, la constituye *la sombra* que ejercen los árboles sobre el cultivo, aspecto que debe ser manejado con fuentes externas de energía, a través de podas periódicas que regulen su intensidad y ofrezcan los niveles de luz requeridos por el cultivo (Beer 1985; Fassbender 1992; Hart 1985).

El *funcionamiento* de este sistema podemos definirlo como la transformación de las entradas y salidas del sistema que permiten desarrollar los procesos ligados a la producción; su eficiencia será mayor cuando existan las condiciones adecuadas que requiere cada proceso, ya que bajo este contexto la demanda de subsidios externos puede ser minimizada. La energía lumínica es fundamental para este y todos los sistemas naturales, su transformación de una forma diluida a una concentrada (fotosíntesis) y la utilización (respiración) de ésta para favorecer el crecimiento y producción del cultivo y los componentes arbóreos es una de las bases del funcionamiento del sistema, donde además la utilización de subsidios externos es necesaria en muchas ocasiones (podas periódicas), para regular la cantidad de luz que el cultivo requiere (Fassbender, 1992).

Establecimiento y manejo de la densidad de sombra

La regulación de la sombra por raleo consiste en eliminar un porcentaje de la población establecida originalmente. Es una práctica común cuando se establece cuchiverde (*Gliricidia sepium*), pito (*Erythrina berteroana*) ó ceibo (*E. poeppigiana*), a una alta densidad, para usarlos como sombra temporal y después como sombra permanente. Cuando se ha usado una especie con este doble propósito, el raleo se puede hacer eliminando una hilera por medio, en una sola dirección o en ambas, según la densidad y el estado de desarrollo del cacao y de la misma sombra.

También se puede practicar el raleo eliminando árboles seleccionados previamente en las áreas más oscuras, o por alguna característica particular como el tamaño. Esto es importante cuando se quiere aprovechar el producto del raleo para leña o para producir carbón. En el sistema cacao-*Gliricidia*, donde este último se puso como sombra temporal y permanente, el raleo se orienta a dejar la sombra en la plantación adulta, a una distancia entre 6 y 12 m., o sea entre 277 y 69 árboles/há. La densidad de sombra definitiva en la plantación adulta, dependerá de las condiciones del suelo, del régimen de lluvias y de la densidad de siembra del cacao.

Un inconveniente posterior al raleo de sombra en cacaotales es la capacidad de rebrote que presentan varias especies. En el caso del cuchiverde, el rebrote es agresivo cuando hay buena penetración de luz, lo cual no ocurre en plantaciones de cacao sembradas a distancias y arreglos convencionales, como por ejemplo a 3 x 3 m.. En los arreglos en callejones o en plantaciones jóvenes, el porcentaje de rebrote es mayor debido al grado de luz que llega al suelo. Esto se contrarresta eliminando periódicamente los rebrotes hasta debilitar el tocón, o también cortando el árbol lo más bajo posible y tapar la cepa con rastrojo o tierra, para impedir o limitar la entrada de luz.

El raleo toma especial interés cuando el cacao se establece bajo bosque secundario, donde solo se hizo aclareo del bosque, eliminando malezas, bejucos y arbustos, dejando en pie sólamente los árboles más desarrollados. En esta modalidad, por estar presente una mezcla de especies distribuidas al azar, el raleo no puede ser sistemático (por surcos o hileras fijas). La población a eliminar dependerá de criterios como especies presentes (es preferible dejar las plantas leguminosas, o aquellas que brinden beneficios adicionales como los frutales). También deben eliminarse los árboles malformados, atacados por plagas o enfermedades y aquéllos muy viejos o que por alguna característica no son recomendables para asociarlos con cacao por tener una copa muy baja o demasiado densa, por ejemplo.

Poda de las copas

El manejo de la sombra es muy importante para reducir el riesgo de enfermedades, como *Mycena citricolor*, dado que se favorece la circulación del aire. La sombra debe mantenerse baja y abierta, con el fin de que su manejo sea sencillo y no se den condiciones excesivas que propicien humedad favorable para el desarrollo de enfermedades. En la sombra también es necesaria la formación de un tronco único, con una altura que sobrepase los ocho metros para que haya un espacio libre entre la parte superior de la copa de los árboles de cacao y la parte inferior de la copa de los árboles de sombra. Este espacio libre favorecerá las corrientes de aire, evitando excesos de humedad dentro del cultivo.

La intensidad y frecuencia de la poda dependen de la especie utilizada, de la densidad originalmente establecida y de la anterioridad con que se haya puesto en el campo, en relación con el trasplante del cacao. En los arreglos de siembra en callejones, donde se asocia otro cultivo, la intensidad y la frecuencia de la poda también dependerán de los requerimientos de luz del cultivo asociado. Por ejemplo en el asocio cacao-*gliricidia*-pimienta negra, la sombra debe ser alrededor del 30%, para no causar disminución a la producción de pimienta y cacao

En la poda de las especies de copa abierta como el pacay (*Inga sp*)., se quitan primero aquellas ramas que caen o están más cerca del follaje del cacao. También las ramas muy gruesas y muy frondosas se pueden eliminar. En especies de gran capacidad de rebrote como el ceibo y el cuchiverde, especialmente cuando han sido reproducidas por estacas, lo que no permite un anclaje tan fuerte como la reproducción por semilla, se debe descumbrar (cortar) totalmente las copas en 50% de la población, para evitar el acame. Esta proporción se consigue eliminando hileras alternas o plantas por medio.

La sombra disminuye la actividad metabólica de la planta y con esto el consumo de nutrimentos y el empobrecimiento del suelo. La sombra también ejerce un efecto importante en la vida productiva de la plantación. Existe una relación inversamente proporcional entre la producción de cacaotales sin sombra y la longevidad de los árboles. La aplicación de fertilizantes contrarresta parcialmente el envejecimiento de la plantación. Existe una relación positiva entre el grado de luz que incide en la plantación y la aplicación de fertilizantes.

Niveles óptimos de intervención

Los agricultores de escasos recursos que tienen fincas pequeñas (hasta 4 há) disponen sólo del cafetal para producir su leña, fruta, madera para construcción y medicinales entre otros productos, por lo que, mientras menor superficie se tenga, mayor será la diversificación del cafetal, tendiendo incluso a parecerse a un huerto casero. Como consecuencia, se tiene una densidad de sombra excesiva y muy diversa. En cambio, los medianos y grandes cafeticultores, que usan variedades mejoradas y manejan más intensivamente su cafetal, tienden a usar pocas especies, ya que el fin principal es dar sombra y no tanto obtener productos adicionales. Ellos pueden reducir la densidad de especies arbóreas, porque los fertilizantes elevan la producción de las plantas de café.

El ceibo y en menor grado la *Inga spp.*, son fuertemente podados para producir ramas bajas y se asocian con *Cordia*, por lo tanto se produce una comunidad de tres estratos (café-cordia-ceibo) con posibilidades económicas aparentemente excelentes (Zanotti, 1985). Tal como se verá mas adelante, la diversificación es la manera en que el agricultor maneja la variabilidad ya sea ambiental o econó-

mica. Hay muchos finqueros que utilizan el plátano como sombra temporal para el cacao, asociados en un sistema agroforestal. Lo importante de esta asociación es que ambos cultivos están sujetos a fuertes variaciones temporales en los precios, por lo tanto, el nivel de intervención sobre uno u otro dependerá de cual de ellos es más redituable en un momento dado (Somarriba, 1993).

En Africa Central, según Akyeampong et al (1999), un sistema de producción donde *Grevillea robusta* se intercala con bananas y frijoles, el rendimiento de los cultivos puede mantenerse e incluso aumentar y además se pueden obtener eventualmente madera y leña. El máximo rendimiento de bananas y frijoles ocurrió a una densidad de 300 y 295 árboles/há, respectivamente. La competencia debajo del suelo, entre el frijol y las otras dos especies, fue más importante que la competencia por luz.

La diversidad de árboles de sombra es generalmente mayor fuera de la zona óptima para café. En la zona óptima para café el manejo intensivo ha dado como resultado plantaciones con sombra de una sola especie o sin sombra. En pequeñas fincas la elección de especies de sombra, así como su distribución y manejo, están fuertemente influidas por limitaciones socioeconómicas como son el tamaño total de la finca y la disponibilidad de recursos (Beer, 1987). Los suelos con profundidad efectiva mayor de 100 cm., la ausencia de una estación seca y una densidad de plantación del cacao alrededor de 1.100 plantas/há, son condiciones bajo las cuales el cacao requiere una sombra definitiva menos densa.

En ocasiones puede ser difícil determinar el nivel adecuado de densidad de los árboles sombra, y tal decisión deberá ser tomada basándose en el principal producto que se desea obtener. Por ejemplo, Glover (1981) encontró que en el primer año de evaluación de un experimento en que se probó el efecto de laurel (*C. alliodora*), el rendimiento de café fue 47% más alto en donde hubo laurel que donde no lo hubo, mientras que en el segundo año, los rendimientos fueron un 22% más bajos. Sin embargo, si se considera el incremento volumétrico anual del laurel, el ingreso potencial estimado resulta más alto en el sistema con sombra de esta especie maderable.

Un aspecto sumamente importante en estos sistemas es el ciclaje de nutrimentos. El café, por ejemplo, produce aproximadamente la mitad de materia orgánica de todo el sistema cuando es asociado con laurel (*C. alliodora*) y con ceibo (*Erythrina poeppigiana*). El laurel proporciona nutrimentos de una forma más uniformemente distribuida a lo largo del año y por lo tanto son menos susceptibles de lixiviarse, que en el caso del ceibo, el cual muestra picos en la cantidad de nutrimentos aplicados durante el año (Glover y Beer, 1984).

Generalmente, se acepta que existe una relación directa entre fertilidad del suelo y cantidad de materia orgánica que se deposita por un período largo de tiempo. De numerosos estudios se ha podido concluir que la cantidad de materia orgánica producida durante un año, es hasta tres o cuatro veces mayor en un cafetal sombreado que en uno sin sombra. También se ha observado que la cantidad de nutrimentos que se depositan en el suelo es mayor en los cafetales sombreados (Glover y Beer, 1984).

Riesgos de la intervención

Ya se vio que los pequeños agricultores tienden a tener una elevada densidad de sombra. Este riesgo consiste en que por la sombra excesiva se generan condiciones de alta humedad que favorecen la presencia de plagas. La alta densi-

dad de siembra del cacao (2.500 y 1.600 árboles/há) favorece la incidencia de la enfermedad "escoba de bruja". El creciente interés por plantar clones a altas densidades deberá tomarse con precaución. Los sistemas agroforestales constituyen una alternativa satisfactoria, ya que en esta situación el cacao plantado a 3 x 3 m. (1.111 árboles/há) se combina con especies forestales y frutales de valor económico (Dias *et al.* 2000).

Por otro lado, no es conveniente prescindir completamente de la sombra. Espinoza (1983) reporta que algunos agricultores, impulsados por el éxito logrado por medianos y grandes cafeticultores con cultivos intensivos de café, eliminaron totalmente la sombra de sus cafetales. La consecuencia fue que no sólo perdieron sus cafetales por la imposibilidad económica de mantener el nivel de insumos que el café sin sombra requiere, sino que perdieron además los beneficios paralelos (fruta, madera, leña) de que disfrutaban.

