AMAZONIA

Investigación sobre Agricultura y Uso de Tierras

Memorias de la Conferencia Internacional patrocinada por:

La Fundación Rockefeller
La Agencia Alemana para Cooperación Técnica, GTZ
El Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
La Universidad Estatal de Carolina del Norte, NCSU
El Centro Internacional para Investigación en Agrosilvicultura, ICRAF

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas tropicales bajas. Su sede principal se encuentra en un terreno de 522 hectáreas, cercano a Cali. Dicho terreno es propiedad del gobierno colombiano el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. Este dispone igualmente de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con una extensión de 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, ambas en el Cauca. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas en los Llanos Orientales y colabora con el mismo ICA en varias de sus estaciones experimentales en Colombia, así como con instituciones agrícolas nacionales en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) financian los programas del CIAT. Durante 1982 tales donantes son: la Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional de Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD), y los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Holanda, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, y Suiza. Además, varios proyectos especiales son financiados por algunas de tales entidades y por la Fundación Kellogg, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.

Serie CIAT 03S-4(82)
ISBN 84-89206-15-5

AMAZONIA
Investigación sobre Agricultura y Uso de Tierras

Editora: Susanna B. Hecht
Comité editorial: Gustavo A. Nores, Presidente
Susanna B. Hecht
Pedro A. Sánchez
James M. Spain
Gary Toenniessen

Memorias de la Conferencia Internacional patrocinada por:
La Fundación Rockefeller
La Agencia Alemana para Cooperación Técnica, Ltd., GTZ
El Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
La Universidad Estatal de Carolina del Norte, NCSU
El Centro Internacional de Investigación en Agrosilvicultura, ICRAF

La Conferencia y la publicación de las Memorias recibieron apoyo financiero de la Fundación Rockefeller y de la Agencia Alemana para Cooperación Técnica, Ltd., GTZ.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-15-5
Serie CIAT 03S-4(82)
Agosto, 1982

Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. AMAZONIA. Investigación sobre agricultura y uso de tierras. Susanna B. Hecht (ed.). Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 448 p.

1. Recursos naturales — Amazonas (Cuenca) — Congresos, conferencias, etc. 2. Agricultura — Investigaciones — Amazonas (Cuenca) — Congresos, conferencias, etc. 3. Tierra — Usos — Amazonas (Cuenca) — Congresos, conferencias, etc. 4. Amazonas (Cuenca). I. Hecht, Susanna B. (Serie).

Tiraje: 2000 ejemplares.

Contenido

	Página
Prefacio	7
Palabras de Bienvenida	9
Palabras de Apertura	11
Informes de Países	15
Evaluación General del Potencial Agropecuario de la Amazonía Boliviana, *Francisco Pereira, José G. Salinas*	17
Evaluación General de las Políticas de Desarrollo e Investigación en la Amazonía Brasileña, *Herminio Maia Rocha*	33
Algunas Consideraciones sobre la Amazonía Colombiana, *Jaime Navas Alvarado*	41
Políticas y Planes de Desarrollo para la Región Amazónica Ecuatoriana, *Raúl de la Torre F.*	61
Políticas y Planes de Desarrollo para la Región Amazónica del Perú, *Javier Gazzo*	87
Una Experiencia Peruana para el Desarrollo de su Amazonía: el Organismo Regional de Desarrollo de Loreto y el Proyecto Jenaro Herrera, *José López Parodi*	109
El Desarrollo Agrícola de la Región Amazónica Venezolana, *Sergio Benacchio.*	117

Informes Técnicos 139

Investigación de Ecosistemas 139

Recursos de Tierras, Suelos y su Manejo en la Región Amazónica: Informe acerca del Estado de Conocimientos, *Thomas T. Cochrane, Pedro A. Sánchez* 141

Los Usos de la Tierra en la Región Amazónica: los Sistemas Naturales, *Herbert O. R. Schubart, Eneas Salati* 219

Investigación Agrícola 251

Producción de Cultivos Alimenticios Anuales en la Amazonía, *Carlos Valverde S., Dale E. Bandy* 253

Producción de Pastos y Ganado en la Amazonía, *José M. Toledo, Emanuel Adilson Sousa Serrão* 295

Una Evaluación en Perspectiva de los Cultivos Perennes en la Cuenca Amazónica, *Paulo de T. Alvim* 325

Silvicultura y Agrosilvicultura 345

Los Sistemas Agroforestales en la Cuenca Amazónica: Práctica, Teoría y Límites de un Uso Promisorio de la Tierra, *Susanna B. Hecht* 347

Actividades de Investigación en Bosques e Importancia de los Sistemas de Multiestratos en la Cuenca Amazónica (Neotrópicos Húmedos), *Robert B. Peck* 391

Investigaciones Silviculturales y Agroforestales Adelantadas por Conif, *Juan E. Valencia* 407

Sistemas Agroforestales para el Trópico Húmedo al Este de los Andes, *John P. Bishop* 423

Conclusiones y Recomendaciones 437

Siglas 445

Los participantes en esta conferencia recomendaron la creación de un mecanismo para fortalecer la investigación agrícola y ecológica en la región amazónica. Un pequeño comité fue nombrado para cumplir tal recomendación, lo cual condujo al establecimiento de una red informal de cooperación en investigación que se denominó Red de Investigación Agraria para la Amazonía (REDINAA). Los científicos asociados a REDINAA están en la actualidad preparando propuestas cooperativas de investigación que serán presentadas a las entidades nacionales e internacionales apropiadas.

Los patrocinadores de la conferencia están muy complacidos con estos adelantos y estimulan a quienes estén interesados en contribuir al fortalecimiento de la investigación agrícola y ecológica en la región amazónica a participar en los programas de REDINAA.

Prefacio

El Desarrollo agrícola y forestal de la cuenca del Amazonas puede contribuir significativamente al desarrollo económico y al mayor bienestar humano en esta vasta región de Sur América. Aunque las políticas nacionales relativas a la colonización y a la apertura de nuevas tierras para la producción varían considerablemente, la tendencia predominante en la cuenca es hacer un desarrollo acelerado de los territorios de frontera. La realización del potencial amazónico para la agricultura no será una tarea fácil, sin embargo, ya que la experiencia ha demostrado la existencia de numerosas limitaciones de carácter técnico, social y económico. En la actualidad se reconoce ampliamente que hay urgente necesidad de ampliar y fortalecer los programas de investigación que han de generar un mayor acopio de conocimientos necesarios para garantizar que el desarrollo agrícola en la Amazonía sea sustentable tanto técnica como económicamente.

En respuesta a esta necesidad, los gobiernos nacionales esperan establecer nuevas estaciones de investigación así como fortalecer las existentes en la Amazonía. Numerosas agencias internacionales de asistencia técnica y financiación han demostrado también un creciente interés en colaborar con los programas de investigación en la región. El último grupo incluye las cinco agencias que patrocinaron la Conferencia sobre Investigación Agrícola y Uso de la Tierra en la Amazonía que fue celebrada en el CIAT, Cali, Colombia, en abril 16 a 18 de 1980. Esta conferencia reunió cerca de 20 distinguidos científicos y funcionarios gubernamentales de los seis países amazónicos mayores y un número parecido de representantes de agencias internacionales. El objetivo fue identificar y promover las oportunidades de investigación más

promisorias que condujeran al mejoramiento de las tecnologías agrícolas apropiadas para las condiciones ecológicas y económicas únicas de la Amazonía.

