

PRODUCCIÓN DE NARANJA (*Citrus sinensis*) EN SISTEMAS AGROFORESTALES SUCESIONALES EN ALTO BENI, BOLIVIA - ESTUDIO DE CASO

Joachim Milz

Asociación de Organizaciones de Productores de Bolivia AOPEB, La Paz, Bolivia.
j.milz@ecotop-consult.de

RESUMEN

La región de Alto Beni en el departamento de La Paz, Bolivia es una zona que ha sido colonizada por familias del Altiplano y centros mineros desde inicios de los años 60. La vegetación natural de la región está caracterizada por bosque húmedo tropical. La actividad agrícola es una de las causas del desbosque acelerado en la región y de la pérdida de biodiversidad. Las relaciones expuestas en este trabajo indican que la complejidad de los sistemas vivos no puede ser reducida a gusto y que los monocultivos tarde o temprano afectarán su estabilidad, cuyos indicadores son la reducción en los rendimientos y los problemas con enfermedades y plagas. Unas de las posibles causas pueden ser, por un lado, la reducida biodiversidad en los sistemas de monocultivo y, por otra, el deficiente suministro de energía, es decir energía en forma de compuestos de lignina. Desde 1996 se están desarrollando en la región Sistemas Agroforestales Sucesionales (SAFS) con naranja y otros cultivos, cuyos principios de funcionamiento se basan en la sucesión natural de especies, combinando especies de diferentes ciclos de vida en altas densidades con los cultivos de interés económico. Mediante podas se logra mantener un alto flujo energético dentro del sistema. En este artículo se presentan los resultados de investigaciones sobre la fertilidad de los suelos y ataques de la mosca de la fruta a plantaciones de naranja, tanto en sistemas agroforestales como en monocultivo; mostrándose que en los primeros se logra mantener mejores y elevados niveles de fertilidad, con menos incidencia de plagas y enfermedades y, a la vez, se mantiene una biodiversidad considerable, con más de 60 diferentes especies forestales y frutales por ha. El trabajo realizado apunta a presentar formas de producción sostenibles que conserven los recursos naturales de los ecosistemas de bosque húmedo, los que son bastante frágiles tomando en cuenta las relaciones sistémicas.

Palabras clave: biodiversidad, bosque tropical, cultivo de naranja, mosca de la fruta, sistemas agroforestales sucesionales.

INTRODUCCIÓN

La región de Alto Beni en Bolivia es una zona tropical que ha sido colonizada por familias migrantes del Altiplano y de ex centros mineros, desde inicios de los años 60. La vegetación natural está caracterizada por bosque húmedo tropical con una alta biodiversidad. Inventarios de árboles con un DAP>10cm, realizados por Seidel (1995) en tres parcelas permanentes de observación en bosque primario, indicaron 209 diferentes especies pertenecientes a 53 familias. En la región, los cultivos de

mayor importancia económica son arroz, naranja, cacao, banano y papaya. Hoy en día, la naranja es uno de los cultivos más importantes de la economía campesina local. El uso de la tierra para fines agrícolas es caracterizado por roza, tumba y quema, constituyendo la principal causa de la pérdida de ecosistemas boscosos y de biodiversidad en la región (Milz 2002).

Lemieux (1996) investigó el origen de la fertilidad de los suelos y llegó a la conclusión de que el 90% de los suelos utilizados hoy en día para la agricultura han sido formados bajo sistemas boscosos. Lemieux (1996) indica que “el problema de la degradación del suelo va más allá de la simple disponibilidad de nutrientes. Cuando los suelos tropicales se degradan, ellos pierden la energía endógena necesaria para regular el flujo de nutrientes y de agua. En climas tropicales, los nutrientes están almacenados en las ramas de los árboles más que en el suelo mismo. Todos los intentos para compensar usando fertilizantes químicos en suelo desprovisto de su energía están condenados al fracaso como la historia reciente nos lo ha demostrado. Visto desde este ángulo, la desaparición del bosque y de todos los mecanismos que dependen de la presencia de la lignina y de los procesos de transformación de ella resulta ser una gran catástrofe. Cuando los bosques son destruidos para dar paso a la agricultura, el resultado inmediato e inevitable es la pérdida de suelo y las caídas dramáticas de los rendimientos de los cultivos. Ya que los mecanismos responsables de la fertilidad de los suelos son universalmente de origen forestal, la desaparición del bosque llevará a corto, mediano o largo plazo, a una caída de la fertilidad y de la productividad. El uso de productos químicos como fertilizantes tiene como consecuencia acelerar el colapso de la estructura del suelo y la aparición de carencias y de parásitos”.

Las propuestas de Lemieux, y su grupo de investigadores, para recuperar la fertilidad de suelos se basan en la aplicación de madera fraccionada (ramial chipped wood), originada de ramas con un diámetro de hasta 8 cm, como fuente de nutrientes y de energía. Los componentes de lignina son despolimerizados por basidiomicetos y desencadenan diferentes procesos biológicos. Los productos así obtenidos pueden ser retrosintetizados o convertidos en humus, que es la base misma de la fertilidad del suelo, de la gestión de los nutrientes y de la constitución de las reservas energéticas del suelo.

Técnicamente, se recomienda la instalación de plantaciones de naranja a plena exposición solar y en monocultivo (Amórtagni 2001; Mendel 1989; Stenz 1984). El monocultivo, sin embargo, exige después de un tiempo, el uso de insumos externos como agroquímicos y fertilizantes debido a problemas fitosanitarios y a la reducción de la fertilidad de los suelos. En el Alto Beni las plantaciones de naranja, a partir de los 12 años de edad, empiezan a mostrar síntomas de deficiencia nutricional y se vuelven susceptibles al ataque de enfermedades plagas. Cuando los costos de las labores culturales superan los ingresos, los productores abandonan el cultivo o tratan de renovarlo con plantas nuevas en el suelo desgastado y con baja fertilidad, o desboscan nuevas áreas.

En 1996 se iniciaron los primeros trabajos de agroforestería sucesional en la región, la cual busca reconciliar las actividades agrícolas con los sensibles ecosistemas de bosque tropical. Mediante la poda de arbustos y árboles se incorpora gran cantidad de ramas al sistema, lo cual coincide con la propuesta de Lemieux referida a la aplicación de ramas de madera fraccionada. El estudio de caso que se presenta está referido a la conversión de un monocultivo de naranja en un sistema agroforestal sucesional.