En sistemas con perennes debe cuidarse que la densidad de árboles no sea lo suficientemente alta como para afectar al cultivo; por ejemplo Beer (1993) encontró que el aumento en la densidad de *Cordia alliodora*, con el objetivo de producir mayor cantidad de madera, redujo la cosecha de café, debido a que la competencia se manifestó a través de efectos directos (supresión de la formación de flores) e indirectos (reducción en el crecimiento de los cafetos). En México, no es recomendable tener más del 50% de sombra, ya que disminuyen los rendimientos del cafeto (Soto Pinto *et al.*, 2000).

Babbar y Zak (1994), encontraron variaciones respecto a la mineralización de N y a la nitrificación neta. Ambos procesos mostraron variaciones temporales marcadas; el promedio de la tasa de mineralización fue de 14.8g N/m^2 /año en sistemas con sombra, mientras que en las plantaciones sin sombra contabilizó 11.1g N/m^2 /año. Esto quiere decir que cualquier exceso en la aplicación de fertilizantes nitrogenados, que las plantas no alcanzan a aprovechar, se puede perder por lixiviación ó por denitrificación. En el primer caso pasan a contaminar las fuentes de agua y en el segundo los óxidos de N emitidos a la atmósfera contribuyen con el efecto de invernadero y la desaparición de la capa de ozono.

Rangos tolerables

Así, los rangos tolerables de intervención sobre los cafetales dependerán del nivel socioeconómico del productor y de las condiciones ambientales en que se encuentra el sistema. En los grandes cafetales es común encontrar asociaciones del tipo café-*Erythrina*, porque esta especie sirve para mejorar la calidad del suelo y el finquero no necesita de otros productos adicionales al café.

Los medianos productores usan asociaciones de las que pueden obtener otros beneficios, además de sombra. En contraste, en los pequeños productores puede darse el caso de que el cafetal funcione casi como un huerto casero debido a que hay una necesidad real de fruta, leña, madera, medicinales y otros beneficios que aportan los elementos de sombra. Por otro lado, es obvio que un cafetal muy diversificado, con alta densidad de árboles y sin aplicación de insumos como fertilizantes o plaguicidas, es más benéfico para el ambiente. Además, el producto se puede vender como orgánico, obteniendo un sobre precio.

Un sistema de bajos insumos puede no tener una productividad muy grande, pero al menos ofrece seguridad alimentaria al productor, ya que si bien las ganancias por café no son elevadas, no se tiene el riesgo de perder completamente la producción, pues hay productos alternativos que le dan estabilidad económica.

Lo importante es que el productor agroforestal tiene mayor capacidad de resistir variaciones en los precios que un productor de monocultivo, ya que si los precios no están positivamente correlacionados, la producción simultánea de ambos cultivos resultará en una menor variabilidad del ingreso total de la finca.

Opciones para el manejo de cultivos bajo sistemas agroforestales multiestratos

La tendencia actual de las agencias de servicio de extensión agrícola es la de recomendar el cultivo de café y cacao sin árboles de sombra, para con ello obtener la cosecha más grande posible. Tales recomendaciones están basadas en una enorme cantidad de investigaciones realizadas en muchos países tropicales. Se ha demostrado que con el manejo intensivo de monocultivos se puede incrementar la producción en 2 ó 3 veces, si se compara con los sistemas mixtos tradicionales en los sitios más apropiados (Beer, 1981). Según Enriquez (1985), para el cacao, tradicionalmente el sistema más rápido, fácil y económico utiliza la sombra del bosque natural, seleccionando unos pocos árboles y eliminado el resto para después plantar cacao. Los rendimientos han sido bajos con este sistema, debido en parte a la dificultad del manejo de la sombra, pero las plantaciones han permanecido productivas por muchos años (a menudo más de 100).

- *La utilización de especies arbóreas de uso múltiple*

  Los árboles de sombra utilizados en sistemas agroforestales de cacao y café son utilizados solo como árbol de sombra para los cultivos. En algunas regiones como en la costa del Ecuador, los pequeños productores utilizan 80% de los árboles con ese propósito, 15% utilizan los árboles como inversión y el 4% restante los utiliza como leña (Mussack, 1988). Según Herzog (1994), los árboles utilizados para sombra en Costa de Marfil, son en su mayoría especies silvestres que rinden diversos productos. Encontró que de 44 especies, 22 son usadas para leña y 16 para construcción; además 19 de ellas proporcionan productos para la medicina tradicional y 15 tienen partes comestibles (frutas, hojas, flores, savia).

  En general, la mayoría de las especies utilizadas como sombra, cumplen con varias funciones, las principales de las cuales son la producción de leña y de fruta. Algunas de las especies más utilizadas son los cítricos como la naranja, la mandarina y la toronja (*Citrus sinensis, C. aurantifolia, C. grandis*), el mango (*Mangifera indica*), la palta (*Persea americana*) y el jobo *Spondias purpurea. Inga sp.* es un árbol que proporciona buena sombra, produce leña para el pequeño agricultor y además tiene la capacidad de fijar nitrógeno al suelo.

  El ceibo (*Erythrina spp.*) es quizás la única especie que no genera productos adicionales (aunque ocasionalmente se puede usar como leña); su función básica, además de proporcionar sombra, es la de mejorar la fertilidad del suelo, dada su capacidad de fijar nitrógeno y el "mulch" proporcionado por las hojas. *Cedrela odorata* es una especie de alto valor comercial que se utiliza en los cafetales (Sabogal, 1983).

- *Fertilización natural y uso de abonos orgánicos*

  La disminución de aplicación de fertilización artificial es uno de los principales objetivos de un sistema agroforestal, eso puede ser conseguido con la deposición de hojarasca de las especies que se están utilizando. En un sistema agroforestal comercial en la Amazonia, se encontró que en el suelo cubierto con la hojarasca de la chima (*Bactris gasipaes*) había una mayor disponibilidad de fósforo (P) que debajo de la hojarasca de cupasú (*Theobroma grandi-*

florum), lo que contribuyó también a una mayor liberación de nitrógeno y mayor productividad en esta especie (McGrath *et al.*, 2000).

En el caso del café, la época de mayor caída de hojarasca de los árboles de sombra, precede a la floración y la fructificación del cultivo. Esta sincronización es importante cuando no se fertiliza artificialmente, debido a que le permite la liberación de nutrimentos cerca de las raíces del café, justamente en el momento de máxima demanda de nutrimentos. Además en el caso del *Coffea arabica* y *Theobroma cacao* la transferencia de nutrimentos por la hojarasca y la rápida descomposición compensa ampliamente la "exportación" por cosecha, constituyendo así un "fertilizante natural" (Herrera *et al.*, 1985).

Potencialidades

Con el incremento de la población, la frontera agrícola se expande hacia áreas anteriormente poco perturbadas, lo que resulta frecuentemente en degradación ambiental. Al mismo tiempo el uso del suelo está cambiando rápidamente en respuesta a las fuerzas externas del mercado y las preocupaciones ambientalistas. Según Muschler (1997), los sistemas simples (sin sombra) se pueden mantener solo si hay disponibilidad de agroquímicos y dinero. En cambio en condiciones subóptimas de clima y suelo, el uso de la sombra se ve favorecida, que es caso de la mayoría de las fincas en América Latina.

En Centroamérica, los agroecosistemas cafetaleros han perdido en las dos últimas décadas mucho de su diversidad biológica, como resultado de las recomendaciones de usar fertilizantes y eliminar los árboles para elevar la productividad. Sin embargo, en los últimos años, los bajos precios del café y la demanda cada vez mayor de café orgánico, están revirtiendo esta situación (Muschler y Bonnemann, 1997).

La tumba del bosque para sembrar arroz, cambia las condiciones del terreno, provocando la desaparición de muchas plantas, que son remplazadas por otras mejor adaptadas. Esto obliga al productor a cambiar de cultivo, dejar el terreno en barbecho y volver a cultivarlo después de algunos años. En la amazonia, los colonizadores que quieren cultivar arroz continúan talando más bosque, entonces aparecen las peores malezas, *Rottboellia cochinchinenesis* e *Imperata brasilensis*, lo que induce a una mayor deforestación (Fujisaka *et al.*, 2000)

Las prácticas agroforestales pueden ayudar a mejorar los sistemas de uso de la tierra, hacia una mayor sostenibilidad, incorporando árboles en fincas donde fueron eliminados y en terrenos degradados (Foresta y Michon, 1993). Estos cambios hacia formas más "tradicionales" deben ser graduales, para lograr una buena aceptación por parte de los productores. Un estrato arbóreo diversificado, además de disminuir la dependencia económica sobre un monocultivo, dichas plantaciones pueden funcionar como hábitat para aves migratorias y otros organismos benéficos (Greenberg *et al.*,1997).

Otro de los beneficios adicionales de estos sistemas con sombra es la fijación de CO_2, como una forma de mitigar el efecto de invernadero. Kursten y Burschel (1993), calcularon que de 14-52 t C por há se almacenan en la biomasa aérea de los árboles que sombrean al cacao y al café. Comparado con el monocultivo, existe mayor cantidad de materia orgánica en el suelo en forma de humus y mantillo en estos sistemas agroforestales, que fijan 10-50 t C/há más. Sin embargo, la contribución más importante de estos sistemas radica en la protección

de los bosques remanentes, ya que ofrece a los campesinos una alternativa a la agricultura migratoria, evitando así la liberación de hasta 1.000 t. C/há.

En conclusión, los sistemas tradicionales de multiestratos que se encuentran en el continente, reflejan la evolución de la agricultura sedentaria a través de intervenciones en la vegetación nativa. La persistencia de estos sistemas demuestran que son apropiados a las condiciones ecológicas y económicas del trópico americano. Aunque los sistemas multiestratos más intensivos, no ocupan grandes áreas, su éxito y su historial indican que tienen un alto potencial para el uso sostenible de la tierra y deben recibir considerable atención de parte de los investigadores, para así desarrollar sistemas de manejo para una amplia gama de especies económicamente importantes (Kass y Schlönvoigt, 1999).

II. ZONIFICACION DE LA REGION DEL ALTO BENI, LA PAZ, BOLIVIA

Antecedentes

El BID financió programas de colonización dirigida en los años 60. En lo subsecuente, nuevos colonizadores llegaron espontáneamente. La mayoría de ellos indígenas del Altiplano cuya lengua es el quechua y el aymara. Para 1987, habían llegado a la zona del Alto Beni, 7.000 familias (Thiele *et al.*,1995).

La primera misión británica fue instrumental en el establecimiento del cultivo del cacao. Este es el cultivo más importante, con un promedio de 2.4 hás. por agricultor. El arroz, el maíz y la yuca son los principales cultivos de subsistencia. Muchos colonizadores han ingresado a *la crisis del barbecho* (ciclos cortos, rendimientos bajos y crecientes problemas de malezas), y por lo consiguiente se están mudando a nuevas áreas de colonización (Thiele *et al.,* 1995).

La tenencia de la tierra es individual y relativamente segura, puede ser legalmente reconocida con un titulo. Inicialmente, los agricultores adquieren parcelas de alrededor de 10 hás mediante membresía en sindicato rural. A medida que se consolida el asentamiento, los derechos individuales de la tierra se hacen más fuertes y se puede vender la parcela sin conocimiento del sindicato. La región del proyecto de desarrollo del Alto Beni, fue dividida por razones administrativas y de infraestructura en 6 microáreas.