Las presentaciones y discusiones sostenidas constituyeron un panorama de las políticas nacionales relativas al desarrollo agrícola en la Amazonía así como una revisión del estado actual de conocimiento sobre opciones alternativas de agricultura y uso de la tierra, identificaron además temas prioritarios de investigación, sugirieron una estrategia para una mejor cooperación entre las agencias interesadas, y condujeron al establecimiento de un comité directivo encargado de la formulación de un mecanismo para la realización de tal estrategia. En reunión posterior del comité directivo celebrada en Manaus, Brasil, se determinaron los primeros pasos a seguir en la formación de una Red de Investigación Agraria para la Amazonía.

En esta publicación se ponen los resultados de la conferencia en el CIAT a disposición de todos los individuos y agencias interesadas en la región amazónica así como en el desarrollo agrícola en los trópicos húmedos en general. Se espera que sirva asímismo como un documento útil sobre el estado de conocimientos que fundamente y facilite la investigación futura en la región.

Queremos agradecer al CIAT su hospitalidad como sede de la conferencia y a la Fundación Rockefeller y la Agencia Alemana para Cooperación Técnica por proveer apoyo financiero. La contribución de cada autor se agradece especialmente, así como la colaboración de Susanna Hecht como relatora de la conferencia y editora de esta publicación.

El Comité Organizador de la Conferencia:

Gary H. T. Toenniessen
Gustavo Nores
Pedro Sánchez
Rudolf Binsack
Kenneth King

Palabras de Bienvenida

John L. Nickel*

"En nombre del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), del Consejo Internacional de Investigación en Agrosilvicultura (ICRAF), de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ), de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSU) y de la Fundación Rockefeller, tengo el honor de darles la bienvenida a este Centro y a esta Conferencia Internacional sobre Investigación Agrícola y Usos de la Tierra en la Amazonia. Nos complace el que hayan aceptado esta invitación, dejando de lado sus otras importantes actividades diarias a fin de asistir a esta Conferencia. El CIAT se siente honrado de servir de anfitrión a tan distinguidos visitantes. Su participación garantiza, sin lugar a dudas, el éxito de la Conferencia.

"El CIAT es una institución internacional sin ánimo de lucro dedicada al mejoramiento del bienestar humano mediante el aumento de la producción de alimentos. Nuestro objetivo es contribuir a solucionar, en colaboración con instituciones locales, los graves problemas de pobreza y hambre, por medio del desarrollo y la transferencia de tecnología mejorada de producción. Aun cuando nuestras actividades no se llevan a cabo directamente en la cuenca amazónica, sí estamos sumamente interesados en cualquier tipo de desarrollo que tenga lugar en dicha región. Nuestro interés es por demás manifiesto toda vez que tres de los cuatro productos principales en los que trabaja el CIAT (es decir, pastos tropicales, yuca y arroz) son componentes importantes de los sistemas agrícolas que se utilizan en esa región. En segundo lugar, como institución dedicada a incrementar tanto la productividad como la producción de alimentos, no podemos ignorar el valioso aporte que esta región puede hacer a la producción de alimentos en este continente. Reconocemos que la utilización de un recurso tan valioso como es la tierra debe hacerse teniendo en cuenta todos los factores tecnológicos y socieconómicos que puedan garantizar la productividad de estos recursos para las generaciones futuras. Por tratarse de un asunto tan controvertido, el CIAT constituye, en

* Director General del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

nuestro concepto, como institución técnica no gubernamental que es, un terreno razonablemente neutral para llevar a cabo un debate de esta naturaleza. A esta Conferencia no hemos invitado a la prensa y hemos invitado a individuos de reconocida competencia técnica confiando en que en esta forma se podrá llevar a cabo una discusión más libre y franca, sin que el calor de las discusiones opaque sino que, por el contrario, arroje más luz sobre aspectos tan cruciales.

"Además de servir de sede a la Conferencia, en el CIAT esperamos poder sacar gran provecho de la información y de las discusiones que tendrán lugar. Deseamos actualizarnos en cuanto al estado de conocimientos sobre los usos actuales de la tierra y los resultados obtenidos por las instituciones que están llevando a cabo investigación en la Amazonía. Deseamos conocer también sus políticas, programas y proyectos en ejecución y en planeación a fin de poder planificar los nuestros dentro de nuestro mandato específico.

"El trabajo que se ha de realizar es de gran envergadura y complejidad. Abarca numerosas disciplinas, desde la ecología hasta la silvicultura, desde la edafología hasta la economía, desde la fisiología hasta la agronomía, desde la fitopatología hasta la nutrición animal y la zootecnia. Los interrogantes y problemas ecológicos además de graves son muchas veces contradictorios. No obstante, probablemente las respuestas y soluciones podrían obtenerse por medio de un esfuerzo conjunto de las diferentes disciplinas.

"Es para mi muy satisfactorio ver como un grupo tan selecto como numeroso de representantes de diversos países e instituciones de investigación de la región amazónica al igual que agencias donantes interesadas han aceptado nuestra invitación a esta Conferencia. En nombre de mis colegas del CIAT y de las agencias copatrocinadoras, les deseo toda clase de éxitos en esta Conferencia y una estada placentera en este encantador Valle del Cauca de Colombia.

"Espero que durante su permanencia aquí puedan encontrar un rato libre para conocer más a fondo las actividades de nuestro Centro.

"Muchas gracias."

Palabras de Apertura

John A. Pino*

"En nombre de las agencias patrocinadoras de esta Conferencia y como representante de la Fundación Rockefeller, deseo expresar nuestra satisfacción por la gran acogida a nuestra invitación por parte de tan distinguidos participantes. El gran interés de las agencias nacionales e internacionales refleja, en mi opinión, la oportunidad con que se decidió llevar a cabo esta Conferencia y la importancia de los aspectos a los que nos referimos, es decir, la expansión y el fortalecimiento de la investigación agrícola y sobre usos de la tierra en los trópicos húmedos del mundo.

"Mas de la mitad de las tierras bajas húmedas tropicales del mundo se encuentran en América del Sur, y una mayoría abrumadora (más de 600 millones de hectáreas contiguas) está localizada en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. Esta vasta región, la cual incluye más de la mitad de la superficie de algunos de los países representados en esta Conferencia, aún está poco desarrollada o totalmente virgen. Por otra parte, el número de habitantes en la región amazónica está aumentando rápidamente. Casi todos los gobiernos nacionales están incrementando los esfuerzos para responder a las necesidades de esta región y de su gente. Los recursos naturales están siendo evaluados y se están creando incentivos para el desarrollo agrícola e industrial. En general, se están fomentando los asentamientos en la región tanto por medio de la migración planificada como espontánea. Muchos comparten la opinión de que el desarrollo agrícola en la Amazonía puede hacer una contribución sustancial a la producción nacional y mundial de alimentos y que éste sería el medio más eficaz de lograr mayor prosperidad económica en la región. La experiencia ha demostrado hasta el momento, sin embargo, que se requiere investigación adicional y nuevas técnicas agrícolas diseñadas específicamente para los trópicos húmedos a fin de que se pueda sostener la producción a niveles económicos, sin perturbar el equilibrio de los sistemas naturales ecológicamente frágiles de la región.

* Vicepresidente de la Junta Directiva del CIAT y Director, Ciencias Agrícolas, Fundación Rockefeller.