Principios de la sucesión natural de especies

Los principios descritos a continuación han sido desarrollados por Götsch (1994, 1995) con base en más de veinte años de experimentación, producción e investigación en agroforestería sucesional en el Brasil.

La estrategia del planeta Tierra es complementaria a la del sol. Mediante la vida vegetal y animal la Tierra convierte la energía radiante del sol en complejos orgánicos (Dürr 1992). Cada ser vivo tiene su función específica que contribuye directamente a estos procesos, fundamentalmente, a través de la fotosíntesis o quimiosíntesis realizada por las plantas, bacterias y algas verdes, o también indirectamente, cumpliendo funciones de transformación, intermediación, transporte, optimización y aceleración de procesos sucesionales. El excedente de energía solar transformada en complejos orgánicos se deposita en los pantanos (formando carbono con el transcurso del tiempo) y en el fondo de los mares tropicales (formando petróleo y gas).

Götsch (1994) muestra que en cada lugar la vida se organiza en sistemas. La vida de cada lugar se incrementa con el tiempo y se transforma en sistemas cada vez más complejos (procesos sintrópicos), por lo tanto estos sistemas no son estáticos sino extremadamente dinámicos. Dentro de cada sistema existe una secuencia en la predominancia de diferentes consorcios de especies caracterizadas por su ciclo de vida.

En terrenos completamente destruidos, en barrancos, quebradas y lugares muy explotados, el primer paso sucesional lo dan organismos como bacterias, hongos y líquenes, llamados “colonizadores”. En rocas, por ejemplo, las primeras en colonizar pueden ser diferentes bacterias que crean condiciones para el desarrollo de algunos hongos, musgos y líquenes. Cuando estos han creado suficientes condiciones para permitir el desarrollo de especies más exigentes, entran a su vez las llamadas plantas pioneras del sistema siguiente. Estos sistemas constituyen los primeros Sistemas de Acumulación y están caracterizados por especies de plantas con una relación carbono/nitrógeno muy amplia. El monto de lignina en la composición de la materia orgánica es elevado, y por lo tanto la descomposición de ésta, presente en las hojas y las partes leñosas, es lenta. Los árboles que aparecen en estos sistemas no tienen frutos comestibles para el ser humano o para los animales de porte grande. Es el lugar de insectos y de animales pequeños como ratones, culebras venenosas y pájaros.

Cuando las condiciones de vida han mejorado a través de la dinámica de la misma vida (procesos sucesionales), comienzan a surgir otras especies que forman los siguientes Sistemas de Acumulación. En suelos formados por rocas graníticas o de basalto, la vida tiene más facilidad para llegar a este estado. En Sistemas de Acumulación avanzados las mejores condiciones de vida para otras especies, vienen dadas por la composición carbono/nitrógeno ya más estrecha, con frutos y semillas de mayor contenido de proteínas y grasas, que permiten el desarrollo de animales de porte mediano. En la culminación de la complejización, la vida pasa - generalmente con más facilidad en bosques ciliares, bosques aluviales, en hoyadas y vertientes hídricas - hacia Sistemas de Abundancia, que son aquellos donde la vegetación se halla caracterizada por su estrecha relación de carbono/nitrógeno. Las especies de plantas tienen frutos grandes, con bastante contenido de carbohidratos, grasas y proteínas, y proporcionan el hábitat para animales de porte grande. El ser humano como “animal grande” necesita un hábitat de abundancia para poder satisfacer sus exigencias alimenticias. Los

procesos de transformación de biomasa dentro de un sistema de abundancia son muy intensivos y el flujo de carbono es elevado (mayor actividad de los microorganismos).

Se puede caracterizar el grado de desarrollo de un sistema y su respectiva fase sucesional por las especies que están predominando el consorcio. Así, cada sistema tiene sus propios consorcios característicos de pioneros, secundarios de diferentes ciclos de vida y primarios, que además varían según las características ecológicas del lugar (Fig. 1). Sin embargo los principios de la sucesión son los mismos en cualquier ecosistema.

Pioneros

Después de la eliminación de la capa vegetal primaria (cuando se cae un árbol emergente que deja un claro muy grande, o después de chaqueos y quemas) aparecen muchas plantas pioneras, junto con todas las especies de las siguientes sucesiones. La mayoría de los cultivos agrícolas de ciclo corto pertenecen al grupo de los pioneros de Sistemas de Abundancia, como por ejemplo, maíz, arroz, camote, soya, frijol, zapallo, tomate y sandía.

Secundarios I (hasta 2 años) y II (2 a 15 años)

Junto con los pioneros nacen también ya los secundarios, que dominan a los primeros después de uno o dos años. Dentro de los secundarios existen especies con diferente ciclo de vida, que oscila entre 2 (secundarios I) y quince años (secundarios II). Los secundarios de ciclo corto de Sistemas de Abundancia más conocidos en la región del Alto Beni son yuca (*Manihot esculentum*), piña (*Ananas cosmosus*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), papaya (*Carica papaya*), plátano, *Cecropia* spp., balsa (*Ochroma pyramidale*), *Inga* spp., toco (*Schizolobium amazonicum*) y otros.

Secundarios III (15 a 80 años)

Son especies que forman parte del bosque en estado de transición hacia el bosque primario, por ejemplo, chima (*Bactris gasipaes*), asaí (*Euterpe* spp.), motacú (*Attalea phalerata*), naranja y otras especies

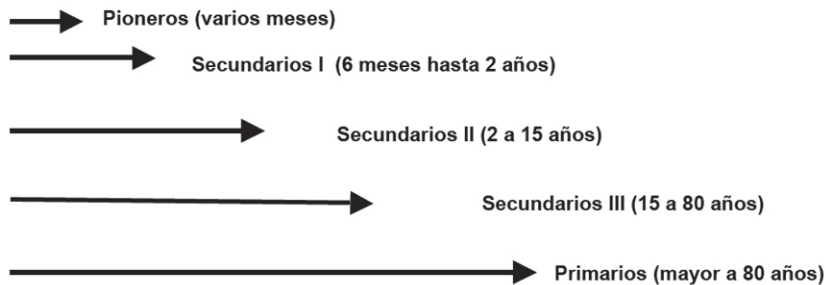


Fig. 1. Consorcios de especies que de acuerdo a su ciclo de vida caracterizan las diferentes etapas sucesionales (Milz 1997).

de cítricos, papaya del monte (*Jacaratia digitata*), ceibo (*Erythrina* spp.), pan de árbol (*Artocarpus altilis*), guanábana (*Annona muricata*), palto (*Persea americana*), *Guazuma ulmifolia* y muchas otras más.