Ubicación

La zona de colonización Alto Beni (15°32' S, 67°21' O) se ubica en el departamento de La Paz, a unos 140 km. al noreste de la ciudad de La Paz. Abarca una superficie de 270.000 hás. en las provicias de Sud Yungas, Caranavi y Larecaja. De acuerdo con Ribera (1992), la zona del Alto Beni pertenece a la región geográfica del Bosque Pluvial Subandino, el cual se distribuye en la vertiente oriental de la Cordillera Real, a lo largo de una faja con los últimos contrafuertes andinos (Caquiahuaca, Pilón, Mosetenes, Eva Eva, Amboró) entre 300 y 2.500 m.s.n.m.

Geología y geomorfología

La zona está caracterizada por dos grandes unidades: 1) Serranías con valles profundos, paralelos al rumbo mayor de la cordillera, con crestas pronunciadas y laderas abruptas; y 2) Un extenso conjunto de colinas con relieve ondulado a escarpado, mayormente de origen terciario. A medida que el curso de los ríos subandinos más grandes se van aproximando al piedemonte, los valles se hacen más amplios y con terrazas aluviales altas (antiguas) y bien desarrolladas, que quedan fuera del alcance de las inundaciones del río Alto Beni.

Los anticlinales, estrechos e inclinados hacia el este, están formados por sedimentos cretáceos, mientras que los sinclinales son anchos y construidos por sedimentos terciarios. En ambos, se trata de bancos de areniscas, en parte con concreciones calcáreas, lutitas y conglomerados (Muñoz Reyes, 1980).

La zona de colonización abarca el valle del río Alto Beni, que se forma por la confluencia de los ríos Cotacajes y Boopi, cerca de San Mihuel Huachi, y el valle del río Cotacajes entre Covendo y la confluencia con el río Boopi, la cuenca del río Inicua y una pequeña parte de la margen derecha del río Kaka. El límite sudoeste del valle del río Alto Beni está formado por la serranía de Bella Vista, el límite Noreste por la serranía de Marimonos. Al noreste del valle del río Inicua, se extiende la serranía del pelado.

En el lado sudoeste del valle colinda con la llanura aluvial, una ancha zona de colinas que se inclina paulatinamente hacia la serranía de Bella Vista. Varios ríos como el Tiechi, Piquendo y el Suapi, drenan esta zona. En el lado noreste del valle sigue a la terraza aluvial, una zona de colinas de 2-3 km. de ancho, que pasa a las laderas escarpadas y cóncavas de la serranía de Marimonos que alcanza su punto más alto (1.400 m.s.n.m.) al norte de Sapecho. Este lado sólo está drenado por arroyos, a causa de la escasa distancia horizontal (7 km.) entre la cresta de la serranía y río principal (400 m.s.n.m.).

Clima

De acuerdo con la clasificación Köppen se trata de un clima Aw_2., es decir un clima cálido con temperaturas mayores de 18°c durante todo el año, y por lo menos un mes con precipitaciones menores a 60 mm. Las temperaturas medias anuales del valle del Río Alto Beni, están en un rango de 24 a 26°c, en las serranías colindantes, las temperaturas bajan por efecto de la altitud (Entre Ríos: 22.2°c). Las temperaturas extremas máximas mensuales superan los 34°C, mientras que las temperaturas extremas mínimas mensuales descienden de los 16°C.

En el valle del Alto Beni, las precipitaciones anuales varían entre 1.300 mm. y 1.600 mm. Sin embargo, subiendo del fondo del valle a las serranías se nota un marcado aumento en las precipitaciones (a 950 m.s.n.m., Entre Ríos registra 2.931 mm.). La época de lluvias dura 5 meses, de noviembre a marzo. El sol está en el cenit a fines de noviembre y a fines de enero. El carácter estacional es marcado por una época seca entre mayo y setiembre, durante la cual esta área está sujeta a marcados descensos de temperatura debido a la afluencia de frentes fríos conocidos como "surazos", que pueden durar hasta una semana.

Vegetación

La faja subandina, todavía mantiene amplias zonas de vegetación natural, debido a la difícil accesibilidad del área. Lo anterior es válido para el sector de serranías, por el contrario valles como Alto Beni en La Paz y Chapare en Cochabamba, han soportado desde 1960, la presión de una densa población de colonos. La intensa actividad agrícola y ganadera, grandes quemas y una fuerte extracción forestal selectiva por empresas madereras y la población local, han degradado la calidad ambiental de estas tierras.

Las características de la formación boscosa húmeda difieren de la del bosque pluvial de las altas serranías y colinas, principalmente en cuanto a los niveles de diversidad notablemente más bajos. La vegetación natural de las partes bajas del Alto Beni, tiene las siguientes características: El bosque es denso, alto y consta de varios estratos. La capa arbórea superior alcanza alturas de 30 a 40 m., los troncos son rectos, sin ramas en los dos tercios inferiores y alcanzan más de un metro de diámetro. La segunda capa arbórea llega hasta 20 m. y tiene un porcentaje relativamente alto de palmeras. El sotobosque es ralo, llega a 4 m. de altura y está integrado por varias especies arbustivas, lianas, árboles y palmeras jóvenes. Una pequeña parte de los árboles es caducifolio. Las especies arbóreas más extendidas pertenecen a los géneros *Aspidosperma, Brosimum, Cordia, Erythrina, Calycophylum, Cariniana, Triplaris* y las palmeras *Scheelea, Euterpe, Bactris y Astrocaryum* (CUMAT-COTESU, 1985).

En alturas mayores a 800 m.s.n.m. cambia ese espectro de las especies y el aspecto del bosque, debido al aumento de la humedad. Aquí se encuentran muchas palmeras, trepadoras, lianas, epífitas herbáceas y, en menor cantidad, helechos arbóreos. Las especies más comunes son varios géneros de *Lauráceas* y *Sloanea, Hura, Swietenia, Schizolobium, Aspidosperma*, más las palmeras *Iriartea, Socratea, Euterpe y Jessenia* (CUMAT-COTESU, 1985).

Suelos

Las características de un suelo son el resultado de la acción conjunta de 5 factores: clima, biota, relieve, roca madre y tiempo. Los suelos tienen las propiedades que se describen a continuación según la unidad fisiográfica (CUMAT-COTESU,1987).

Suelos de la llanura reciente. Son suelos aluviales que están sujetos a inundaciones frecuentes y tienen un relieve casi plano. Son profundos, conformados por una variedad de capas de diferente textura, color y espesor; predomina el franco arenoso de estructura en bloques débiles. La fertilidad natural varía de moderada a baja, pero el constante aporte de sedimentos mantiene estable el contenido de nutrientes.

Suelos de la llanura subreciente. Se ubican en las márgenes de los ríos Alto Beni, Suapi y Kaka, en una posición más elevada que los anteriores, con pequeñas depresiones mal drenadas. Son suelos profundos casi planos, moderadamente bien drenados; generalmente la capa superficial y el subsuelo presentan textura franco arcillo limosa, estructura en bloques, de permeabilidad moderada. Son ligeramente ácidos, con altos contenidos de calcio y magnesio; sodio y potasio moderados; la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es media con un alto porcentaje de saturación de bases. También existe un alto contenido de nitrógeno total, en contraste con el bajo contenido de fósforo. Por otra parte, la materia orgánica varía mucho por lo que la fertilidad natural de estos suelos es moderada, considerando además que el aporte exterior de sedimentos es casi nulo.

Suelos de la llanura antigua. Son suelos casi planos, moderadamente bien drenados adyacentes a los ríos y pequeñas áreas en Sararía, Chamaleo y Villa Prado. Estos no están sujetos a inundaciones. Generalmente, el suelo superficial es de color pardo amarillento oscuro a pardo oscuro, de textura franca a franco limosa, hasta 25 cm. de espesor. El subsuelo hasta 90 cm. de profundidad tiene estructura en bloques firmes, de textura franco limosa a franco arcillosa, de color

pardo amarillento a pardo rojizo. La permeabilidad y el escurrimiento superficial son lentos. La fertilidad natural varía de baja a moderada, el contenido de materia orgánica es medio. En general el suelo es ligeramente ácido, el fósforo varía de alto a medio, contenidos de calcio y magnesio altos, sodio y potasio de bajo a medio.

Suelos de las colinas bajas. Los suelos de este paisaje se originan de areniscas calcáreas, presentan pendientes desde 2 a 60%, son profundos, moderadamente bien drenados y sin ningún peligro de inundaciones. La textura de los primeros 30 cm. es franco limosa o franco arcillosa, coloración pardo oscura, excepcionalmente rojizo oscura. El subsuelo de hasta 100 cm. de profundidad, presenta mayormente estructura en bloques, textura franco limosa ó franco arcillosa; dependiendo del porcentaje de arcillas presentes, se han diferenciado dos grandes grupos: *Eutro y Ustropepts*. La permeabilidad es moderada y el escurrimiento superficial rápido. Las principales características químicas son: pH neutro a ligeramente alcalino, alto contenido de calcio y magnesio, el contenido de sodio y potasio varía de medio a bajo, la CIC y el total de bases intercambiables va de medio a alto, contenido bajo de nitrógeno y fósforo; la materia orgánica varía de media a baja.

Suelos de colinas altas. Son suelos profundos, formados sobre areniscas del terciario, presentan pendientes desde 8 a 50%, que tienen influencia en los procesos de erosión hídrica. La textura superficial es generalmente franca o franco arenosa, el color pardo oscuro ó pardo amarillento. El subsuelo presenta estructura en bloques subangulares, textura franco arcillo limosa ó arcillo limosa, coloración pardo rojiza oscura ó rojiza. La permeabilidad es moderada a lenta y el escurrimiento superficial es rápido. El pH es ligeramente ácido o ligeramente alcalino, contenido de calcio alto, magnesio medio, sodio y potasio bajo, CIC y total de bases intercambiables medio, nitrógeno y fósforo bajo, materia orgánica media a baja.

La clasificación taxonómica de los suelos

La identificación de unidades de suelo por Elbers (1995) se basó en la clasificación FAO, que a diferencia de la clasificación USDA (Soil Taxonomy) no usa el clima como criterio de diagnóstico, por lo que es más fácil de aplicar. Los horizontes de diagnóstico, en ambos casos, están definidos por criterios morfológicos, físicos y químicos. Una determinación correcta sin análisis de laboratorio generalmente no es posible. En los países en desarrollo se han realizado pocos análisis de suelos y existen limitaciones para realizarlos. A saber, fueron encontradas tres unidades de suelos en la zona del Alto Beni:

Los ***Cambisoles*** se caracterizan por un horizonte de diagnóstico B cámbico, que es un horizonte mineral del subsuelo, con signos de transformación, pero sin laterización, podzolización ó iluviación. A la subunidad *Cambisol dístrico*, pertenecen suelos con una saturación de bases menor a 50% en el horizonte B. A la subunidad *Cambisol crómico*, pertenecen aquellos con coloraciones rojizas en el horizonte B, por la presencia de óxidos de hierro libres y distribuidos homogéneamente.

Los ***Lixisoles*** *y* ***Acrisoles*** son suelos con horizonte B argílico, el cual se caracteriza por la acumulación iluvial de arcilla. Los primeros poseen un horizonte B con C.I.C. baja (<24 mval/100g) y una saturación de bases alta, mientras que los segundos poseen tanto baja la CIC como la saturación de bases (< 50%). La de-

nominación de las subunidades como *Lixisoles háplicos* y *Acrisoles háplicos* significa que poseen el perfil más simple. Los lixisoles son una nueva formación en la leyenda revisada del Mapa Mundial de Suelos (FAO, 1988) que anteriormente pertenecían a la unidad de suelo de los Luvisoles.