"Todos los aquí presentes somos concientes de las tendencias históricas de crecimiento de la población humana y de las cargas resultantes que han sido impuestas en los recursos naturales para poder satisfacer las demandas de estas poblaciones. Sería insensatez nuestra ignorar las implicaciones de estas tendencias. Hemos sido testigos de la destrucción de grandes superficies de tierra, cuya recuperación para fines productivos podría ser ya imposible. En los Estados Unidos, la pérdida anual de tierra productiva se estima en más de un millón de acres. En Asia y América Central, las consecuencias de la deforestación de los montes son desastrosas.

"Todo ésto lo sabemos!

"No obstante, a pesar de ser concientes del daño, parecemos impotentes ante estas fuerzas implacables. Muy pocas naciones cuentan con un enfoque amplio orientado a la protección de todos sus recursos naturales, incluyendo la tierra, el agua, la flora y la fauna. Por otra parte, tampoco han concatenado los principios y las políticas básicas que gobiernan el uso de estos recursos. Una dificultad es el conflicto entre los "derechos" del individuo para utilizar su tierra como guste, en contraposición al interés social o nacional. Reconocemos que estas fuerzas socieconómicas son muy poderosas y que comprenderlas es tan importante como el conocimiento científico y tecnológico, a fin de poder tomar las decisiones adecuadas. La ciencia y la tecnología deben convergir en un determinado punto con la planificación de políticas con el objeto de poder diseñar y aplicar políticas racionales para el uso de la tierra.

"Sin embargo, el objetivo de esta Conferencia en particular es acelerar el desarrollo y diseminación de nuevas tecnologías agrícolas y de uso de la tierra que sean apropiadas para los trópicos húmedos de América del Sur. Nos proponemos revisar nuestro conocimiento actual sobre los potenciales y limitaciones de la producción agrícola en la cuenca amazónica; caracterizar las nuevas tecnologías necesarias; revisar la investigación que se está llevando a cabo actualmente sobre dichas tecnologías e identificar las necesidades futuras de investigación; formular estrategias para la expansión y el fortalecimiento de programas de investigación apropiados y discutir las oportunidades en que la cooperación entre varias entidades puede ser de utilidad para facilitar la implantación de dichas estrategias.

"Obviamente cualquier programa de investigación agrícola futura debe diseñarse dentro del contexto de los programas nacionales establecidos y ser consistente con los objetivos y las políticas de desarrollo nacional. Además, el conocimiento adquirido por estos mismos programas nacionales ya permite determinar cuáles son las tecnologías agrícolas apropiadas para la Amazonía, en qué circunstancias y por qué. Las nuevas tecnologías agrícolas seguramente deberán adaptarse a cada localidad y situación específicas. Proponemos, por consiguiente, que comencemos la Conferencia con las presentaciones y discusiones sobre los programas y las políticas de los distintos países amazónicos cancernientes al desarrollo en las tierras bajas de los trópicos húmedos, incluyendo las lecciones aprendidas por la simple experiencia, con lo cual las discusiones y recomendaciones subsiguientes tendrán un adecuado marco de referencia.

"La segunda sesión de la Conferencia consistirá en una revisión del estado de conocimientos sobre los recursos agrícolas en la región amazónica y las diferentes opciones de desarrollo agrícola y de uso de la tierra.

"La investigación científica y la cartografía sistemática de los recursos agrícolas de la Amazonía son relativamente recientes; por consiguiente, también deberíamos discutir los importantes recursos naturales sobre los que se requiere mayor información.

"Para facilitar la preparación de los informes y las discusiones, las alternativas agrícolas y los usos de la tierra se han clasificado en las siguientes categorías: bosques, cultivos perennes, pastos y ganadería, y cultivos anuales. La investigación sobre estas alternativas y otros sistemas agrícolas apenas se está iniciando en la región amazónica. De hecho, algunos de los cultivos agrícolas más apropiados probablemente son desconocidos o se tiene un conocimiento muy vago de sus características básicas y de su potencial de producción y mercadeo. Uno de los principales problemas que deben afrontar los investigadores agrícolas en la Amazonía es la necesidad de seleccionar entre numerosos cultivos potenciales nuevos, unos cuantos que justifiquen un esfuerzo de la investigación conjunto y a largo plazo. En una región difícil como la Amazonía, también es necesario evaluar las ventajas comparativas entre el alto potencial de producción de los monocultivos y una mayor estabilidad del rendimiento de las asociaciones heterogéneas. Como es probable que los sistemas de uso de la tierra que aunan

varias opciones sean los más apropiados, los últimos informes versan sobre los sistemas agrícolas para la Amazonía.

"La última sesión tratará el interrogante "¿Hacia dónde nos dirigimos desde este punto de partida?" Confiamos en poder formular una estrategia para la investigación en el futuro e identificar oportunidades de cooperación entre las diferentes entidades interesadas. Esta última sesión será prácticamente de discusión así que les sugerimos vayan pensando en los posibles interrogantes al igual que en las recomendaciones. Los puntos identificados durante los primeros días que sean pertinentes para la definición de una estrategia de investigación futura deben tratarse de nuevo en dicha sesión. Un borrador de las conclusiones y recomendaciones deberá estar disponible para nuestra revisión antes del viernes. Deben mantener presente, sin embargo, que éste es tan sólo el comienzo y que esperamos poder desarrollar un conjunto de recomendaciones más exacto y más ampliamente aceptado.

"Si partimos del principio de que los usos de la tierra más complejos y los sistemas agrícolas de cultivos múltiples son realmente los más apropiados para el desarrollo agrícola de la Amazonía, el sistema de investigación necesario para crearlos y evaluarlos también será necesariamente más complejo, e incluirá sin lugar a dudas equipos interdisciplinarios y la vinculación entre instituciones, lo que acentúa la necesidad de una estrategia de investigación claramente definida. Confiamos en poder desarrollar una estrategia que nos ayude a tomar las decisiones relacionadas con el personal y los requerimientos y compromisos institucionales y financieros, así como el diseño y la localización de proyectos específicos de investigación."

Informes de Países

Evaluación General del Potencial Agropecuario de la Amazonia Boliviana

Francisco Pereira*
José G. Salinas**

Introducción

El propósito de este trabajo es presentar información general sobre el potencial agropecuario de la Amazonia boliviana. Es menester resaltar que el conocimiento de los ecosistemas amazónicos de Bolivia y las alternativas de producción forestal, agrícola y pecuaria son superficiales. El desarrollo agrícola-ganadero de la región tropical boliviana está pasando por una serie de dificultades que son el reflejo de la falta de investigación y planificación detalladas. Aunque existen algunos estudios agronómicos, la mayoría no tiene objetivos claramente definidos y su aplicación está limitada por dificultades técnicas y/o económicas.

Teniendo en cuenta que el potencial de un ecosistema dado está determinado por la caracterización de sus recursos de clima, vegetación y suelo, este trabajo pretende dar una información general sobre estos factores con base en las principales regiones climáticas, identificadas por su evapotranspiración potencial total durante la época lluviosa, la vegetación dominante dentro de cada ecosistema y la distribución de los principales suelos a nivel de orden, suborden y gran grupo, incluyendo además ciertas propiedades edáficas. Las características generales de la Amazonia se describen ampliamente en los trabajos de Cochrane y Sánchez y de Schubart y Salati en este mismo libro. El conjunto de estos factores naturales indica, en líneas generales, el potencial agropecuario de la Amazonia boliviana. Por último se intenta evaluar el potencial de los pastizales nativos, parte de los cuales se hallan utilizados actualmente, a fin de dar una visión de la explotación ganadera en esta región nororiental de Bolivia.