Primarios (mayor a 80 años)

Están conformados por especies que forman el “bosque primario”. Lo que llamamos bosque primario es un sistema que también es transitorio y sujeto a una dinámica de cambio. Los primarios dominan a los secundarios III, formando luego el estrato superior y los árboles emergentes del bosque. Nacen junto con los pioneros, los secundarios I, II y III, y necesitan ser criados y acompañados por ellos para llegar al estrato que corresponde. Para llegar, dentro de la sucesión, hasta la formación de un bosque primario es necesario pasar por cada una de las etapas en la sucesión natural. No es posible saltar ninguna, pero sí se las puede acelerar mediante intervenciones adecuadas. Ejemplos de este consorcio de Sistemas de Abundancia, en la región de Alto Beni, son: cacao (*Theobroma cacao*), copuazú (*Theobroma grandiflora*), achachairú, ocoró (*Garcinia = Rheedea* spp.), café, mara (*Svietenia macrophylla*), mapajo (*Ceiba pentandra*), solimán (*Hura crepitans*), goma (*Hevea brasiliensis*), castaña (*Bertholletia excelsa*) y ajo ajo (*Gallesia integrifolia*).

La comprensión de los principios de la sucesión, así como el conocimiento de las respectivas especies que caracterizan cada etapa y cada ecosistema, son la clave para el manejo exitoso de sistemas agroforestales dinámicos y estratificados. Para tener éxito en la implantación y productividad de sistemas agroforestales habría que plantar especies de todos los consorcios que forman el sistema propio de cada lugar en el mismo momento.

La forma común de explotar la tierra en las zonas de colonización es tumbar el bosque primario para crear condiciones para la producción de especies pioneras como arroz, maíz u otras. Cuando bajan los rendimientos o cuando la presión de las malezas incrementa los costos en mano de obra, se deja el terreno en descanso o en barbecho. De esta manera, se da lugar al desarrollo de especies que componen un bosque secundario. Después de 5 a 7 años, cuando la vegetación secundaria ha recuperado cierto vigor, se tumba y se quema nuevamente para cultivar especies que pertenecen a los consorcios de los pioneros. Dependiendo de las condiciones de suelo y clima, esta actividad tiene como consecuencia que los Sistemas de Abundancia se vayan degradando paulatinamente hacia Sistemas de Acumulación. Habiendo retrocedido a un Sistema de Acumulación, ya no es posible seguir con el cultivo de especies pioneras pertenecientes a Sistemas de Abundancia. Mediante la aplicación de abonos químicos u abonos orgánicos y el uso de pesticidas, es posible mantener todavía durante cierto tiempo una productividad agrícola rentable hasta que finalmente el sistema colapsa. En regiones donde el tamaño de las propiedades lo permite, se cultiva luego gramíneas para la ganadería, muchas de las cuales son pioneras de los Sistemas de Acumulación. Estas, finalmente son expulsadas por otras pioneras de Sistemas de Acumulación inferiores, como por ejemplo, el caso del sujo (*Imperata* spp.) en la Amazonía, donde los suelos ya no son aptos para fines de pastoreo (Milz 1997).

Principios de sistemas agroforestales sucesionales

Los trabajos realizados en torno a sistemas agroforestales sucesionales con diferentes cultivos, tanto en el Alto Beni como en otras regiones de Bolivia y países latinoamericanos, muestran una

perspectiva promisorio para frenar la destrucción de los ecosistemas a causa de la actividad agrícola. A continuación se describen los principios más importantes para el establecimiento de Sistemas Agroforestales Sucesionales (Götsch 1995; Milz 1997, Osterroth 2002a, Osterroth 2002b, Peneireiro 1999). Estos principios son universales, sin embargo las “herramientas de trabajo”, las especies que conforman el sistema, varían desde luego de acuerdo a la situación de cada lugar.

Plantaciones densas

Plantar policulturas con los mismos espaciamientos que se usa en un monocultivo si se trata de pioneros y de secundarios de ciclo de vida corta. Si se trata de especies arbóreas y arbustivas, la densidad debe ser 5, 10 ó 20 veces mayor. Incluir desde el inicio las especies de todos los consorcios que forman un sistema, que son los pioneros, secundarios de diferente ciclo de vida y primarios. Anticipar y considerar la sucesión en el transcurso del tiempo de los diferentes consorcios de un sistema (desde los pioneros hasta los primarios), así como la estratificación de las especies de cada consorcio. De esta manera, no habrá competencia entre las especies, sino más bien se dinamizarán entre ellas. Una especie complementa a la otra, y las especies de los consorcios anteriores crían a los que siguen.

Ocupar todos los nichos

Plantar la mayor diversidad posible de especies para aprovechar todos los nichos que el ecosistema del lugar ofrece. Todos los espacios, todos los nichos que no son ocupados por plantas cultivadas, la naturaleza los ocupa con especies que ayudan a optimizar las condiciones de vida del lugar. Bajo condiciones naturales, normalmente, no existen lugares donde el suelo esté descubierto. Cuando ya hay un desequilibrio, en muchos casos, son justamente las “malezas” - gramíneas y otras hierbas - las que ocupan estos espacios. Nosotros intervenimos realizando deshierbes para controlar estas malezas, sin que por eso mejoremos las condiciones de vida en el lugar de la intervención, sino al contrario, el suelo queda cada vez más empobrecido. Si ocupamos todos los nichos con cada una de las especies adecuadas, entonces la naturaleza no necesita ayudar mediante las gramíneas y otras malezas, siendo innecesaria la intervención con limpiezas o deshierbes.

Deshierbes selectivos

En vez de hacer limpiezas indiscriminadas se debe hacer solamente deshierbes selectivos, dejando las plantas jóvenes del futuro con la finalidad de reciclar los cultivos, cortando solamente las gramíneas y herbáceas en fructificación.