Según la clasificación de la USDA (Suelo Survey Staff, 1987), se trata de suelos de los órdenes Inceptisoles (=Cambisoles), Alfisoles (=Lixisoles) y Ultisoles (=Acrisoles). La mayoría de los suelos de la zona están libres de carbonatos, es decir no hay incidencia de concreciones calcáreas en la arenisca terciaria, que es el material parental predominante.

Respecto a la fertilidad se agruparon en dos. Al primer grupo pertenecen los *Acrisoles háplicos* y los *Cambisoles dístricos* que son poco fértiles. Son suelos franco arenosos, muy ácidos, pobres en nutrientes, con baja CIC y baja saturación de bases. El segundo grupo está formado por *Cambisoles crómicos* y *Lixisoles háplicos* de buena fertilidad. Se trata de suelos con textura más fina (franca, francoarcillosa), moderadamente ácidos, mayor CIC y saturación de bases.

Los suelos de la faja subandina oriental son muy jóvenes en comparación con los suelos del precámbrico (Escudo Brasileño) colindantes en el noreste, donde se realizó una meteorización muy profunda durante millones de años. Probablemente el inicio de la formación de los suelos del Alto Beni empezó en el Pleistoceno inferior. Todavía no se ha llevado a cabo en gran escala la *laterización* de los suelos, es decir el empobrecimiento en sílice y la acumulación de productos estables como el hierro, óxidos de aluminio y caolinita.

De acuerdo con Elbers (1995), los valores de profundidad, incluso en las laderas accidentadas llegaron a un metro ó más. Según los resultados del mapeo realizado por él, los *Cambisoles crómicos* serían la unidad de suelo dominante en la región del Alto Beni, los Lixisoles y Acrisoles los suelos asociados. Los Litosoles y Regosoles no son importantes en las agrupaciones de suelos de la región.

Zonificación en base a la capacidad de uso mayor de la tierra

Por "capacidad de uso mayor de la tierra" se entiende la aptitud ecológica de una porción de tierra para tipos específicos de utilización económica, en forma sostenida y sin causar daños al medio ambiente. La clasificación se basa en la identificación de zonas de vida (Holdridge, 1978), combinando en forma integral el bioclima con parámetros fisiográficos y edáficos. El sistema considera cinco categorías de uso mayor de las tierras:

A. *Cultivos en limpio*

Tierras cuyas condiciones ecológicas permiten la siembra, labranza y cosecha de especies vegetales de ciclo corto, que requieren remoción y laboreo frecuente y continuo, que dejan el suelo desnudo y sin protección, pero por la forma de manejo no sufren deterioro.

C. *Cultivos permanentes*

Las condiciones ecológicas de estas tierras no permiten su utilización para cultivos en limpio, pero sí especies perennes (herbáceas, trepadoras, arbustivas o arbóreas) que no requieren de una remoción frecuente del suelo ni lo dejan desprovisto de una cobertura vegetal, excepto por períodos breves y poco frecuentes.

P. *Pastoreo*

Comprende tierras no aptas para cultivos en limpio ó permanentes, pero sí permiten su uso para pastoreo de ganado sobre pastos naturales o sembrados sin que se deteriore su capacidad productiva.

B. *Bosques de producción*

Son tierras no aptas para cultivos ó pastoreo, pero permiten la explotación permanente de maderas y otros productos forestales de los bosques naturales, manejados para asegurar la regeneración natural de especies deseadas. Las mejores tierras de esta clase aceptan cultivos arbóreos.

X. *Protección*

Se refiere a tierras que no reúnen las condiciones para ser cultivadas, ni tampoco para ser explotadas de otra forma, debido a las condiciones edáficas y/o climáticas adversas. Es necesario un manejo exclusivo con miras a proteger las cuencas hidrográficas, la vida silvestre, los valores escénicos, científicos o recreativos.

Las zonas de vida presentan un patrón de distribución generalmente paralelo a los valles de los ríos Alto Beni e Inicua, con el *bosque húmedo subtropical* en el fondo de estos valles y zonas de colinas hasta 800 m.s.n. m. Por encima de esta altura, se encuentra el *bosque muy húmedo subtropical* con precipitaciones anuales de 2.000 hasta 4.000 mm. Arriba de los 1.200 m.s.n.m. se extiende el *bosque pluvial subtropical* con una precipitación mayor a 4.000 mm, ocupando solo las partes más altas de la serranía de Bella Vista y Chispani (CUMAT-COTESU, 1987).

III. ZONIFICACION DE CULTIVOS SEGUN LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

La zonificación agroecológica es un instrumento técnico para identificar opciones de uso de las tierras, y se realizó únicamente sobre la base de factores físicos y biológicos por ser más estables. Los cultivos comerciales y las categorías de uso se agruparon en las siguientes unidades de tierra:

Terrazas aluviales (llanuras recientes y subrecientes)

Está constituida por sedimentos cuaternarios (arcillas, limos y arenas) resultado de la deposición aluvial, pendientes de 1,5 a 10%; alturas de 420 a 550 m.s.n.m. La vegetación la dominan especies secundarias como: *Cecropia concolor, Miconia punctata, Ochroma piramidale, Vernonia patens.* En las áreas próximas al río abundan *Gynerium sagitatum, Tessaria integrifolia.* En el piemonte quedan áreas con *Ceiba pentandra, Hura crepitans, Dypterix odorata, Terminalia oblonga, Hymenaea courbaril.*

Estos terrenos son aptos para el cultivo del banano, la papaya, el urucú, la yuca y el algodón. Además, su textura franca y su pH casi neutro permiten establecer cultivos en limpio (anuales) como el tomate, la sandía, el ají y el arroz. En general no hay problemas de salinidad ni toxicidad por aluminio. El nitrógeno y el fósforo pueden ser las limitantes para una explotación agrícola intensiva. En suelos poco fértiles es posible su aprovechamiento con pastoreo intensivo. Ac-

tualmente se encuentran ocupados por plantaciones de cacao bajo sombra, sin embargo en terrenos fértiles y cercanos a los caminos es mas rentable establecer cultivos anuales y bianuales. En las terrazas más angostas y en las "playas de río" (400-420 m.s.n.m.) donde hay inundaciones ocasionales es posible cultivar el maní en la época seca; aunque aquí puede haber contaminación de agua por desechos humanos y actividad minera. Lo mejor es dejar estas áreas como zonas de protección del cauce y reservas forestales para la vegetación riparia.

Colinas bajas y terrazas antiguas

El paisaje esta conformado por colinas bajas con cimas redondeadas y terrazas aluviales, con pendientes de 10, 15 a 25%, alturas de 550 a 700 m.s.n.m., con amplitud de relieve de 50 a 100 m. Dominan especies del bosque secundario como *Heliocarpus americanus, Cariniana estrellensis, Genipa americana, Tetragastris altisima, Triplaris americana, Uncaria guianensis, Sapium marmieri,* además de las ya mencionadas. En gramíneas se encuentran los géneros: *Hymenachne amplexiacaule, Setaria gracilis, Andropogon biformis*, con una densidad de 3 macollos/m^2.

La profundidad efectiva de los suelos va de 80 a 150 cm. Son terrenos aptos para establecer sistemas agroforestales con cacao, cítricos, palta y plátano. Debido a la pendiente, existen riesgos de erosión por lo que es recomendable tener cultivos permanentes (pastos, árboles y arbustos) bajo sombra en sistemas multiestratos. En general son suelos ácidos y de baja a moderada fertilidad, por lo que requieren del estrato arbóreo para mantener el reciclaje de nutrientes y evitar la lixiviación. En suelos arcillosos y muy ácidos, donde otros cultivos no prosperan, se puede cultivar la piña en asocio con cítricos (limas y naranjas). El cultivo del arroz no es recomendable, ya que solo rinde el primer año, después de quemar el bosque o el barbecho.

Colinas medias y altas

Paisaje formado por colinas con cimas redondeadas, levemente disectadas y levemente escarpadas; pendientes de 20 a 35%; alturas de 600 a 800 m.s.n.m. El bosque secundario está formado por *Mimosa boliviana, Cecropia ficifolia, Inga edulis, Theobroma speciosum, Pithecellobium pedicellare, Trichilia maymasiana* entre otras especies de árboles. Palmeras: *Euterpe precatoria Astrocarium gratum.* Gramíneas como: *Gadua paniculata andropogon bicornis, Setaria gracilis.*

Estos suelos son muy ácidos (pH 4.0-4.4), con elevada toxicidad de aluminio, de baja fertilidad natural (pobre en bases y poca CIC), limitaciones de topografía y con riego de erosión. Son aptos para la producción forestal (bosques en producción). Son de mediana a marginalmente aptos para sistemas agroforestales (cacao, café, plátano y cítricos) sobre cambisoles crómicos (en 40% de las tierras). La expansión de la frontera agrícola provoca la desaparición de especies de flora y fauna.

En alturas entre 700 a 900 m.s.n.m., y con pendientes escarpadas (45-60%) se encuentra un denso bosque submontano siempreverde con especies de árboles típicos del bosque nublado: *Cyathea boliviana* y *Brunellia coroicana* y la palmera *Iriartea deltoidea.* Algunas partes menos pedregosas podrían ocuparse con en cultivo del café bajo sombra del bosque nativo con especies como *Aramburana ceaerensis, Aniba canelilla, Erythrina falcta, Nectandra angusta, Styloceras brokawii, Ficus obtusifolia, Cedrela odorata*, entre otras.

Serranías

Son paisajes con cimas subredondeadas, moderadamente disectadas y escarpadas, pendientes de 40 a 60%; en alturas de 900 a 1.000 m.s.n.m. Las especies más frecuentes de árboles son entre otros: *Acacia loretensis, Pouterias bangii, Duguetia spiciana, Inga marginat, Ocotea cernua*, en el sotobosque *Chusquea spp*; palmeras del género *Euterpe, Attalea* y *Bactris*. También se encuentran algunas gramíneas como *Leersia hexandra*. Esta comunidad boscosa puede ser sometida a producción de madera, bajo un plan de manejo forestal, con un volumen de 153 m^3/há, con 100 árboles y 20 palmeras por há (BID-Gob. Bolivia, 1999).

Los suelos son muy ácidos y de muy baja fertilidad, presenta pedregosidad en algunos sectores. Las tierras son medianamente aptas para el cultivo del café, cítricos (mandarinas y naranjas), chirimoya y palta. En terrenos localizados arriba de los 1.000 m.s.n.m. y en pendientes mayores de 60%, la capacidad de uso se restringe a protección ecológica y posiblemente al aprovechamiento del bosque, siempre que sea bajo un esquema de manejo sostenible.

IV. ESPECIES CON POTENCIAL DE EXPORTACION PARA LA REGION DEL ALTO BENI

Cultivos asociados de interés comercial

La **pimienta negra** (*Piper nigrum*) es una especie trepadora utilizada para condimentar los alimentos. Al igual que el cacao, el grano de la pimienta no es perecedero, siendo una buena alternativa en áreas de difícil acceso. Se puede cultivar asociado al café ó al cacao, utilizando los árboles de sombra como soportes vivos, sobre todo en zonas debajo de los 500 m.s.n.m., con un período de lluvias de 8 a 10 meses al año. Las mejores condiciones de producción se dan en terrenos con pendientes moderadas, bien drenadas y ricas en materia orgánica.