---

* Director del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, IBTA - MACA, La Paz, Bolivia.

** Edafólogo. PhD. Programa de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Apartado 6713. Cali. Colombia.

Características Generales

Localización y área. Ecológicamente, Bolivia se divide en tres amplias zonas: a) el Altiplano*, b) los valles meso y crotérmicos**, y c) los llanos tropicales. Cada una de estas zonas presenta ecosistemas diferentes de manera que los recursos naturales renovables son heterogéneos en lo referente a especies, su cantidad y calidad.

De las dos terceras partes del territorio boliviano (1.098.581 km^2), que abarcan el área definida como tierras bajas (<1500 msnm), aproximadamente una tercera parte (360.000 km^2) corresponde a la Amazonia boliviana (Weil *et al,* 1974). La Amazonia boliviana comprende específicamente la región nororiental influida por la denominada cuenca hidrográfica amazónica (Fig. 1), la cual está caracterizada por una gran cantidad de afluentes del Amazonas, los cuales forman cinco sistemas hidrográficos principales (Madre de Dios, Beni, Mamoré, San Miguel e Itenez).

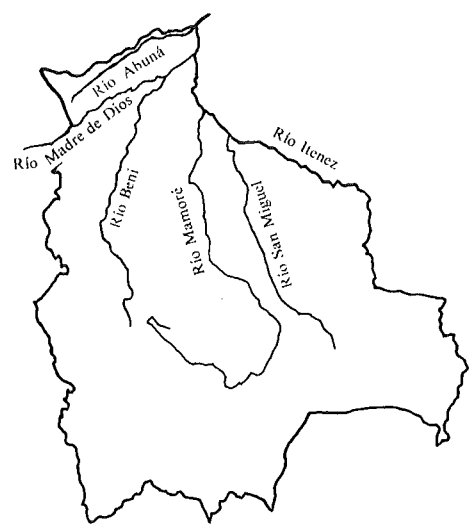


Figura 1. *Sistemas hidrográficos de la cuenca amazónica boliviana.*
Fuente: Weil, T.E. *et al,* 1974.

* El Altiplano boliviano es un área de 800 km de largo por 130 km de ancho (3600 m promedio de altitud) delimitada por las cordilleras Occidental y Oriental; se extiende desde el nudo de Vilcanota en Perú hasta la frontera con Argentina. (Nota del editor.)

** Zona intermedia entre el Altiplano y los llanos (1500 - 3000 m de altitud), constituída por los valles altos (2600 - 3000 msnm), los valles centrales (2000 - 2600 msnm), los valles bajos (1500 - 2000 msnm) y los valles semitropicales (1000 - 2000 msnm), conocida específicamente como "yungas". (Nota del editor.)

Como la cuenca del Amazonas cubre las áreas de Sur América, desde aproximadamente los 5° de latitud norte hasta 17° de latitud sur, con el punto más occidental en el meridiano 78°0 y el más oriental en el meridiano 46°0, la región amazónica de Bolivia estaría constituída por todo el departamento de Pando, parte del norte del departamento de La Paz y una gran mayoría del departamento del Beni, con lenguas de prolongación hacia las regiones del Chapare (Cochabamba) y Yapacaní (Santa Cruz).

Esta vasta región del territorio boliviano presenta diferentes condiciones fisiográficas, y puede subdividirse en tres unidades geográficas principales: a) Planicies terciarias de Pando, b) Planicies de Guayaramerín, y c) Planicies del Beni. La Figura 2 muestra las principales unidades fisiográficas de Bolivia nororiental incluyendo las tres unidades que corresponderían a la Amazonia boliviana. Este mapa fue elaborado con base en un mapa más detallado de "Sistemas de Tierras" delineados sobre imágenes de satelite LANDSAT a una escala de 1:1'000.000 (CIAT, 1979-80).

Según Cochrane (1973), las llanuras de Pando localizadas en el extremo norte y oeste del país se caracterizan por presentar una superficie plana ligeramente elevada, disecada o cortada por la erosión, y forman una serie de colinas pequeñas generalmente de cimas planas. Geológicamente, el material parental de los suelos proviene de un depósito sedimentario constituido por areniscas blandas y ferruginosas cuyo origen se remonta a la era terciaria.

Las Planicies de Guayamerin son un área extensa que ocupa gran parte del norte del Departamento del Beni y una porción considerable del Departamento de Pando. Se caracteriza por una planicie casi plana, extensa y baja (200-230 msnm). En general, el material parental es un aluvión viejo cuaternario. Sin embargo, en la región de Guarayos, localizada al norte y este del país y al sur del río Itenez, se observa el escudo brasileño como afloraciones rocosas ocasionales. La mayor parte del área está cubierta por aluvión derivado de las rocas del escudo. En el extremo nordeste de Bolivia se observa también una fisiografía similar pero intercalada con áreas muy bajas, generalmente pantanosas (Cochrane, 1973).

Debido a las condiciones adversas de drenaje, las inundaciones anuales son características de esta región, donde las partes bajas se mantienen saturadas aproximadamente seis meses. Por otra parte, las áreas altas, conocidas como "islas", tienen generalmente un mejor drenaje. Otra característica interesante de estas llanuras es la presencia de los llamados "lagos cuadrados" cuyo origen aún continúa en debate entre los geólogos, pero que en la práctica proporcionan valiosos aguaderos para los animales.

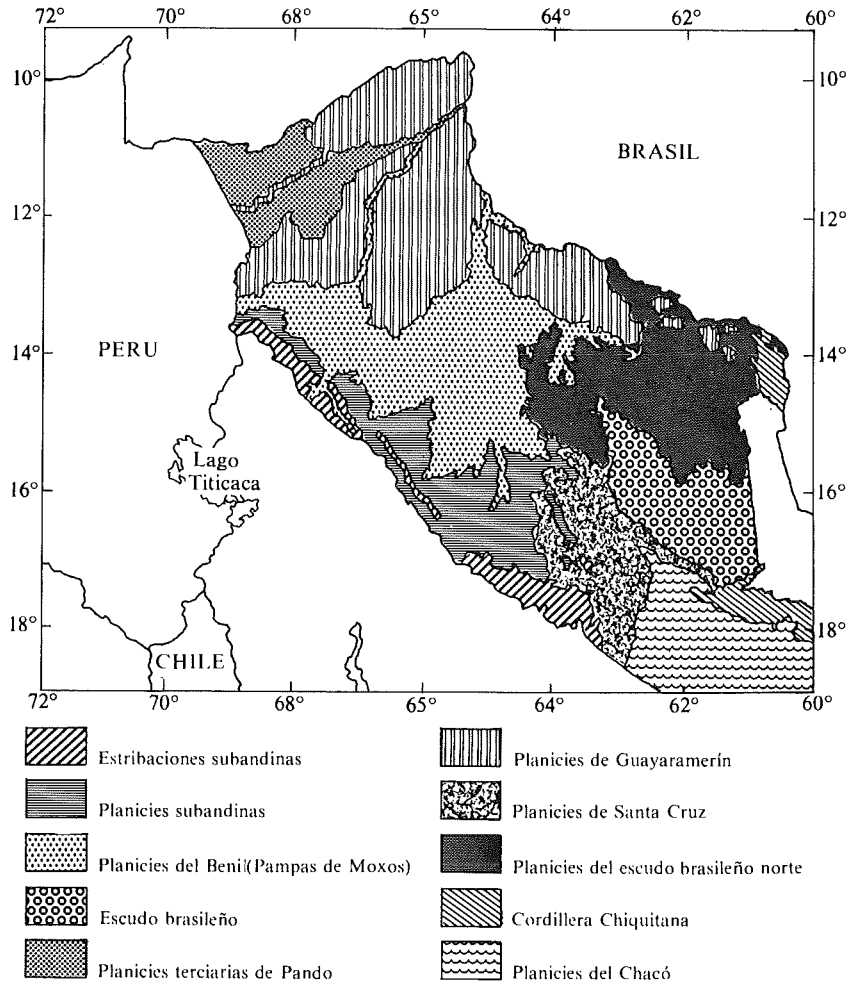


Figura 2. *Principales unidades fisiográficas de Bolivia nororiental.*
Fuente: CIAT. Evaluación del Recurso Tierra (1979-80).