Acelerar el flujo de carbono mediante la incorporación de materia orgánica al suelo

La productividad de un sistema crece en función del flujo de carbono (energía). Mientras mayor este flujo de transformación, más vida tiene el suelo y más fértil se vuelve. Quiere decir que mientras más recicla

más crece, y cuanto más crece mayor es su potencial para reciclar. A través de las podas de los árboles y los deshierbes selectivos de todas las plantas maduras, se logra reciclar una gran cantidad de materia orgánica.

Estratificación, consorcios adecuados y sincronización del sistema

Cuando se establece un agro ecosistema, como en el caso del cacao o naranja como cultivo principal, es importante tratar de “sincronizar” todas las especies utilizadas en el sistema. Inicialmente, con el ritmo de crecimiento y desarrollo del cultivo de interés económico, y más tarde, cuando llega a fructificar, con el ritmo de floración y maduración del mismo. La naranja es de origen asiático y ocupa el estrato medio dentro del bosque. Antes de que la naranja entre en floración, en estos ecosistemas pierden sus hojas la mayoría de las especies de árboles del estrato alto. La mayor entrada de luz induce la floración en la naranja. Posteriormente, el brote de estos árboles estimula, asimismo, el crecimiento de la naranja y todo el sistema adquiere una dinámica muy fuerte.

En los agroecosistemas se trata entonces de replicar este mismo fenómeno, plantando árboles del estrato alto que pierden sus hojas en la época seca del año y podando fuertemente a los que no lo hacen, como las *Inga* spp., cortando un 80% de sus ramas (manteniendo la estructura del árbol) en la misma época en que los árboles del estrato alto pierden sus hojas. Así, se estaría sincronizando el sistema para que la naranja tenga óptimas condiciones de producción y, al mismo tiempo, se aprovecharía y se optimizaría las *Inga* spp. con su fabulosa capacidad de producción de materia orgánica y de rebrote después de la poda. Lo mismo vale también para el cacao, el café u otros cultivos que forman parte de un sistema agroforestal sucesional. Los procesos descritos por Lemieux (1996) en relación a la incorporación de ramas fraccionadas en la producción agrícola y su gran importancia para mantener el flujo energético dentro de los suelos, se replican mediante la incorporación anual de las grandes cantidades de ramas originadas a través de las podas.

Acelerar los procesos de la sucesión natural a través de podas de rejuvenecimiento y de la eliminación de individuos que ya han cumplido su función

Es imprescindible plantar desde el inicio todos los consorcios de un sistema, desde los pioneros hasta los primarios. Para mantener el sistema bastante dinámico, es importante intervenir cuando una especie está terminando su ciclo de vida. Las especies secundarias de ciclo de vida de 25 a 35 años como las *Inga* spp., dominantes durante los primeros años en el sistema, requieren ser podadas 3 a 4 meses antes de la época de floración de la naranja (septiembre/octubre) para estimular o inducir la floración de la misma. En el transcurso de 3 a 4 años se produce suficiente materia orgánica para mantener el suelo permanentemente cubierto con el material producido por las podas y la caída de hojas. En la medida que desarrollan los árboles, se realiza un raleo de las especies secundarias. En el transcurso de 12 a 15 años las especies de ciclo de vida media (*Inga* spp., *Guazuma ulmifolia*) son paulatinamente retiradas del sistema, quedándose las especies de estrato bajo, medio y alto del bosque primario como también las palmáceas.

MÉTODOS

El estudio de caso que se presenta se realizó en una plantación de naranja (*Citrus sinensis*) de la variedad Valencia tardía, de una hectárea de superficie, instalada en 1989 en forma de monocultivo, en un suelo predominado por gramíneas. Las distancias de plantación fueron de 6m x 6m, durante los primeros 3 años asociada con banano (var. cavendish) y cobertura viva (*Glycine wightii*).

En 1996 se empezó a modificar este monocultivo, sembrando cada 0,5 m en los espacios entre las filas de naranja, semillas de árboles de diferentes estratos y ciclo de vida, palmeras (*Bactris gasipaes*, *Euterpe* spp., *Attalea phalerata*) y plantando banano de porte alto con un distanciamiento de 8m x 12m, tratando de imitar lo mejor posible las características del ecosistema bosque tropical. Como árboles del estrato alto se utilizaron especies nativas, sobre todo aquellas que defolían en la época seca entre junio y septiembre (*Cariniana estrellensis*, *Hevea brasiliensis*, *Centrolobium ochroxylum*, *Swietenia macrophylla*, *Juglans boliviana*, *Hura crepitans*, *Myroxylon balsamum*, *Amburana cearensis*, *Spondias mombin* y otras). En el año 2000 el sistema fue complementado con cacao (*Theobroma cacao*) y café (*Coffea arabica* y *Coffea robusta*), que ocupan el estrato bajo del sistema.

El sistema agroforestal sucesional fue evaluado con relación a sus efectos sobre la sanidad y productividad del naranjo, fertilidad del suelo, diversidad florística y potencial maderable.

Sanidad vegetal y productividad del naranjo

Soto y Milz (2004) realizaron un estudio comparativo entre una plantación de naranja en SAFS y plantaciones en monocultivo de la misma edad, a fin de evaluar los efectos sobre la incidencia del ataque de la mosca de la fruta (*Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata*), el rendimiento y calidad de los frutos. Se estudiaron dos monocultivos ubicados en la vecindad de la parcela SAFS. En cada uno, se instaló una parcela de 0,25 ha de superficie, dividida en 4 subparcelas (repeticiones). En la parcela SAFS, se instalaron dos parcelas de observación con las mismas características. Para evaluar la incidencia de la mosca de la fruta se colocaron dos trampas con proteína hidrolizada por subparcela, haciéndose el conteo y cambio del líquido en forma quincenal. Se evaluaron también el rendimiento, en kg de frutos por árbol, y el contenido de azúcar en los frutos en grados Brix. Los resultados se examinaron mediante el análisis de varianza.