La **vainilla** (*Vanilla planifolia*) es un cultivo que desde la época prehispánica ha sido utilizado como saborizante en bebidas, repostería y medicina. La vainilla natural sigue siendo preferida a la artificial, y son pocos los países que se dedican a su explotación, debido al tiempo que necesita para entrar en producción. Los Estados Unidos son el principal importador ya que su consumo anual oscila entre 1.000 a 1.500 tm. El cultivo requiere una precipitación anual de 2000 mm. y una humedad relativa del 80%. La época seca es indispensable para la recolección, y no debe exceder de dos meses, sobre todo durante la floración y maduración de vainas. Se recomienda sembrar en suelos con declive y arenosos. Suelos con buen drenaje, suficiente materia orgánica y pH neutro son óptimos para su cultivo.

Banano (*Musa sp*). Es una especie utilizada como sombra temporal en cacaotales, por lo que tienen requerimientos similares. Este cultivo además, precisa de buen drenaje y buena profundidad del suelo (>1m). El pH ideal varía de 5.5 a 7.0. Los espaciamientos dependen de la fertilidad del suelo y de los cultivos asociados (2 x 2 m., 3 x 3 m.). Se propaga por medio de cormos; se recomienda utilizar plantas jóvenes de 2 m. de altura y rizomas de al menos 2.5 kg. Las deshijas se hacen cada dos o tres meses, al alcanzar los hijos 1 m. de altura.

Árboles frutales promisorios

El **zapote** (*Pouteria sapota*) es una especie con grandes posibilidades económicas, su fruto es excelente para el consumo humano, además con un potencial externo no satisfecho. Crece en forma silvestre hasta los 1.000 m.s.n.m., en suelos franco-arenosos bien drenados, con buena fertilidad y con un pH de entre 5 y 6.5. Es una especie de polinización libre que se propaga por semilla. A los cinco meses, las plantas injertadas se llevan al campo en una mezcla de 3 a 5 diferentes clones para control de polinización y enfermedades, donde se planta a 6 x 8 m.

El **rambután** (*Nephelium lappaceum*) es un árbol exótico que mide 15 a 25 m. de alto, es una especie dioica y produce frutos en racimos de 10 a 30 unidades. Se puede cultivar hasta los 600 m. de altitud, en suelos profundos, húmedos y bien drenados. La distancia de plantado no debe ser menor de 10 x 10 m. (100 árboles/há), ya que decae la producción y se dificulta la cosecha. La densidad de plantación, el porte y, así como el tiempo requerido para iniciar producción, hacen del rambután otra especie con mucho potencial para cultivarla con el cacao y cultivos anuales como el maíz, la yuca y las hortalizas.

La **pimienta gorda**, (*Pimenta dioica*) es un árbol tropical que crece desde el nivel del mar hasta 1.350 m., requiere una precipitación entre 1.800 a 4.000 mm. y alta humedad relativa, pero la luminosidad debe de ser de 4 a 5 horas por día. Crece en terrenos con pendiente moderada y es resistente al viento. Requiere suelos profundos y de textura franca a arcillosa, pero no es exigente en fertilidad. La distancia de siembra es de 7.5 m. x 7.5 m. (175 árboles/há). El árbol alcanza los 12 m. de altura e inicia su producción alrededor de los siete años.

Este árbol produce frutos (bayas) de color verde, que se tornan pardos al madurar y presentan un aroma semejante al del clavo, con sabor dulce, similar a una combinación de clavo, pimienta negra y canela (de ahí su nombre en inglés: "allspice"); por esto es altamente apetecida en el mercado de las especias. Con frecuencia la madera se utiliza en la ebanistería, ya que es dura, de grano fino y pesada. De las hojas se extraen aceites esenciales para la industria de perfumes.

El **urucú** o achiote (*Bixa orellana*), es un arbusto de rápido crecimiento, es apreciado a nivel mudial, de las semillas se extrae aceite y un colorante natural que cubre la epidermis. El colorante es usado en tejidos, cosméticos y en los alimentos (fiambres y quesos). En Bolivia su producción es casi silvestre y se tienen rendimientos de 2-3 kg. por árbol. Se cultivan 400 há en Santa Cruz y Tarija. En el mercado mundial el precio de la semillas oscila entre US$ 500-US$ 2.500, según la temporada (Tapia Vargas, 1994).

La nuez de **Macadamia** (*M. integrifolia, M tetraphylla*) es un cultivo promisorio de alto potencial económico. Produce entre los 400 y 900 m.s.n.m., con una precipitación mínima de 1.500 mm., sin una estación seca prolongada. Conviene establecerlo en suelos, fértiles, bien drenados, con poca pendiente y pH de 5 a 6.5. Es susceptible al viento. A los tres meses, las plantas injertadas se pueden sembrar en el campo a distancias de 6 x 8 m.. A los dos años se realiza una poda de formación y en lo sucesivo podas de saneamiento. La recolección de las nueces se hace directamente del suelo, por eso debe estar limpio.

La **chima** *(Bactris gasipaes)* es una palma que muestra características favorables para ser cultivada en combinación con el cacao. Crece en suelos bien drenados, tolera suelos pobres y ácidos gracias a su asociación con micorrizas. El sistema radicular de la chima está concentrado en los primeros 15 cm. del suelo y distribuido en un radio de 5 m. El fruto se consume fresco, fermentado ó curtido; también se puede aprovechar en palmito ó en harina. Variedades como el putumayo rinden 25 t./año. La madera del tronco, por su dureza y flexibilidad, es un buen material para "parquet", paneles, artesanías y muebles (Mora-Urpí, 1994).

El **cupasú** *(Theobroma grandiflorum)* es un pariente del cacao, cuya fruta produce una pulpa (35-45%) muy apetecida para jugos y helados. La pulpa es congelada para exportarse a Europa y E.U. En Brasil se están plantando cientos de hectáreas para abastecer la creciente demanda. Se puede manejar en sistemas agroforestales ó recolectar en forma silvestre.

Productos forestales no maderables

Sangre de Drago *(Croton lechleri)* produce un látex viscoso de color rojo oscuro de uso medicinal. Crece en suelos ligeramente ácidos, entre 250 y 1.400 m. de altitud. Actualmente se aprovecha de forma silvestre. Son árboles de 15-20 m. de altura con diámetros de hasta 50 cm. El látex se colecta en incisiones en forma de V, donde se obtiene aproximadamente 100 ml. cada vez. Se recomienda extraer de árboles cuyos troncos excedan los 30 cm. de diámetro. El látex cura úlceras estomacales, calma malestares del hígado y riñones, desinfecta y cicatriza heridas, sana la irritación de la piel y la picadura de insectos. Se puede usar en el tratamiento contra reumatismo, cáncer cérvico y anemia (Van Damme *et al.*, 1999).

ANEXOS

ANEXO 1

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ÁRBOLES DE SOMBRA (*)

(*) Tomado de Beer, J. , 1987. Ventajas, desventajas y características deseables de los árboles de sombra para café, cacao y té. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 17 p.)

VENTAJAS DE LOS ÁRBOLES DE SOMBRA

Beer (1987), citando varios autores, presenta las posibles ventajas de los árboles de sombra con cultivos perennes. Estos producen ciertas facilidades en el manejo del cultivo como suprimir el desarrollo de malezas, diversificar la producción (frutos, madera); ayudar en el control de la fenología del cultivo (por ejemplo, la floración se puede influenciar con el manejo de las condiciones). También habrán influencias beneficiosas en el ciclo hidrológico: disminución de la tasa de evapotranspiración del estrato inferior, remoción de los excesos de humedad en el suelo mediante la transpiración producida por la cobertura vegetal densa de sombra e incremento en la entrada de humedad por medio de la intercepción horizontal de neblina o nubes.

El cultivo se verá protegido contra patógenos, insectos y climas adversos debido a una extensión de su vida productiva, reducción de los valores extremos en la temperatura del aire, suelo y superficie foliar, y en algunos casos se promueven las condiciones microclimáticas adecuadas para el cultivo; disminución del daño ocasionado por el granizo y lluvias torrenciales, disminución de algunas enfermedades y plagas, disminución de la velocidad del viento.

También se mejorará la fertilidad y protección del suelo por el crecimiento y la muerte de los sistemas radicales de los árboles de sombra que favorecen el drenaje y la aireación del suelo, (por ejemplo: la penetración a través de un estrato de subsuelo compactado). La existencia de "mulch", producto de la caída de las hojas y residuos de la poda, ayuda a mantener la humedad del suelo en la época seca e incrementa la cantidad de materia orgánica del suelo. Según Beer (1988), los árboles de sombra contribuyen con 5-10 t. de material orgánico/há/año.

Se produce una disminución de la erosión en las pendientes, disminución en la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo, resultado de la reducción de la temperatura del mismo; ciclaje de nutrimentos que no estaban accesibles al cultivo, fijación de nitrógeno producto de los nódulos del sistema radical de los árboles de sombra. Finalmente, el incremento en materia orgánica del suelo bajo sombra aumenta la actividad de los organismos benéficos en el suelo.

DESVENTAJAS DE LOS ÁRBOLES DE SOMBRA

Los árboles de sombra producen ciertas dificultades en el manejo del cultivo: la caída natural de los árboles y sus ramas, o la cosecha de los árboles maduros, dañará el cultivo inferior; repentinas defoliaciones de los árboles de sombra a causa de insectos o enfermedades pueden producir un cambio brusco en las condiciones ambientales normales del cultivo bajo sombra y ocasionar una disminución en la producción (por lo tanto es preferible el uso de varias especies de sombra que sólo una). Se requiere de una labor manual extra, para el manejo de los árboles de sombra (principalmente la poda). La selección de las especies de sombra y su manejo afectan no sólamente el aporte total de hojarasca sino también las fluctuaciones temporales en la caída de la hojarasca.

La mecanización del cultivo en el estrato inferior se dificulta, así como las labores del control de la erosión (por ejemplo: el uso de terrazas). Se produce también un deterioro en el ciclo hidrológico por la competencia de las raíces de los árboles por agua en la estación seca y por oxígeno en la estación lluviosa. La intercepción de la precipitación por el follaje de la sombra y su posterior evaporación, disminuye el agua disponible para los cultivos y hay un incremento en la entrada de humedad a través de la intercepción horizontal de neblina o nubes. Una sombra excesiva puede ocasionar que se den condiciones adversas, por ejemplo la aparición de organismos patógenos o insectos por una disminución en el movimiento del aire y un exceso de humedad.

También pueden existir efectos alelopáticos, por ejemplo, la combinación de nogal (*Juglans spp.*) con café es potencialmente peligrosa. Los árboles de sombra pueden ser hospederos de plagas y enfermedades, por ejemplo: *Albizia falcataria* es un hospedero de un tipo de barrenador del café (*Xyleborus*) en Africa. La sombra no sólo reduce la cantidad de luz aprovechable sino también la calidad, al absorber diferencialmente ciertas longitudes de onda de importancia en la fotosíntesis.

Los riesgos que se corren en cuanto al aspecto nutricional son los siguientes: Los árboles pueden provocar una reducción en la disponibilidad de nutrientes para el cultivo asociado y promoción de la erosión. Las raíces de los árboles de sombra compiten por nutrientes. El agua que corre por el tronco y el goteo producido por la coalescencia de las gotas en las hojas de los árboles de sombra, puede ocasionar una distribución desfavorable de la lluvia, que incrementa la erosión, daña al cultivo y disminuye el almacenamiento de agua. La exportación de frutos y/o madera constituye una salida de los nutrimentos del lugar (Beer, 1983).