La tercera unidad fisiográfica es las llanuras del Beni (Pampas de Moxos), un área también extensa que ocupa principalmente la parte central del Departamento del Beni con lenguas de prolongación hacia las regiones del Chapare (Cochabamba) y Yapacaní (Santa Cruz).

El material o roca parental del cual se derivan los suelos de esta región es aluvión viejo cuaternario, probablemente en gran parte de naturaleza arenosa. La superficie de esta planicie fluctúa desde casi plana hasta muy

ligeramente ondulada. Las partes altas están cubiertas por bosques en contraste con los pastizales nativos que son comunes en esta región. Al igual que en las planicies de Guayaramerín, las inundaciones son anuales como resultado del drenaje deficiente del suelo, especialmente en las tierras bajas (Cochrane, 1973).

A lo largo de los ríos que forman la cuenca amazónica boliviana, se observan franjas de tierra cuyo material geológico proviene, en gran parte, de depósitos aluviales. Las características edáficas de los suelos de estas franjas dependen de la edad y procedencia de los sedimentos, las que están a su vez en relación directa con el origen y recorrido de los ríos.

Clima y vegetación. La región nororiental de Bolivia se caracteriza por presentar condiciones ambientales variables pero típicas del clima tropical. La temperatura media anual es aproximadamente 26°C sin cambios estacionales apreciables. La precipitación anual fluctúa entre los 1300 y 1800 mm, concentrándose (85% del total) entre los meses de septiembre a abril y el 15 por ciento restante entre mayo y agosto. Cochrane y colaboradores (1979) determinaron que las variaciones en la evapotranspiración potencial total durante la época lluviosa permitían clasificar la cobertura vegetal existente en los trópicos con base en la energía disponible para el desarrollo vegetal durante la época de crecimiento. Por otra parte, la temperatura media durante la estación lluviosa, definida como la época del año en que el índice de humedad disponible es superior a 0,33, es un parámetro satisfactorio para identificar tipos de vegetación o ecosistemas. De esta manera, se identificaron cinco ecosistemas principales en el trópico suramericano (Cuadro 1).

Cuadro 1. **Ecosistemas principales identificados en el trópico suramericano.**

Características de clima*	Nombre del ecosistema principal
EPTELL > 1300 mm ELL > 9 meses TMELL > 23.5°C	Bosque tropical lluvioso
EPTELL 1060-1300 mm ELL 8-9 meses TMELL > 23.5°C	Bosque estacional semi-siempreverde
EPTELL 910-1060 mm ELL 6-8 meses TMELL > 23.5°C	Sabanas tropicales bien drenadas e hipertérmicas
EPTELL 910-1060 mm ELL 6-8 meses TMELL < 23.5°C	Sabanas tropicales bien drenadas y térmicas
EPTELL variable	Sabana tropical mal drenada

*EPTELL = Evapotranspiración potencial total durante la estación lluviosa.
ELL = Estación lluviosa determinada con base en el indíce de humedad disponible (IHD).
TMELL = Temperatura media durante la estación lluviosa.
Fuente: CIAT, 1980

El Cuadro 2 muestra los principales ecosistemas de la denominada región amazónica boliviana, en relación con las estaciones meteorológicas consideradas como representativas de la región. Es evidente que dos ecosistemas principales caracterizan esta extensa zona: los bosques estacionales semi-siempreverdes y las sabanas hipertérmicas

Aproximadamente 75 por ciento del área total de la Amazonia boliviana está dentro del ecosistema de bosque estacional semi-siempreverde y el 25 por ciento restante está constituido por sabanas hipertérmicas (Cuadro 3). Por otra parte, las condiciones adversas de drenaje determinan que más o menos el 44 por ciento (16 millones ha) sean tierras pobremente drenadas. Cincuenta y siete por ciento de las tierras pobremente drenadas (9 millones ha) están cubiertas por sabanas nativas, y el 43 por ciento restante (7 millones ha) por bosques estacionales. Del área total de la Amazonia boliviana (36,4 millones ha), el 50 por ciento (20,5 millones ha) corresponde a tierras bien drenadas con una cobertura de bosques estacional; no se han detectado sabanas bien drenadas.

Suelos. La distribución de los suelos a nivel de orden en la región amazónica de Bolivia se observa en el Cuadro 3. De los 10 órdenes considerados en la taxonomía de suelos de los Estados Unidos, cuatro se encuentran en esta región (Oxisol, Ultisol, Entisol y Alfisol); su localización en función del ecosistema también se observa en el Cuadro 3. Bajo condiciones de bosque estacional bien drenado, los oxisoles son los predominantes (67%) seguidos por los alfisoles (18,5%), entisoles (11,0%) y ultisoles (3,5%). Esta información aproximada parece indicar que la mayoría de los bosques estacionales están en suelos ácidos bien drenados y de baja fertilidad. Inversamente, los bosques estacionales en suelos pobremente drenados se caracterizan por ser ultisoles, entisoles y alfisoles. Estos tres ordenes constituyen el 90 por ciento del área de suelos mal drenados con vegetación de bosque en donde los ultisoles predominan (42%) seguidos por los alfisoles (32%).

En relación con las sabanas existentes en la región amazónica de Bolivia, la información disponible indica que prácticamente todas tienen un drenaje del suelo muy deficiente. Los suelos de estas sabanas son alfisoles (68%) y ultisoles (32%).

Una distribución más detallada de los suelos de la región se presenta en el Cuadro 4. La mayoría están clasificados como oxisoles y ultisoles, que juntos llegan a constituir el 57 por ciento de la región. Este porcentaje elevado es indicativo de la baja fertilidad natural. El resto de la región está cubierto por alfisoles (26%) y entisoles (17%), muchos de ellos de origen aluvial y localizados en las franjas a lo largo de los ríos.