Fertilidad del suelo

En marzo de 2004 el Instituto de Geografía de la Universidad de Göttingen realizó un seminario científico y práctica de campo en Bolivia. La temática del seminario fue “la problemática agrícola del uso de recursos naturales en un país tropical en desarrollo“. El propósito del trabajo de campo fue la recolección de datos sobre las condiciones socioeconómicas y las características bio-ecológicas del suelo en plantaciones de cacao y naranja. En el marco de este trabajo se realizaron análisis de suelos en una parcela de naranja en SAFS y en dos plantaciones de naranja en monocultivo. Las parcelas seleccionadas tenían la misma estructura de edad, pero estaban dentro de diferentes unidades geomorfológicas: terraza aluvial reciente (Monocultivo II y SAFS) y terraza fluvial sub-

reciente (Monocultivo I). El análisis y la interpretación de los datos fueron realizados en Göttingen. Estos datos deben ser considerados como referenciales, puesto que debido a la falta de repeticiones no fue posible realizar evaluaciones estadísticas (Heitkamp *et al.* 2004).

Diversidad florística y potencial maderable

En el año 2007 se realizó un inventario forestal con la finalidad de identificar las especies de plantas presentes y estimar el valor potencial maderable de la plantación agroforestal de naranja (Olorio 2007). Los cálculos del área basal y volumen de madera en la plantación se realizaron con los datos recopilados por la Interinstitucional Alto Beni (IIAB), donde se tienen digitalizados datos de censos forestales de diferentes parcelas agroforestales sucesionales, desde el año 2004 al 2007, realizados por diferentes instituciones del Alto Beni. De esta manera, se tienen 7 parcelas referenciales bajo SAFS para promediar los cálculos del Incremento Comercial Anual (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA) y estimar las proyecciones de la totalidad de las especies en la parcela de naranja (Olorio 2007).

Una vez calculados los incrementos y determinado un promedio por especie de las parcelas testigos, se realizaron las proyecciones para cada individuo en las parcelas de naranja, para luego agruparlos y calcular un promedio general del incremento y estimación de proyección a 10 y 20 años, en diámetro, área basal y volumen de las especies forestales (Olorio 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sanidad vegetal y productividad del naranjo

A continuación se presentan los principales resultados del estudio efectuado por Soto y Milz (2004) en relación a la incidencia de la mosca de la fruta, pérdida de frutos y rendimientos, y calidad de frutos, en parcelas SAFS y en parcelas de monocultivo. La incidencia de la mosca de la fruta es representada en la Fig. 2, observándose un mayor número de moscas capturadas en las parcelas en monocultivo que en las parcelas SAFS.

La Fig. 3 muestra la comparación de la cantidad de pérdida de frutos en las diferentes parcelas. El número de frutos caídos en las parcelas de monocultivo es significativamente más elevado que en el sistema agroforestal.

La comparación de los rendimientos está ilustrada en la Fig. 4. El número de frutos y rendimiento en kg de frutos por árbol fueron significativamente mayores en las parcelas SAF que en las parcelas en monocultivo.

En relación al contenido de azúcar de los frutos cosechados, evaluado en grados Brix, no hubo diferencia entre monocultivo y sistema agroforestal (Fig. 5).

Fertilidad del suelo

Los resultados del análisis de suelos para las plantaciones de naranja en SAFS y en monocultivos se presentan en la Tabla 1. Los datos muestran valores considerablemente más altos de contenido de humus, N y P en SAFS que en monocultivo, lo cual puede explicar también el mejor estado sanitario

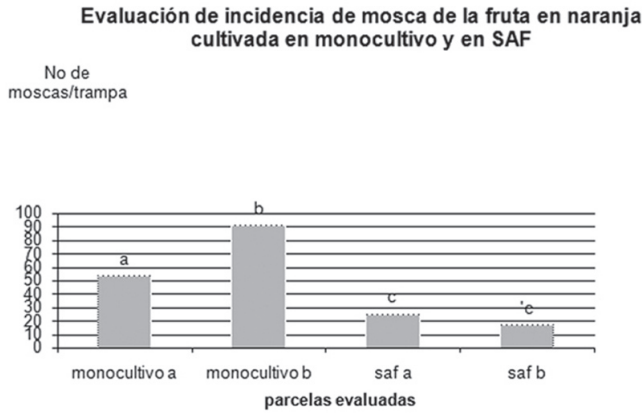


Fig. 2. Evaluación de incidencia de la mosca de la fruta en parcelas de naranja en monocultivo y en SAFS. Letras diferentes indican significancia estadística al 5%.

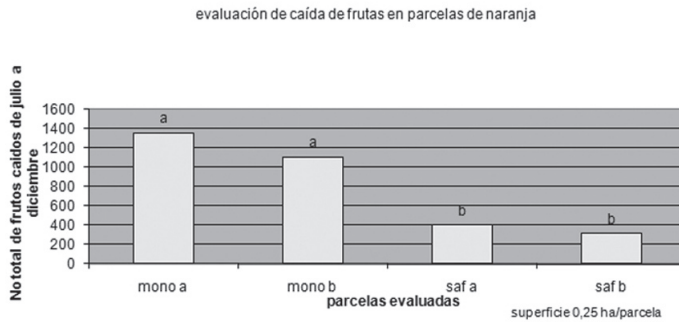


Fig. 3. Comparación del número de frutas caídas en parcelas de naranja en monocultivo y en SAFS. Letras diferentes indican significancia estadística al 5%

de los árboles de naranja en el SAFS. Estos resultados confirman también las hipótesis formuladas por Lemieux (1996), puesto que la plantación en SAFS recibe anualmente considerables cantidades de ramas y de esta manera importantes fuentes de nutrientes y de energía.

Diversidad florística y potencial maderable

La plantación de naranja por haber sido establecida en monocultivo en 1989 contaba inicialmente con una muy baja biodiversidad (Fig. 6). A los 6 años de edad ya se presentaron serios problemas

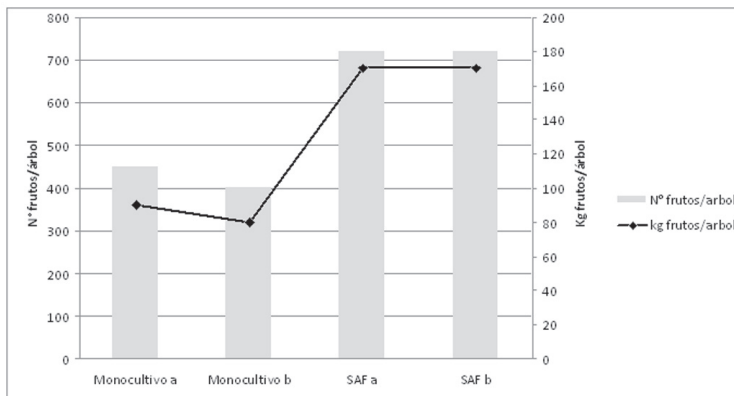


Fig. 4. Comparación de rendimientos en número de frutos por árbol y peso (kg frutos/árbol) en plantaciones de naranja en monocultivo y en SAFS. Letras diferentes indican significancia estadística al 5%.