Una posible explicación de las pérdidas de K, así como también Ca y Mg, es la acidificación progresiva de los suelos por el proceso de mineralización de los residuos vegetales. Por medio de este proceso se libera NH_4^+, que es subsecuentemente nitrificado obteniéndose así por último NO_3^-, ambos iones aparecen en la solución del suelo y participan en los procesos de intercambio. Igualmente, por medio de la mineralización de los residuos se produce SO_4^{2-}, como factor acidificante fuerte. De ello resulta un aumento del H^+ y Al^{+3} intercambiable. De las interacciones entre todos los elementos resultan, finalmente, las pérdidas notables de K, Ca, y Mg.

ANEXO 2

EL MERCADO DE LOS PRODUCTOS BIOLÓGICOS

La agricultura convencional se caracteriza por: depender de agroquímicos y combustibles fósiles; la fusión de varias propiedades para formar grandes unidades de producción; un alto grado de especialización y mecanización; requerir poca mano de obra, y; depender de sistemas centralizados de distribución y mercadeo. Una serie de problemas han aparecido a consecuencia de la industrialización de la agricultura, muchos de los cuales tendrán impacto mas allá de lo que dure esta generación.

La agricultura orgánica es considerada comúnmente como un esquema que excluye sólo el uso de agroquímicos. Aunque los aspectos de contaminación y salud se consideran importantes, la exclusión de agroquímicos se basa en las premisa de crear sistemas autosostenibles y balanceados. La sustentabilidad se busca mediante el reciclaje de nutrimentos, materia orgánica y energía, y a través de mantener y fomentar organismos y procesos biológicos de manera natural (IFOAM, 1996).

La agricultura orgánica (también se le denomina biológica ó ecológica) se ha expandido en los últimos años. A raíz de los escándalos relacionados con los alimentos y la creciente preocupación por la manipulación genética de cultivos, lleva a los consumidores a buscar fuentes de alimentos más confiables.

Los mayores mercados para los productos orgánicos son los países altamente industrializados de Europa, Estados Unidos, Japón y Nueva Zelanda. Son países de consumidores con alto nivel de ingresos, que los hace menos sensibles a los precios de los alimentos y sus decisiones de compra están influenciadas en gran parte por preocupaciones ambientales y de salud. Alemania, Dinamarca y Japón son los principales importadores de productos orgánicos. Aún en el Reino Unido, donde está menos desarrollado este mercado, se estima que actualmente se importa el 70% de los alimentos orgánicos que allí se consumen.

En Estados Unidos, la demanda por productos cultivados orgánicamente, ha crecido en un 20% anual en los últimos años. La demanda por productos orgánicos en el Reino unido se ha incrementado en 40% en los últimos 2 años, se prevé que las ventas para 1999-2000 sean de 546 millones de libras, que representa el 1% de las ventas totales de alimentos.

La tendencia del mercado europeo es incrementar el consumo de fruta exótica. Las normas fitosanitarias y de calidad son muy exigentes y la fruta boliviana tiene muchos problemas y demasiadas plagas. Se recomienda el aprovechamiento de las frutas en forma deshidratada, sobre todo en las zonas poco accesibles como el Alto Beni. La piña, la papaya y el banano son las especies más promisorias de *fruta seca*, además el jugo de piña y el de carambola, pueden tener mercado en el exterior.

La certificación e inspección de los productos orgánicos son las herramientas primordiales para mantener las normas. Los principales objetivos de la certificación son:

- Proporcionar al consumidor una garantía de que los productos han sido realmente producidos y procesados acorde a los principios orgánicos.
- Incrementar la posibilidad de que el productor reciba un sobreprecio.

La certificación se ha vuelto más importante con el crecimiento en la distancia entre productores y consumidores, en términos de recorrido y número de intermediarios. Para el caso del café en Bolivia existen ya dos certificadoras: *Boli-cert* y *Bio-pachas*.

ANEXO 3

EXPORTACIONES NO TRADICIONALES DE ORIGEN AGROPECUARIO Y FORESTAL EN BOLIVIA (*)

(*) Tomado de Zeballos, H.,1996. Exportaciones No Tradicionales. Evolución y Perspectivas. Temas económicos 1. Documento de Trabajo ILDIS- Friedrich Ebert Stiftung. La Paz. 88 p.)

Las exportaciones en este rubro han crecido de manera sostenida en el período 1990-96, llegando a 500 millones de dólares aproximadamente. En términos de valor, casi llegan a duplicarse entre 1990-94. Se calcula que las ENTs han superado las cifras de exportaciones de los productos tradicionales (minas e hidrocarburos) El grupo ó núcleo principal, formado por 17 productos, principalmente forestales y agroindustriales, representa entre 60 y 70% sobre el valor total. La soya constituye el producto líder, seguido por la madera y sus derivados.

En cuanto a bosques tropicales, Bolivia ocupa el séptimo lugar con el 3.79% del total mundial. Según el Mapa Forestal 1995, los bosques cubren 534 492 km^2 (48.7% del país). En 1995, se aprovecharon 450,000 m^3 de madera. 35% al mercado nacional y el 65% se exportó a EU, Argentina, RU, Holanda, Brasil, Chile y Alemania, con un valor de 105 millones de dólares. Se ha iniciado un proceso de diversificación en dos sentidos. Uno, aprovechando un mayor número de especies (de las típicas 3 a más de 30). Dos, exportando productos con un mayor agregado (puertas, marcos y muebles). Actualmente se exporta a 40 países.

Las exportaciones bolivianas de nuez de castaña *(Bertholletia excelsa)* abarcan el 100% del mercado mundial. Mayormente se vende a Europa y Estados Unidos a US$ 1.65/libra. La castaña orgánica tiene un sobre precio. Aunque en la selva la producción es orgánica, hay uso de químicos en el procesamiento.

En cuanto al café, en promedio, la producción y superficie cultivada para 1900-95 fue de 22.386 tm. y 27.249 hás, respectivamente. Actualmente Bolivia exporta café orgánico a Alemania a través de FECAFEB, el sobreprecio es de 5-7 US$/bolsa, lo que torna atractiva su producción. Además, los mercados solidarios pagan US$ 15 adicionales por bolsa.

En cuanto al cacao, Europa y E.U. tienen demanda creciente. La región del Alto Beni es la principal zona productora de cacao en Bolivia, sin embargo es necesario mejorar el rendimiento y la calidad del grano. Los problemas en Africa reducen la oferta de ese continente, lo que abre las posibilidades para los productores latinoamericanos.

El palmito de asaí *(Euterpe precatoria)*, se produce en la selva amazónica, se consume en ensaladas y cremas. El sector consiste en tres plantas con una producción de 350,000 latas por año y un valor de US$ 260.000. El 85% se exporta a Argentina, Uruguay y Chile a un precio de US$ 2 por lata. Este producto crece a una tasa anual de 14%.

CUADRO 1

REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN EL ALTO BENI

ESPECIE	Temperatura Media °C	Precipitación mm. anuales	Altitud m.s.n.m.	Hrs. luz Año	Requerimiento de Suelos
Arroz Oryza sativa	28-30	1.000-1.800 (secano)	1.800	500 cal/cm^2/dia	Textura fina (40% arcilla), pH 6-7
Banano *Musa sapientum* L.	26 (20-28)	1.800-2.800 (150 x mes)	0-1.700	1.500	Aluviales, prof. 1.2m, francos con buen drenaje. PH de 5-8, requiere mucho K en la floración
Cacao *Theobroma cacao* L.	25 (20-30)	1.500-2.000; 75% humedad relativa	0-800	50% de sombra	Tierras ribereñas de "banco". Prof 1.5m, pH 5-7.5, alta demanda de NPKCa y Mg para la fructificación
Café *Coffea arabiga* L.	20-25	1.300-1.800	800-1.500	60% de sombra	Francos, permeables, prof. 1m, pH 5.5-6.5
Cítricos *Citrus* spp.	23-30	1.600-2.000; 60% humedad	200-1.000	2.000	Livianos franco-arenosos, bien drenados, prof. 1.2 m., pH 5-7
Papaya Carica papaya L.	22-26	1,800 (bien distribuidos)	0-500	1.500	Profundos, franco-arenosos, pH 4.5-6.5
Piña Ananas comosus	25 (19-31)	1.200-1.500	0-700	2.000	Livianos, bien oreados y permeables. pH de 5-6
Yuca Maniholt esculenta	24	1.200-1.500	0-1.000	2.000	Arenoarcillosos, profundos, bien drenados con pH de 5.8-6.5

BIBLIOGRAFIA

Akyeampong, E. L. Hitimana, E. Torquebiau y PC. Muyemana. 1999. Multiestrata agroforestry with beans, bananas and *Grevillea robusta* in the highlands of Burundi. *Experimental Agriculture*, 35: 357-370.

Alvim, R y Nair PKR (1986) Combination of cacao and other plantation crops, An agroforestry system in southest Bahía, Brazil. *Agroforestry Systems* 4: 3-15.

Babbar, L.I. y Zak, D. 1994. Nitrogen cycling in coffee agroecosystems: net N mineralization and nitrification in the presence and absence of shade trees. *Agriculture, Ecosystems and Enviroment* 48: 107-113.

Babbar, L.I. y Zak, D. 1995. Nitrogen loss from coffee agroecosystems in Costa Rica: leaching and denitrificación in the presence and absence of shade trees. *Journal of Enviromental Quality* 24: 227-233.

Beer, J. 1981. Sistemas agroforestales de cultivos perennes en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 22p.

Beer, J.1985. Experiencias con árboles de sombra en cafetales en Costa Rica. In Beer, J.; Fassbender, H.; Heuveldop, J. (eds. 1989). Avances en la Investigación Agroforestal. Costa Rica, Turrialba, CATIE-GTZ. p 244-253.

Beer, J. 1988. Litter production and nutrient cycling in Coffee *(Coffea arabica)* or *(Theobroma cacao)* plantations with shade trees. *Agroforestry Systems* 7: 103-114.

Beer, J. 1993. Producción y efectos competitivos de los árboles de sombra *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana* en un sistema agroforestal con *Coffea arabica*. *In*: Memorias de la Semana Científica, 8-10 diciembre, 1993, V. 1. CATIE. p. 53.

BID-Gobierno de Bolivia, 1999. Propuesta de Ordenamiento Territorial. Area Piloto de La Paz. Ministerio de Desarrollo sostenible y Planificación. Documento de Consultoría. 80 p.

Clement, C. 1985. La palma de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) una especie con potencial agroforestal. *In* Beer, J.; Fassbender, H.; Heuveldop, J. (eds.). Avances en la Investigación Agroforestal. Costa Rica, Turrialba, CATIE-GTZ. p 244-253.

CUMAT-COTESU, 1985. Capacidad de uso mayor de la tierra. Proyecto Alto Beni. La Paz. 146 p.

Datuk Musa, H. 1984. Opening adress. *In*: International conference on Cocoa and coconuts, Kuala Lumpur, Malasia.

Dias, LAS. MM Santos, AOS Santos, CMVC Almeida, CD Cruz y PCS Carneiro. 2000. Effect of planting density on yield and incidence of witches broom disease in a young plantation of hybrid cacao trees. *Experimental Agriculture*, 36: 501-508.

Elbers, J. 1995. Estudio de los suelos en la zona de colonización Alto Beni, La Paz, Bolivia. Ecología en Bolivia No. 25 p: 37-69.