Cuadro 2. **Localización geográfica, parámetros climáticos y ecosistemas principales de algunas estaciones metereológicas representativas de la región nororiental de Bolivia.**

Estación meteorológica	Latitud sur	Longitud oeste	Altitud (m)	EPTEL* (mm)	TMEL** (*C)	Estación*** lluviosa (meses)	Ecosistema principal
Cobija	11°01'	66°44'	280	1022	25.3	9	Bosque estacional semi-siempreverde
Guayaramerín	10°48'	65°22'	172	772	26.7	7	Sabanas hipertérmicas
Riberalta	11°00'	66°05'	172	902	26.9	8	Sabanas hipertérmicas
San Joaquín	13°04'	64°48'	202	995	27.0	8	Sabanas hipertérmicas
Magdalena	13°21'	64°08'	235	865	27.2	7	Sabanas hipertérmicas
San Ignacio de Moxos	14°53'	65°36'	220	791	25.1	9	Sabanas hipertérmicas
Santa Ana	13°45'	65°35'	220	1109	27.0	9	Bosque estacional semi-siempreverde
San Borja	14°49'	66°35'	226	1155	25.4	9	Bosque estacional semi-siempreverde

* EPTELLE= evapotranspiración potencial total durante la estación lluviosa
** TMELL = temperatura media durante la estación lluviosa
*** Estación lluviosa = IHD>0.33; IHD= Indice de humedad disponible.
Fuente: Hancock y Hargreaves, 1979; Cochrane *et al*, 1979; Cochrane, 1973.

Cuadro 3. **Distribución de ordenes de suelo y tipos de vegetación en función de la condición de drenaje del suelo en la región amazónica de Bolivia.**

	Bosques				Sabanas			
	Bien drenados		Mal drenados		Bien drenadas		Mal drenadas	
	Area (millones ha)	Proporción (%)	Area (millones ha)	Proporción (%)	Area (millones ha)	Proporción (%)	Area (millones ha)	Proporción (%)
Oxisol	10.64	67.0	0.54	9.9	-	-	-	-
Ultisol	0.58	3.5	2.25	41.5	-	-	2.28	32.0
Alfisol	1.78	18.5	0.91	31.8	-	-	4.85	68.0
Entisol	2.97	11.0	1.72	16.8	-	-	-	-
Total	15.97	100.0	5.42	100.0	-	-	7.13	100.0
Proporción del área total (%) de 28.5 millones	56		19				25	

Fuente: CIAT. Evaluación del Recurso Tierra, 1979-80.

Cuadro 4. **Distribución de suelos de la región nororiental de Bolivia a nivel de gran grupo. Clasificación tentativa.**

Orden	Suborden	Gran Grupo	Area (millones ha)	Proporción (%)
Oxisol	Orthox	Haplorthox	7.68	26.9
		Acrorthox	3.50	12.3
Total Oxisoles			11.18	39.2
Ultisol	Aquults	Tropaquults	3.59	12.6
	Ustults	Tropustults	0.20	0.7
	Udults	Tropudults	1.32	4.6
Total Ultisoles			5.11	17.9
Alfisol	Aqualfs	Tropaqualfs	7.14	25.0
	Ustalfs	Rhodustalfs	0.23	0.8
	Udalfs	Tropudalfs	0.17	0.6
Total Alfisoles			7.54	26.4
Entisol	Aquents	Tropaquents	1.10	3.9
		Psammaquents	0.16	0.6
	Fluvents	Tropofluvents	3.13	11.0
	Orthents	Troporthents	0.22	0.8
	Psamments	Tropopsamments	0.08	0.3
Total Entisoles			4.69	16.5
Gran Total			28.52	100.0

Fuente: CIAT, Evaluación del Recurso Tierra, 1979-80.

A nivel de Gran Grupo, se distinguen tres de importancia entre los oxisoles y ultisoles: Haplorthox (27%). Acrorthox (12%) y Tropaquults (13%). Los dos primeros tienen buen drenaje y un perfil uniforme en las capas profundas y son de baja fertilidad natural; se encuentran localizados primordialmente en los bosques estacionales como se indicó en el Cuadro 3. En cuanto a los tropaquults, éstos suelos están localizados tanto en los bosques estacionales como en las sabanas mal drenadas, las cuales permanecen inundadas durante la estación lluviosa por un período relativamente largo. Otro grupo de suelos de importancia pero dentro de los alfisoles son los tropaqualfs que abarcan un 25 por ciento de las sabanas mal drenadas.

El Cuadro 5 resume algunas características químicas de los suelos de la región nororiental de Bolivia. Un 35 por ciento de estos suelos se caracteriza por tener valores de pH menores de 5,3, lo cual además de indicar acidez sugiere la presencia de niveles tóxicos de Al. Aproximadamente el 29 por ciento de los suelos está en la categoría de saturación de Al alta (40-70%) y muy alta (70%), a una profundidad de 0-20 cm. Es importante observar que la mayoría de los suelos son ligeramente ácidos (5,3-6,5) tanto en la capa arable (64%) como en el subsuelo (51%); en consecuencia, la saturación de Al también es media en la capa arable (10-40% de sat. de Al) en un 42 por ciento de los suelos. De igual manera, la disponibilidad de fósforo es media (3,7 ppm Bray-II) en un 50 por ciento de los suelos, y en un 27 por ciento es inferior a 3 ppm (Bray II), lo que indica baja disponibilidad del elemento.

Cuadro 5. **Resumen de algunos parámetros de fertilidad de los suelos de la región nororiental de Bolivia.**

Parámetro y rango	Profundidad del suelo			
	0 - 20 cm		21 - 50 cm	
	millones de ha	%	millones de ha	%
pH:				
Muy ácido (<5,3)	14.5	34.9	20.2	48.4
Acido a neutro (5,3-7,3)	26.8	64.2	21.1	50.7
Alcalino y/o salino (<7,3)	0.4	0.9	0.4	0.9
% Saturación Al:				
Muy alto (>70)	1.1	2.7	8.3	19.9
alto (40-70)	6.9	16.5	10.4	24.8
medio (10-40)	17.6	42.3	12.5	29.9
bajo (<10)	16.0	38.5	10.6	25.4
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g):				
Baja (<4)	9.7	24.4	21.2	51.0
Media (4-8)	17.5	41.9	9.9	23.7
Alta (>8)	14.0	33.7	10.6	25.3
Fósforo disponible (ppm-Bray II)				
Bajo (<3)	11.3	27.2	35.4	85.0
Medio (3-7)	20.7	49.7	4.2	10.0
alto (>7)	9.6	23.1	2.1	5.0

Fuente: CIAT, Evaluación del Recurso Tierra, 1979-80.

De esta información general se puede inferir que los suelos de esta región, la mayoría de los cuales están clasificados como oxisoles y ultisoles, tienen un nivel de fertilidad medio a bajo. A pesar de que casi todos ellos están cubiertos por bosque estacional (o sea que tienen un tipo de vegetación que mantiene ese nivel de fertilidad como resultado del reciclamiento de nutrimentos), el área es altamente susceptible a una degradación rápida de la fertilidad del suelo debido a la fragilidad del ecosistema.

Potencial Agrícola y Forestal

Los recursos forestales más importantes se encuentran en el ecosistema de bosque estacional, principalmente en el departamento de Pando, norte del Beni y norte de La Paz. Es en esta inmensa región donde se producen maderas para todo uso, productos silvestres como el cacao, goma, resinas, castañas, almendras de cusi y otros, además de todo tipo de fauna silvestre representativa del Amazonas. Según Cochrane (1973), esta región boscosa es una de las pocas maravillas del mundo que aún quedan. La tala selectiva de los árboles forestales no productivos y su reemplazo con especies modernas útiles, determinaría un aumento en el potencial forestal de esta región. Sin embargo, los programas de colonización espontánea y asentamientos humanos dirigidos, si bien están solucionando los problemas sociales y económicos de áreas deprimidas del Altiplano y valles, están introduciendo sistemas de parcelación excesiva o minifundios, que se traducen en una destrucción de los recursos naturales de la región amazónica.