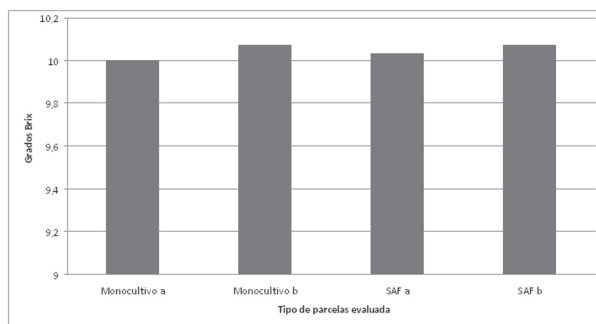


Fig. 5. Comparación de contenido de azúcar (grados Brix) de frutos de naranja en monocultivo y en SAFS.

fitosanitarios como el Mal de hilacha (*Pellicularia koleroga*) y jamillo (*Tripodanthus acutifolius*), los que provocan el secamiento de las ramas. Con la conversión de la plantación en sistema agroforestal (Fig. 7) se incrementó la biodiversidad y los problemas fitosanitarios iniciales desaparecieron.

La Tabla 2 indica las especies maderables y el número de individuos inventariados; la Tabla 3 enumera las especies frutales existentes.

La plantación diversificada actualmente (año 2009) está compuesta por más de 60 diferentes especies de árboles de diferente ciclo de vida, adquiriendo una estructura y composición que se asemeja cada vez más a las características de un bosque. Plantaciones de naranja de la misma edad en la vecindad muestran ya fuertes síntomas de decadencia y una muy baja productividad, mientras que

Tabla 1. Datos comparativos de fertilidad del suelo en plantaciones de naranja en monocultivo y en SAFS en Alto Beni-Bolivia.

| | Monocultivo I | Monocultivo II | SAFS |
|----------------------------|---------------|----------------|-------|
| Horizonte enraizado (cm) | 25 | 27 | 30 |
| Humus (kg/m ²) | 1,34 | 3,24 | 13,49 |
| N (kg/m ²) | 0,12 | 0,18 | 0,49 |
| P (g/m ²) Bray | 2,65 | 45,85 | 78,89 |
| Ct/Nt | 6 | 7 | 9 |

Fuente: Heitkamp *et al.* (2004)



Fig. 6. Plantación de naranja en monocultivo (Foto J. Milz)



Fig. 7. Plantación de naranja en sistema agroforestal sucesional (Foto J. Milz)

Tabla 2. Especies forestales por ha en plantación agroforestal sucesional de naranja.

| Familias | Nº Tot. Indiv. | % Fam. | Nombre común | Nombre científico | Nº Indiv. |
|----------------|----------------|--------|--------------------|---------------------------------|-----------|
| Anacardiaceae | 23 | 6,0 | Cedrillo | <i>Spondias mombin</i> L. | 20 |
| | | | Cuchi | <i>Astronium urundeuva</i> | 3 |
| Bombacaceae | 21 | 5,4 | Flor de mayo | <i>Ceiba</i> ssp. | 21 |
| Combretaceae | 4 | 1,0 | Verdolago | <i>Terminalia oblonga</i> | 4 |
| Elaeocarpaceae | 7 | 1,8 | Cabeza de mono | <i>Sloanea fragrans</i> | 7 |
| Euphorbiaceae | 62 | 16,1 | Ochoo | <i>Hura crepitans</i> | 54 |
| | | | Goma | <i>Hevea brasiliensis</i> | 8 |
| Fabaceae “cae” | 9 | 2,3 | Momoqui | <i>Caesalpinia pluviosa</i> | 9 |
| Fabaceae “mim” | 7 | 7,0 | Villca Blanca | <i>Albizia niopoides</i> cf. | 7 |
| Fabaceae “pap” | 149 | 38,6 | Pacay | <i>Inga</i> ssp. | 86 |
| | | | Ceibo | <i>Erythrina</i> ssp. | 4 |
| | | | Huasicucho | <i>Centrolobium ochroxyllum</i> | 11 |
| | | | Huayruro | <i>Ormosia</i> sp. | 15 |
| | | | Jorori | <i>Swartzia jorori</i> | 16 |
| | | | Quina Quina | <i>Myroxylon balsamum</i> | 14 |
| | | | Roble | <i>Amburana cearensis</i> | 3 |
| Lauraceae | 9 | 2,3 | Laurel | <i>Nectandra</i> sp. | 9 |
| Lecythidaceae | 3 | 0,8 | Colomero | <i>Cariniana estrellensis</i> | 3 |
| Meliaceae | 9 | 2,3 | Mara | <i>Swietenia macrophylla</i> | 9 |
| Moraceae | 27 | 7,0 | Mascajo | <i>Clarisia racemosa</i> | 25 |
| | | | Leche Leche | <i>Sapium marmieri</i> | 2 |
| Sapindaceae | 13 | 3,4 | Sululo | <i>Sapindus saponaria</i> | 13 |
| Sterculiaceae | 25 | 6,5 | Guazumo | <i>Guazuma ulmifolia</i> | 24 |
| | | | Palo Zapallo | <i>Sterculia apetala</i> | 1 |
| N / I | 18 | 4,7 | sin identificación | | 18 |

Fuente: Olorio 2007 (modificado)

la plantación en sistema agroforestal muestra mucha vigorosidad, sanidad y productividad. Aparte de ingresos por la producción de naranja se cosecha, banano, pimienta, cacao, café, en menor escala frutas como carambola y otras.