Enríquez, G.A. 1985. Respuesta de hibridos de Theobroma cacao a dos asociaciones de sombra en Turrialba, Costa Rica. *In* Beer, J.W.; Fassbender, H.W y Heuveldop, J. Eds. 1989. Avances en la Investigación agroforestal: Memoria del seminario. Turrialba, Costa Rica, CATIE-GTZ, p.141-154.

FAO, 1988. Soil Map of the world, revised legend. FAO World Soil Resources Report No. 60. Rome, 119 p.

Fassbender, H.W. 1989. Ciclos de los elementos nutritivos en sistemas agroforestales de café con árboles de sombra en el "Experimento central" del CATIE. In Avances en la investigación forestal. Actas del seminario realizado en el CATIE, del 1° al 11 de setiembre de 1985. Turrialba, Costa Rica. pp.176-186.

Fassbender, H.W. 1993. Modelos edafológicos de Sistemas Agroforestales. Serie de materiales de enseñanza No. 29. 2da. Edición. CATIE-GTZ, Turrialba, Costa Rica, 491p.

Foresta, H. de y G. Michon.1993. Creation and management of rural Agroforests in Indonesia: potential apliccacions in africa. *In*: Tropical forests, people and food, Ch.60. Edited by C.M. Hladik. Man and the biosphere series, vol. 13. UNESCO.

Fujisaka, S.; G. Escobar, E.J. Veneklaas. 2000. Weedy fields and the forest: interactions between land use and the composition of plant communities in Peruvian Amazon. *Agriculture, Ecosystems & Environment 78* (2): 175-186.

Glover, N. 1981. Coffee yields in a plantation of *Coffea arabica* var. *caturra* shaded by *Erythrina poeppigiana* with and whitout *Cordia alliodora*. Serie Técnica, Informe Técnico No. 17. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 26 p.

Glover, N. y Beer, J. 1984. Spatial and temporal fluctuations of litterfall in the agroforestry associations *Coffea arabica* var. *caturra-Erythrina poeppigiana* and *C. arabica* var. *caturra-E. poeppigiana-Cordia alliodora*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 50 p.

Greenberg, R., Bichier, P., Sterling, J., 1997. Bird populations and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas. Biotropica 29 (4), 501–514.

Hart, R. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Costa Rica, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). 159 p.

Herrera, R; Aranguren, J; Escalante; Cuenca, G; Accardi, A, Navidad, E y Toro, M. 1985. Plantaciones de cacao y café bajo árboles de sombra en Venezuela. *In* Beer, J.W.; Fassbender, H.W y Heuveldop, J. Eds. 1989. Avances en la Investigación agroforestal: Memoria del seminario. Turrialba, Costa Rica, CATIE-GTZ, p.196-205.

Herzog, F. 1994. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Cote d'Ivoire. *Agroforestry Systems* 27: 259-267.

IFOAM (1996) Basic standards for organic agriculture and processing, and guidelines for coffee, cocoa and tea: Evaluation of inputs. International Federation of Organic Movements. Tholey-Theley, Alemania, 44 pp.

Kass, DCL y Schiönvoigt, A. 1999. Evolution of multiestrata agroforestry systems in the Americas. *In*: Proc. of the International Symposium "Multiestrata agroforestry Systems with Perennial Crops". CATIE, Turrialba, Costa Rica, Feb 22-27. Pp:43-47.

Kursten, E; Burschel, P. 1993. CO_2 mitigation by Agroforestry. *Water, Air and Soil Pollution*. 70:533-544.

McGrath, DA. NB Comerford y ML Duryea. 2000. Litter dynamics and monthly fluctuations in soil P availability in an Amazonian agroforest. *Forest Ecology and Management,* 131(1-3): 167-181.

Martínez, A. y Enríquez, G. 1981. La sombra para el cacao. Boletín Técnico 5. 93 p.

Montagnini, F. 1992. Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. 2da. edición. Costa Rica, Organización para Estudios Tropicales. 622 p.

Morera, J. Astorga, C. Umaña, C. Villalobos, V. 1990. Manual de Recomendaciones sobre cultivos promisorios. Programa de mejoramiento de cultivos tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Mora Urpí, J. 1994. Peach Palm. Neglected crops: 1492 from a different perspective. J.E. Hernández Bermejo y J. León, (eds).Plant Production and Protection Series No.26. FAO, Rome, Italy. p: 211-221.

Muñoz Reyes, 1980. Geografía de Bolivia. 2a. ed. La Paz. 478 p.

Muschler, R. G. 1997. Shade or sun for ecologically sustainable coffee production: a summary of enviromental key factors. Actas de la III semana científica, celebrada del 3-5 de febrero de 1997 en CATIE. Turrialba , Costa Rica. p : 109-112.

Muschler, R.G.; Bonnemann, A. 1997. Potentials and limitations of Agroforestry for changing land-use in the tropics: experiences from Central America. *Forest Ecology and Management*, 91: 61-73.

Mussack, M. 1988. Diagnóstico socio-económico de los Sistemas Agroforestales de Cacao, Café y Árboles de Sombra Utilizados en la Producción de Madera en la Costa de Ecuador. Southeastern Center for Forest Economics Research. FPEI Working Paper Series N° 35, 99 p.

Nair, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 3: 97-128.

Ribera, M.O. 1992. Regiones Ecológicas. *In* Marconi, M. (ed) Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-USAID. La Paz. pp. 9-72.

Sabogal M., C. 1983. Observaciones sobre la combinación de *Cedrela odorata* con café en Tabarcia-Palmichal (Cantón Puriscal). *In:* Heuveldop, J. y Espinoza, L. (eds.). El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 90-101.

Sánchez, J. y Dubón, A. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 81 p.

Soil Survey Staff, 1987. Keys to Soil Taxonomy. Soil Management Support Services. Technical Monograph no.6, Ithaca, NY. 3a. impresión, 280 p.

Somarriba, E. 1993. Cacao-plátano-madera: la diversificación agroforestal como herramienta para manejar variabilidad en precios de productos agrícolas. *In*: Memorias de la Semana Científica, 8-10 diciembre, 1993, V. 1. CATIE. p. 51.

Somarriba, E. 1992. Timber, damage to crops plants and yield reduction in two Costa Rican plantations with Cordia alliodora shade trees. Agroforestry Systems 18:69-82.

Soto Pinto, L.; I. Perfecto, Castillo Hernández, J y Caballero Nieto, J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Agriculture Ecosystems and Environment* 80: 61-69.

Tapia Vargas, G. La Agricultura en Bolivia. Quimera del desarrollo. Ed. Los Amigos del Libro. La Paz. 366 p.

Thiele, G. J. Johnson. y J.Wadsworth. 1995. Bosquejo socioeconómico del Norte de Bolivia . Informe Técnico No.20, CIAT-MBAT. Santa Cruz, Bolivia.

Van Damme, P; F. Van Dycke, J. De Schepper. 1999. Sangre de drago: a potential new crop from and for the humid forest in South America. In: Proc. of the International Symposium "Multiestrata agroforestry Systems with Perennial Crops". CATIE, Turrialba, Costa Rica, Feb 22-27. Pp:43-47.

Zanotti, J.R. 1985. Sombrío en cultivos perennes. In Sistemas Agroforestales. Memoria de los cursos dictados en Amatitlán, Guatemala, en marzo de 1983 y mayo de 1984. Instituto Nacional Forestal , Guatemala. pp. 50-62.

producto, en caso de que los precios lleguen a una cifra arriba de lo previsto. Igualmente, los bancos que operan con los productores emisores del título podrían suministrar un aval que daría liquidez al título y permitiría su circulación en el mercado secundario;

c) Adoptar una política de descentralización del crédito para estimular la participación activa de entidades locales ligadas a la producción agrícola en las decisiones de concesión del crédito patrocinado por el gobierno. Lo ideal sería crear consejos municipales para fiscalizar la aplicación de los recursos a los pequeños productores e involucrar al máximo las asociaciones gremiales en la planificación general del crédito;

d) El sector bancario privado tiene condiciones de operar todo el sistema de crédito agrícola, siempre que las reglas sean bien definidas y su aplicación, supervisada por el Banco Central y por otras instituciones ligadas a la agricultura;

e) Como la oferta de crédito con la tasa de interés administrada está siempre limitada, es importante que haya una definición en términos de planificación estratégica para definir las actividades que realmente son compatibles con los objetivos de la modernización e inserción competitiva del sector en el mercado internacional, ya que la base de la ampliación y recuperación de la agricultura de Santa cruz es el mercado externo;

f) Intentar resolver definitivamente el problema de endeudamiento rural. La queja más común es que los valores contabilizados de las deudas son incompatibles con los volúmenes recibidos en la época de conceder el préstamo. Una forma de resolver la cuestión sería estipular el valor de la deuda en función del valor actual de mercado de los activos dados como garantía;

g) Para reducir los riesgos de producción y comercialización que, como fue mostrado, tienen impacto directo sobre el comportamiento de los agentes financieros, sería conveniente que el Gobierno boliviano pensara en crear un seguro de productividad, que sería colocado en funcionamiento por empresas aseguradoras privadas, pero con el Estado subsidiando el premium y cubriendo desastres generalizados como en otros países; y

h) En la parte de los riesgos de comercialización podría pensarse en los contratos de opción, que como se vio, puede ser colocado en funcionamiento en una primera fase por el gobierno, y el riesgo de precios puede ser eliminado sin las complicaciones del mercado futuro con pequeña cantidad de recursos.

Con relación a los demás factores (transferencia tecnológica, degradación del suelo, mayor valor agregado y problemas agrarios) las sugerencias son las siguientes:

a) Transferencia tecnológica: establecimiento de una comisión o grupo de trabajo, compuesto por técnicos del Gobierno y de la iniciativa privada, para hacer un relevamiento o inventario completo y detallado del "estado de las artes" de la tecnología agrícola en Santa Cruz, por sector y por micro-región, y de los mecanismos de transferencia, para definir la forma más eficiente de resolver el problema del bajo nivel de utilización en algunos sectores;

1999, el saldo del financiamiento destinado a la agropecuaria de toda Bolivia se situó en torno de US$ 550 millones. De ese total, se estima a grosso modo que US$ 130 millones hayan sido aplicados en Santa Cruz[46]. Eso significa que casi el 60% de las necesidades de financiamiento de la agricultura de Santa Cruz se están cubriendo con capital propio o con capital de los compradores de los productos, principalmente de la agroindustria.