El trópico boliviano ha pasado a ser prioritario dentro del actual modelo de desarrollo agrícola (investigación y extensión) en Bolivia, lo que explica que las estaciones experimentales tropicales como Riberalta, Maral, Perotó, San Carlitos, Chipiriri, La Jota, Saavedra y Sapecho, constituyen el 70 por ciento de los centros experimentales agrícolas del país. En proporción similar, se tiende a establecer unidades de extensión agrícola para ofrecer una asistencia técnica con base en los resultados de una investigación práctica y efectiva. Actualmente se está tratando de consolidar una infraestructura de comunicaciones hacia la Amazonía. La construcción de las carreteras La Paz-Beni-Pando, Santa Cruz-Beni y Cochabamba-Beni, así como la conclusión de la ferrovía Yacuiba-Santa Cruz-Mamoré, permitirán incorporar, geográfica y económicamente, la Amazonía boliviana al resto del país. Paralelamente a esta transformación mediante vías de comunicación terrestre y trasplante de poblaciones, es necesaria la implantación de una tecnología apropiada para la explotación forestal, agrícola y ganadera.

Potencial de los Pastizales Nativos

Según Arce (1967), las tierras apropiadas para la explotación ganadera en la región amazónica de Bolivia comprenden dos extensas unidades fisiográficas: a) las Pampas de Moxos (Planicies del Beni), y b) la Formación Guaraya (Planicies de Guayaramerín).

Las Pampas de Moxos abarcan una superficie extensa de tierra casi integramente situada en el Departamento del Beni. Estas planicies con vegetación típica de sabana constituyen los extensos pastizales nativos de la región que son interrumpidos por formaciones boscosas denominadas islas. De aquí que estas praderas sean de dos tipos: las de altura y las de bajío.

Las partes altas presentan asociaciones vegetales de sabana nativa, entre las cuales se destacan las siguientes especies: paja cerda (*Sporobolus poiretii* y *S. indicus*), cintillo (*Paspalum conjugatum*), paja cortadora (*Paspalum virgatum*), sujo (*Imperata brasiliensis*), cola de ciervo (*Trichachne insularis*), cola de ardilla (*Trachypogon secundus*), cepillo (*Aristida complañata*), grama (*Boutoloua hirsuta*), y otras especies principalmente de los géneros *Chloris, Andropogon, Digitaria, Manisurias, Pennisetum, Cenchrus, Tripsacum, Setaria* y *Agrostis.*

En general, estas gramíneas nativas de la zona denominada de altura son de bajo valor nutritivo y escasa productividad. Los valores mínimos en cuanto a calidad nutritiva y cantidad producida coinciden con la época de menor precipitación (mayo, junio, julio y agosto). Esta situación crea, por consiguiente, un período deficitario de forraje que induce a la práctica común de la quema de los pastizales para contar con rebrote tierno a corto plazo.

Por otra parte, la escasez de las leguminosas forrajeras posiblemente también se deba a la quema anual de los pastizales, práctica que afecta considerablemente la persistencia de las leguminosas. Las especies más difundidas pertenecen a los géneros *Indigofera, Tephrosia, Phaseolus, Desmodium, Centrosema* y *Galactia.* Para ramoneo son usadas especies tales como *Crotalaria* y *Aeschynomene* (Riera *et. al,* 1978; Braum, 1963).

Riera *et. al* (1978) indican que los pastos gramalote (*Paspalum plicatulum*) y grama negra (*Paspalum notatum*), de buen valor forrajero y buena palatabilidad, se encuentran en menor proporción en los pastizales de altura.

Los bajíos o zonas temporalmente anegadas presentan una cobertura herbácea de mayor calidad forrajera que las gramíneas de las alturas.

Algunas de estas especies tienen buen valor nutritivo, son muy apetecibles y son aprovechables en períodos secos. Entre ellas se destacan el arrocillo bajo (*Leersia hexandra* y *Leersia* sp), la cañuela blanca (*Paspalum hidrophyllum* y *Panicum repens*), el pelillo (*Cyperus* sp.) y el gramalote (*Paspalum plicatulum*).

Otras especies forrajeras de los bajíos, consumidas también por el ganado, son el jacinto de agua (*Eichornia* sp.) y el leche leche (*Poinsettia hectorophylla*) (Riera *et al*, 1978).

La formación Guaraya es también una sabana pero donde la vegetación boscosa no forma islas sino que se encuentra dispersa en la sabana. Según Arce (1976), otra diferencia con las Pampas de Moxos es que los suelos de la formación Guaraya son arenosos o franco arenosos. La asociación vegetal abarca varios géneros de gramíneas tales como *Andropogon, Thrasya, Paspalum, Sporobolus, Setaria, Aristida, Elynuros* y otros. Entre las especies arbóreas, se encuentran los generos *Tecoma, Bombax, Copaifera, Dalbergia, Curatella, Machaerium,* y entre las palmeras los géneros *Acronomia, Sheelea, Mauritia, Astrocarium* y *Copernicia* (Lara, 1979).

Es en esta zona donde se concentra la mayor actividad ganadera del país. A pesar de la importancia de los recursos forrajeros nativos de la Amazonía boliviana, se puede afirmar que su manejo es deficiente, por cuanto la explotación ganadera en esta zona acusa una baja densidad de población en muchas situaciones y una sobrecarga en otras.

Las evaluaciones del potencial forrajero de los pastizales nativos en la Amazonía boliviana son escasas, y no se cuenta actualmente con una investigación básica que pueda respaldar eficientemente la delineación de normas para el manejo de estos pastizales. San Ramón (1979) afirma que la capacidad de los campos naturales de pastoreo del Beni puede incrementarse ocupando toda el área de pastizales que no está siendo utilizada sin aumentar su receptividad actual estimada en 1 animal/5 ha.

Este incremento podría ser mayor si se introducen mejoras en el sistema de explotación (potreros, abrevaderos, sistema de pastoreo, etc.), lo que permitiría reducir el número de hectáreas por animal a tres, o sea que los campos naturales de pastoreo del Beni podrían sostener alrededor de 5.000.000 de cabezas (Cuadro 6). Una situación similar podría darse para la formación Guaraya.

Cuadro 6. **Estimación de la receptividad y capacidad ganadera de las sabanas del Beni**

Superficie total aprovechable	15.000.000	ha
Existencia actual de ganado	1.701.651	cabezas
Receptividad actual	5	ha/cabeza
Area efectiva utilizada actualmente	3.750.000	ha
Capacidad potencial del área total sin aumento de receptividad	3.000.000	cabezas
Capacidad potencial del área total con mejoras (aumento de receptividad)	5.000.000	cabezas
Receptividad futura (con mejoras)	3	ha/cabeza

Fuente: San Román. 1979.

Conclusión

Sin una utilización racional, los recursos naturales de milenios pueden ser destruidos irreparablemente por el hombre. Por otra parte, los caminos de penetración o de acceso sin un trazado adecuado, buena infraestructura y una eficiente conservación, pueden sufrir grandes daños con el consecuente aislamiento de las poblaciones. Todo esto determina el poco o ningún valor que tendría un programa acelerado sin mantenimiento ambiental y de infraestructura. Es necesario un programa integral que asegure su continuidad de acción hasta la consolidación de los asentamientos y el desarrollo de nuevas comunidades. Las experiencias del pasado indican que en la penetración a la región amazónica deben tomarse todas las precauciones necesarias, con base en estudios científicos bien fundamentados.