La naranja tiene un ciclo de vida comercial productivo de 20 a 25 años (Amórtegni 2001; Mendel 1989; Stenz 1984), y en la actualidad en la región del Alto Beni, plantaciones de esta edad están caracterizadas por presencia de gramíneas como *Imperata* spp., rogelia (*Rottboellia cochinchinensis*) y otras. También se observa con frecuencia árboles de naranja enfermos con síntomas de deficiencia nutricional. Al terminar estas plantaciones su ciclo productivo, están dejando un suelo empobrecido sin ningún valor comercial. Se estima el ciclo productivo de la plantación de naranja en SAFS mucho más largo, puesto que después de 20 años de vida, el sistema agroforestal de naranja no presenta todavía síntomas de decadencia.

Tabla 3. Especies frutales en la plantación agroforestal sucesional de naranja.

| Familia botánica | Nombre común | Nombre científico |
|------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Anacardiaceae | mango | <i>Mangifera indica</i> |
| Annonaceae | chirimoya | <i>Annona cherimola</i> |
| Arecaceae | chonta duro | <i>Astrocaryum murumuru</i> |
| | motacú | <i>Attalea phalerata</i> |
| | chima, pejebeye, pupunha | <i>Bactris gasipaes</i> |
| | asaí brasileiro | <i>Euterpe oleracea</i> |
| | asaí solitario | <i>Euterpe precatoria</i> |
| | majo | <i>Oenocarpus batana</i> |
| Euphorbiaceae | sangra de grado | <i>Croton</i> spp. cf. |
| Flacourtiaceae | macota | <i>Casearia pitumba</i> cf. |
| Guttiferae | achachairú | <i>Garcinia macrophylla</i> |
| | ocoró | <i>Garcinia madruno</i> |
| Hippocrateaceae | chuchuhuasi | <i>Salacia impressifolia</i> cf. |
| Lauraceae | palto | <i>Persea americana</i> |
| Moraceae | yaca | <i>Artocarpus heterophyllus</i> |
| | maran | <i>Artocarpus</i> |
| | pan de fruta | <i>Artocarpus altilis</i> |
| | mapati | <i>Pourouma</i> sp. |
| Musaceae | banano | <i>Musa acuminata</i> |
| Myristicaceae | nuez moscada | <i>Myristica fragrans</i> |
| Myrtaceae | manzana de brasil | <i>Syzygium malaccense</i> |
| Oxalidaceae | carambola | <i>Averrhoa carambola</i> |
| Piperaceae | pimienta | <i>Piperum nigrum</i> |
| Rosaceae | níspero | <i>Eriobotrya japonica</i> |
| Rubiaceae | café | <i>Coffea arabica</i> |
| | manzana del monte, genipapo, bí | <i>Coffea robusta</i> |
| | | <i>Genipa americana</i> |
| Rutaceae | toronja | <i>Citrus grandis</i> |
| | mandarina | <i>Citrus reticulata</i> |
| | limón | <i>Citrus x limon</i> |
| | naranja | <i>Citrus sinensis</i> |
| Sapindaceae | rambutan | <i>Nephelium lappaceum</i> |
| Sapotaceae | sapote | <i>Manilkara zapota</i> |
| | | <i>Pouteria zapota</i> |
| Sterculiaceae | batasta | <i>Theobroma bicolor</i> |
| | cacao | <i>Theobroma cacao</i> |
| | copuazú | <i>Theobroma grandiflora</i> |

Fuente: elaboración propia

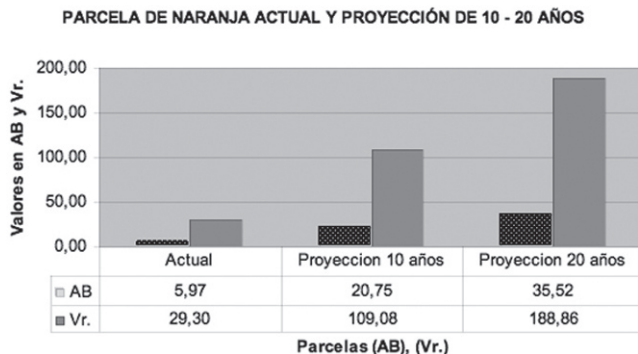


Fig. 8. Proyección de especies forestales de 10 y 20 años en área basal (m^2) y volumen de madera (m^3) en la parcela de naranja bajo Sistema Agroforestal Sucesional (Olorio 2007).

En la Fig. 8 se presentan las proyecciones de los incrementos en área basal y volumen. De acuerdo a los cálculos, a diez años se tendrá un área basal de $20,75 m^2$ y un volumen de $109,08 m^3$. Las proyecciones a 20 años muestran un área basal de $35,52 m^2$ y un volumen de $188,86 m^3$ (árboles en pie).

Según las estimaciones de Olorio (2007), antes de iniciar un nuevo ciclo productivo, a los 20 años se podría aprovechar aproximadamente $188 m^3 ha^{-1}$ de madera fina y disponiendo además de un suelo con un excelente potencial productivo por su alta fertilidad. El volumen de madera incrementará en la medida en que continúe el ciclo productivo de la plantación. La baja paulatina de los rendimientos que podría ocurrir a partir de los 20 a 25 años de edad (no existen todavía experiencias al respecto) serían recompensados por los ingresos por la producción de cacao, café, pimienta y otras especies asociados con la plantación. Terminando el ciclo productivo del sistema agroforestal, se podría aprovechar la madera y luego continuar con un nuevo ciclo productivo en un suelo con alta fertilidad.

CONCLUSIONES

El intenso trabajo con sistemas agroforestales sucesionales - una actividad desarrollada en forma teórica y práctica durante varios años - en conexión con diferentes experimentos de cultivo, más las observaciones provenientes de la propia praxis y del trabajo de consultoría en diferentes regiones de Bolivia, de América del Sur y de América Central, condujeron a un planteamiento de forma de producción agrícola reconciliador con el ecosistema. Las observaciones e investigaciones que se pudieron lograr en plantaciones agroforestales sucesionales, tanto de naranja como de cacao, demostraron que éstas, pese a que se encontraban muy cerca de plantaciones fuertemente afectadas por diferentes enfermedades y plagas, no acusaban síntomas de ataque significativos (Milz 2006). A similares conclusiones ya se había llegado en las plantaciones agroforestales del experto E. Götsch situadas en Bahía, Brasil (Pencireira 1999).