En principio, para aumentar la oferta de recursos, reducir la tasa de interés y involucrar más al sector financiero privado para que cumpla las funciones esperadas en el desarrollo de la agricultura, pueden tomarse las siguientes medidas:

a) Que una partida de los depósitos a la vista, que tiene un costo cero para los Bancos Comerciales, sea obligatoriamente aplicada a la actividad agrícola. Conforme estadísticas del Banco Central de Bolivia, los depósitos a la vista en Bolivia actualmente se sitúan en torno de US$ 630 millones. En caso de que el Gobierno decida aplicar la tasa del 30%[47], existirían US$ 200 millones, que serían aplicados a una tasa de interés que podría ser administrada conforme a la política agrícola del Gobierno;

b) Para involucrar al sector privado (bancos y agroindustria) en forma más intensa y más eficiente, el Gobierno, junto con las demás instituciones involucradas en el "agribusiness", podría patrocinar la creación de un título privado, a ser emitido por el productor, que lo vendería a las empresas interesadas en comprar su producto. El valor facial del título sería la cantidad del producto a entregar en el futuro por el precio fijado, basado en las expectativas de las partes involucradas o incluso en el precio futuro de alguna bolsa, descompuesto hacia el local de la entrega. La tasa de descuento obviamente va a reflejar los intereses de mercado y el riesgo de la entrega del producto. Por lo tanto, en el caso boliviano, tendería a ser muy alta, lo que penalizaría al productor. Una forma de reducir ese costo es utilizar parte de los recursos del depósito a la vista para suministrar (vía remates) un bono para reducir la tasa de descuento al productor. El bono sería, por lo tanto, una forma de actuar del gobierno en el "margen" para reducir los intereses. Ejemplificando: si el Gobierno desea que el productor pague en el título un interés lo más aproximado posible al 8% y la "tasa de descuento" del título es del 20%, el Gobierno hace remates de bonos y el que gane el remate será el que cobre la menor tasa al productor y el que le cueste menos al Gobierno. En un volumen de US$ 50 millones de financiamiento (que son recursos del sector privado) vía ese título, para reducir la tasa del 20% al 10%, el Gobierno pagaría en bonos el equivalente, más o menos, a US$ 5 millones. O sea, cada dólar aplicado por el Gobierno de los depósitos a la vista puede generar cinco de financiamiento al productor, provenientes del sector privado, a una tasa de interés administrada. La ventaja de ese título es que es un seguro contra la caída de precios y también puede eliminar el riesgo de que el productor deje de ganar si en la fecha contractual de la entrega el productor tuviera la opción de recomprar el título, en lugar de entregar el

[46] Como las estadísticas del Banco Central de Bolivia no suministran el total que fue aplicado dentro del año, sino los saldos escriturados mes a mes, se asumió que todos los préstamos vencieron dentro del año, y el saldo del último mes muestra lo que realmente fue aplicado en las operaciones agrícolas de aquel año. Las estadísticas del financiamiento agropecuario divulgadas por el Banco tampoco muestran la distribución por Departamento. Por lo tanto, los de Santa Cruz fueron estimados.

[47] En el Brasil la tasa es del 25% y la tasa de interés para la zafra 2000/01 se fijó en 8,75%. En el Brasil también se aplican diversas reglas para la distribución de esos recursos, como límite por productor.

b) Degradación del suelo: en esa parte podrían adoptarse dos tipos de política, una dirigida a los pequeños productores de la agricultura tradicional, cuyo sistema de plantación en matorrales, con quemas y migraciones constantes, debido al debilitamiento del suelo, es un factor importante de degradación del medio ambiente, y otra dirigida a los productores comerciales, cuyas técnicas de manejo del suelo muchas veces no reflejan preocupaciones acordes con la sustentabilidad. En el primer caso, dentro del programa sugerido para apoyo a la pequeña agricultura familiar, podrían, como en Brasil, incluir explícitamente exigencias de manejo apropiado de los recursos naturales, como condición para ser elegible para el programa. En el caso de la agricultura comercial, podrían adoptarse las siguientes medidas:

- En una primera fase, promover una campaña educativa, dirigida a un público-objetivo específico, para divulgar nacional y regionalmente las ventajas a largo plazo de aplicación de técnicas de cultivo que conservan el medio ambiente y las desventajas, tanto para el propio productor como para la sociedad, del uso de técnicas que degradan el medio ambiente.

- En una segunda fase, adoptar un sistema de penalización por medio de multas y penalidades para sancionar a aquellos productores que comprobadamente están degradando el medio ambiente.

- Permitir el uso de los instrumentos gubernamentales de apoyo a la agricultura mencionados, como el crédito, seguro y soporte de precios solamente a los productores que utilizan técnicas de producción que protegen el medio ambiente, como la plantación directa[48].

- Usar el sistema de investigación y extensión rural para divulgar y asesorar el uso de fertilizantes (incluyendo los orgánicos), la aplicación de herbicidas y defensivos y el uso de maquinaria agrícola a fin de tener el menor impacto negativo posible en términos de medio ambiente.

---

[48] La tecnología de la plantación directa fue desarrollada en los Estados Unidos e Inglaterra, con el surgimiento del primer herbicida de contacto, el Paraquat, y adquirió un nuevo ímpetu con la introducción de los herbicidas sistémicos (selectivos y no selectivos). La esencia de la plantación directa es la reducción sustancial (o incluso la eliminación en algunas áreas) de la necesidad de preparar el suelo por medio de enrejamiento, arado, etc., preservando con eso la estructura física y biológica del suelo. En ese sistema, la siembra se hace en forma manual o mecanizada directamente sobre la cobertura muerta de residuos de cosechas anteriores en un proceso llamado "paja". Las funciones de la paja son las siguientes:

- Reducir las pérdidas de suelo y agua por la erosión;
- Disminuir el impacto de la lluvia, protegiendo el suelo contra compactación y desagregación de los grumos;
- Aumentar la capacidad de infiltración del agua en el suelo, minimizando los deslizamientos superficiales y amenizando las crecientes;
- Estabilizar la temperatura del suelo, favoreciendo los procesos biológicos y la vida del suelo;
- Mantener la humedad del suelo o reducir la evaporación;
- Actuar como reciclador de nutrientes, asegurando una alta actividad biológica;
- Aumentar la materia orgánica en el perfil del suelo, mejorando la CTC y la estructura física del suelo;
- Ayudar en el control de plantas invasoras, sea por supresión o por alopatía.

En las áreas donde el arado puede eliminarse, se puede reducir 47% el costo de preparación del suelo, para el cultivo de la soja, y 35% para el maíz. Comparada con el método tradicional de cultivo, la plantación directa generalmente mantiene el mismo nivel de productividad, pudiendo en algunos casos hasta aumentarla. El efecto colateral puede ser el uso mayor de herbicidas. Sin embargo, donde es posible la rotación de cultivos (en el cultivo de invierno, por ejemplo), los efectos alopáticos de la rotación y de la cobertura muerta reducen sustancialmente la incidencia de hierbas dañinas. Otra ventaja de la plantación directa es el mejor aprovechamiento de los fertilizantes propiciados por la cobertura muerta.

- Utilizar el Plano de Uso del Suelo de Santa Cruz como parámetro básico en la definición de la política de protección al medio ambiente en las áreas de explotación agrícola.

- La política de protección al medio ambiente debe ser una política equilibrada, que tenga en cuenta los requisitos ambientales, pero que también considere que la actividad productiva es esencial para el desarrollo económico y para la generación de empleo y renta para el país y, por lo tanto, que los recursos naturales deben ser explotados dentro de los principios de la sustentabilidad en beneficio del hombre.

c) Mayor valor agregado: tratar siempre de incluir en las negociaciones internacionales y en la propia estrategia de promoción comercial (como participación en ferias internacionales y exposiciones) propaganda electrónica, etc., productos con algún grado de procesamiento o incluso productos con marca (como por ejemplo "nuggets" de carne de pollo) ya prontos para consumo, o productos "diseñados" por técnicas de diferenciación de productos, para atender una demanda específica. En el caso de Santa Cruz, donde el sector de oleaginosas y de producción de pollos está en la línea enfrentada del "agribusiness" nacional, sería muy importante una política en el sentido de exportar aceite refinado con marca y pollo en cortes, pronto para el consumo. En un complejo de producción de determinadas frutas, el procesamiento y la creación de una "marca" serían fundamentales.

d) Problemas agrarios: los problemas agrarios pueden representar en algunas áreas un fuerte elemento de restricción a la inversión en la agricultura e incluso de modernización y de transformación del sistema productivo de esas áreas y, por lo tanto, un factor de atraso. Por lo tanto, como en el caso de la tecnología, lo ideal sería crear una comisión o grupo de trabajo mixto para hacer un relevamiento completo de la situación agraria de Santa Cruz y presentar sugerencias específicas de cómo resolverlos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rivero, Héctor, Coordinador general, "Plan Quinquenal de Desarrollo Agropecuario Departamental", Cámara Agropecuaria del Oriente (CAO), no publicado, Santa Cruz, abril 2000.

2. Comisión Internacional del Medio Ambiente, Evaluación del Proyecto "Tierras Bajas del Este: Proyecto de Manejo de Recursos Naturales y de Producción Agropecuaria" Santa Cruz, 1996.

3. Ramírez, Jorge Q., dossier preparado para el Señor Vicepresidente de la República, no publicado, CAO, febrero de 2000.

4. Números de Nuestra Tierra 1999, publicado por la CAO, Santa Cruz.

5. Capobianco, H.G., Bolivia: Ruta Central de América del Sur, Editorial Bolivia dos Mil SRL, La Paz, agosto de 1995.

6. Rodríguez, W.N., Problemas y Perspectivas del Sector Agropecuario Regional y las políticas para su Desarrollo", no publicado, Santa Cruz, mayo de 1995.

7. Secretaría Departamental de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Plan de uso del Suelo, Santa Cruz, 1996.

8. Asociación de Avicultores de Santa Cruz (ADA) Memoria 1999/2000. Santa Cruz, 2000.

9. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, "Política Nacional de Desarrollo Agropecuario y Rural, La Paz, 1999.

10. Universidad NUR, Sondeo de la Agroindustria Rural en Santa Cruz-Bolivia, no publicado, Santa Cruz, 1994.

11. CAO, "Documento de Política Crediticia para el Pequeño Productor Agropecuario, Santa Cruz, mayo de 2000.

12. Fundación Milenio, Reflexiones sobre el Crecimiento Económico, La Paz, 1998.

13. Prefectura del Departamento de Santa Cruz, Plan Departamental de Desarrollo de Santa Cruz 1988-2008, Santa Cruz, 1998.

14. Baldomar & Asociados, Plan Algodonero Nacional, 199/1998-2001/2002. No publicado, Santa Cruz, sin fecha.

15. Asociación de Porcicultores de Santa Cruz (ADEPOR), Memoria de Gestión 1997-2000. Santa Cruz, 2000.

16. CAO, Evaluación del Sector Agropecuario de Santa Cruz, informe no publicado, Santa Cruz, 1992.

17. Instituto Boliviano de Comercio Exterior, Anuario Estadístico de las Exportaciones de Santa Cruz, Santa Cruz, 1999.

18. Proyecto Tierras Bajas del Este, Plan Quinquenal del Arroz 1998-2002, informe no publicado, Santa Cruz, 1998.

20. Asociación de Avicultores de Santa Cruz, Boletín Informativo, Santa Cruz, diversos números.

21. Revista Economía y Empresas, diversos números.

22. Revista Contacto Económico, diversos números.

23. Secretaria do Comércio Exterior/MICT, Balança Comercial Brasileira, enero 1997.

24. USDA/ERS, Agricultural Outlook, diversos números, Washington DC.

25. USDA/ERS, US Agricultural Update, boletín, diversos números, Washington DC.

26. USDA/ERS, Europe, Situation and Outlook Series January 1997.

27. USDA, World Agricultural Supply and Demand Estimates, diversos números, Washington, DC.

28. FAO, Trade Yearbook, diversos números.

29. Banco Central do Brasil, Informes anuales, 1995,1990, 1985 y 1980.

30. Coelho, Carlos Nayro, "O Brasil e o Novo Modelo de Desenvolvimento da China", Revista de Política Agrícola MA/CONAB año V Nº 2.

31. Coelho, Carlos Nayro, "O Princípio do Desenvolvimento Sustentável na Agricultura", Revista de Política Agrícola, año VII, Nº 2 1998.

32. Warken, Phil The Development and Growth of the Soybean Industry in Brazil, Iowa State University Press, Ames, 1999.

33. FAO, Trade Yearbook, diversos números.

34. Hirschman, A. An Strategy of Economic Development, Yale University Press, 1958).