¿Por qué en plantaciones de monocultura se presentan – tarde o temprano – graves problemas con enfermedades y plagas? Esta pregunta, surgida de las observaciones citadas arriba, más los numerosos e infructuosos intentos de solucionar estos problemas mediante el empleo de tecnologías, condujeron a la siguiente hipótesis: *Los factores causantes de los problemas en los cultivos agrícolas no radican sólo en un “agente” o en un “insecto dañino”. Por tanto, tales problemas no se pueden solucionar sólo combatiendo a los mismos.*

Las relaciones expuestas en este trabajo indican que la complejidad de los sistemas vivos no puede ser reducida a gusto y que tales sistemas no pueden ser manejados con tecnologías que tarde o temprano afectarán su estabilidad. Una de las posibles causas puede ser, por un lado, la reducida biodiversidad en los sistemas de monocultivo y, por otro lado, según Lemieux (1996) radica en el deficiente suministro de energía, es decir energía en forma de compuestos de lignina. Las investigaciones sobre la fertilidad de los suelos y ataques de la mosca de la fruta en plantaciones de naranja, tanto en sistemas agroforestales como en monocultivo, dan pautas en sentido de que una posible solución al complejo de problemas - tanto de ataques de plagas y enfermedades como también de fertilidad de suelos - puede radicar en la implementación de los principios de sistemas agroforestales sucesionales.

Aparte de la búsqueda de soluciones técnicas, el trabajo realizado – si lo vemos con una visión más amplia – apunta a detectar y presentar formas de explotación sostenibles que conserven los recursos naturales de los frágiles ecosistemas de bosque húmedo tropical; eso sí, tratando integralmente la relación ser-humano/medio-ambiente y tomando en cuenta relaciones sistémicas. Por otro lado, esta forma de producción que busca aplicar los principios de la vida a la producción agropecuaria requerirá un enfoque de investigación interdisciplinaria entre ramas científicas afines como ser agronomía, forestería, biología, geografía y filosofía.

REFERENCIAS

- Amórtagni, I. 2001. El cultivo de los cítricos. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial del Tolima PROHACIENDO. Ibagué – http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/EI%20cultivo%20de%20los%20citricos%20Limon.pdf (21.4.2009).
- Dürr, H.P. 1992. Ökologische Herausforderung der Ökonomie. Eine naturwissenschaftliche Betrachtung. Teil I. Informationsdienst Wissenschaft & Frieden Nr. 3. <http://www.uni-muenster.de/PeaCon/wuf/wf-92/9231201m.htm> (21.4.2009). Teil II. <http://www.uni-muenster.de/PeaCon/wuf/wf-92/9241401m.htm> (21.4.2009).
- Götsch, E. 1994. Break-through in agriculture. Rio de Janeiro, ASPTA.
- Götsch, E. 1995. Externe Evaluierung des Regionalprogramms Alto Beni, Yucumo, Rurrenabaque. La Paz, DED (hektogr.) (no publicado).
- Heitkamp *et al.* 2004. En: Gerold, G., Faust, H. La problemática agrícola del uso de recursos naturales en un país tropical en desarrollo. Instituto de Geografía. Georg-August-Universität Göttingen.
- Lemieux, G. 1996. «The hidden world that feeds us: the living soil». Seminar given in Africa and Ukraine, International Development Research Center, and Laval University, Québec, Canada ISBN 2-921728-17-6.
- Mendel, K. 1989. Böden in den Tropen. Pp 310-327. En: Rehm (Hrsg.). Handbuch der Landwirtschaft

- und Ernährung in den Entwicklungsländern Band 4 Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. Göttingen.
- Milz, J. 1997. Guía para el Establecimiento de Sistemas Agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenbaque – Bolivia: Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED), La Paz – Bolivia.
- Milz, J. 2002. Die Nutzung genetischer Vielfalt als Voraussetzung nachhaltigen Wirtschaftens in tropischen Waldökosystemen Lateinamerikas. En: Brand, U., Kalscsics, M. (Hrsg.): Wem gehört die Natur? Konflikte um genetische Ressourcen in Lateinamerika, Brandes&Aspel/Südwinde - Jahrbuch des österreichischen Lateinamerika Instituts – Österreich. Pp 148-160.
- Milz, J. 2006. Einfluss von Anbau- und Pflegemaßnahmen auf die Hexenbesenkrankheit (*Crinipellis pernicios* (Stahel) Singer) bei Kakaoklonen im Siedlungsgebiet Alto Beni-Bolivien. Dissertation Humboldt Universität zu Berlin.
- Olorio, W. 2007. Evaluación del valor potencial de especies maderables en sistemas agroforestales sucesionales en cultivos de Cacao "*Theobroma cacao* L. y Naranja "*Citrus sinensis*" en Sapecho – Alto Beni – Bolivia. Tesina para obtención del título Técnico Superior Forestal. Escuela Técnica Superior Forestal. Cochabamba.
- Osterroth, M. 2002a. A Sucessão Cultural de Plantas Nativas e Cultivadas. Agroecologia hoje anoIII/15, Julho/Agosto 2002:15-19.
- Osterroth, M. 2002b. Implantação de Agroflorestas. Agroecologia hoje anoIII/15, Julho/Agosto 2002:8-11.
- Peneireiro M. F. 1999. Sistemas Agroforestais dirigidos pela sucessao natural: um estudo de caso. Mestre em Ciencias, Área de Concentraçao: Ciencias Florestais, Universität von Sao Paolo, Piracicaba – Brasil.
- Seidel, R. 1995. Inventario de los árboles en tres parcelas de bosque primario en la Serranía de Marimonos, Alto Beni. Ecología en Bolivia 25:1-35.
- Soto, V. y J. Milz. 2004. Evaluación comparativa de incidencia de mosca de la fruta en cítricos en sistemas agroforestales y en monocultivo en Alto Beni – Bolivia. Datos de Investigación de V. Soto para tesis de grado., resumidos e interpretados para la presentación en el 5to curso internacional de agroforestería sucesional, ECOTOP – Alto Beni, Bolivia (no publicado).
- Stenz, S. 1984. En Franke, G. Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen Band II S.Hirzel Verlag Leipzig.