Bibliografía

Arce, L. 1967. **Formaciones fitogeográficas de Bolivia.** *In* Segundas Jornadas Agronómicas. Sociedad de Ingenieros Agrónomos de Bolivia. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. La Paz, Bolivia. pp. 11-31.

Braum, O. 1963. **Pastos del trópico de Bolivia - Cultivo de pasto en el Alto Beni.** 10 p. (Mimeografiado).

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1979-80. **Evaluación del recurso tierra.** Servicio Computarizado de Datos sobre América Tropical. CIAT, Cali, Colombia. (Inédito).

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. **Informe Anual 1979.** Cali, Colombia. pp. 69-72.

Cochrane, T.T. 1973. **El potencial agrícola del uso de la tierra en Bolivia. Un mapa de sistemas de tierras.** Ministerio de Agricultura, La Paz, Bolivia, 826 p.

Cochrane, T.; Porras, J.A.; de Azevedo, L.G.; Jones, P.G.; Sánchez, L.F. 1979. **An explanatory manual for CIAT's computerized land resource study of tropical America.** CIAT. Cali. Colombia. 49p.

Hancock, J.K.; Hill. R.W.; Hargreaves, G.H. 1979. **Potential evapotranspiration and precipitation deficit for tropical America.** CIAT, Cali, Colombia. 398p.

Lara, R. 1979. **Descripción de vegetación y pastura de la región amazónica.** Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, La Paz, Bolivia. 3p. (Mimeografiado).

Riera, S.; Manzano. A.; Boscopé, F.; Villegas, G.; Borja, G. 1974. **Recursos naturales y la actividad agropecuaria del trópico de Bolivia.** *In* Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. IICA Trópicos, Lima, Perú. 72p.

San Román, J. 1979. **Alcances y perspectivas de la explotación bovina en el Beni.** 11p. (Mimeografiado).

Weil, T.E.; Black, J.K.; Blutstein, H.T.; Hoyer, H.J.; Johnson, K.T.; McMorris, D.S. 1974. **Area handbook for Bolivia.** U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 417 p.

Evaluación General de las Políticas de Desarrollo e Investigación en la Amazonía Brasileña

Herminio Maia Rocha*

Introducción

Es indudable que en la Amazonía brasileña existe un enorme potencial para la producción de alimentos y otros productos agrícolas tanto para el consumo interno como para la exportación. Se estima que en las tierras altas de la "Amazonia Legal" hay aproximadamente 28 millones de hectáreas de suelos de fertilidad media a alta. Estos suelos se encuentran localizados principalmente en el sur de Pará, en las regiones de São Felix do Zingu y Altamira, en el territorio Federal de Rondônia y en el estado de Acre. Las várzeas (llanuras de la selva lluviosa estacionalmente inundadas), las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de la región amazónica, contienen 20 millones de hectáreas de suelos fértiles aprovechables para la producción de alimentos.

El clima varía de un lugar a otro en la región, y aunque no se sabe a ciencia cierta cómo ocurre, en asocio con ciertos tipos de suelos favorece en ciertas zonas la producción de cultivos de muy buen precio en el mercado tales como las palmas oleaginosas, el cacao, el caucho, la pimienta negra y otros.

La vegetación natural, conocida por su gran heterogeneidad, incluye no sólo formaciones forestales (como la selva lluviosa tropical densa) y los bosques de las vegas ribereñas y pantanos, sino otras formaciones boscosas como las de cerrado**, las praderas de la tierras altas y las praderas inundables. La Figura 1 muestra la región amazónica brasileña en detalle. La flora amazónica es muy rica y contiene especies de gran potencial económico.

* Jefe Departamento Técnico y Científico, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Edificio Super-Center, Venancio 2.000, 7 andar, Brasilia, Brasil.

** Praderas abiertas con grupos aislados de árboles que se presentan principalmente en el Altiplano Central Brasileño, en la Amazonia y en algunas regiones nororientales del país (Nota del editor.)

Figura 1. *La Amazonía brasileña.*

Planeación General y Políticas de Desarrollo en Brasil

La planeación por parte del gobierno en relación con la región amazónica se remonta a los comienzos de este siglo (Plano de Defesa da Borracha en 1912), pero fue durante el período de la posguerra cuando tuvo lugar la creación activa de programas y entidades para esta región del país. La Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazonia (SPVEA) fue constituida en 1946 y trabajó hasta 1964. Esta agencia fue la responsable del desarrollo de la infraestructura inicial que permitió vincular a la Amazonía al resto del país (la autopista Belém-Brasilia) y fue decisiva para lograr la expansión de la "Amazonia Clásica" a la "Amazonia Legal" con la incorporación de partes de los estados de Goiás y Mato Grosso. Al aumentar el área bajo su jurisdicción en más de un 30 por ciento, la SPVEA pasó a ser la entidad de planificación para el 60 por ciento del territorio nacional brasileño. Los programas de la SPVEA de integración de la Amazonía abarcaron, además de la expansión de la infraestructura, los campos de la salud, educación, investigación agrícola y científica y créditos agropecuarios.

La "Operación Amazonia" comenzó después de la revolución de 1964 y se concentró en aumentar la migración a la región, abriendo una nueva frontera agrícola y creando incentivos fiscales para el capital privado, promoviendo la infraestructura y la investigación sobre utilización de la tierra. Sus programas se orientaron al desarrollo de polos para integrar los múltiples objetivos de colonización, desarrollo de infraestructura y expansión agrícola. Se crearon bancos de desarrollo y fondos crediticios, y se promulgaron legislaciones tendientes a promover el desarrollo de la región que posteriormente quedarían bajo la jurisdicción y coordinación de la Superintendência de Desenvolvimento da Amazonia (SUDAM).

Los objetivos de SUDAM estaban enunciados en el Primer Plan Quinquenal (Primeiro Plano Quinquenial) y en el Primer Plan Directriz (Primeiro Plano Director). Estos planes fijaron objetivos y estrategias para el desarrollo amazónico, lo mismo que mecanismos de financiación y orientación. A comienzos de la década del setenta, la participación del gobierno en la Amazonía había aumentado considerablemente y el énfasis se estaba haciendo en la ocupación de la tierra y los asentamientos rurales. El Programa de Integração Nacional (PIN) estaba orientado a desarrollar la infraestructura (Fig. 1) (autopistas transamâzonica Cuiaba-Santrem y Perimetral Norte) necesaria para promover los asentamientos agrícolas en la región. Este programa se llevó a cabo en unión del Programa de Redistribução da Terra (PROTERRA), el cual suministraba crédito rural,

financiaba la agroindustria, subsidiaba el uso de insumos agrícolas, estimulaba las exportaciones de productos agrícolas y supervisaba la titulación y uso de la tierra.

El Primer Programa Nacional de Desarrollo y el Programa de Desarrollo para la Amazonia de la SUDAM orientaron sus esfuerzos a la integración física, cultural y económica de la Amazonía con el resto del país (en especial la región centro-sur y la nororiental) por medio de programas de colonización, crédito rural e incentivos fiscales que estimularon los asentamientos y la expansión agrícola. El desarrollo pecuario y las industrias de procesamiento de alimentos también recibieron prioridad. Además, se promovió la investigación de los recursos naturales y agrícolas de la región amazónica.

El Segundo Programa Nacional de Desarrollo puso de relieve explícitamente la importancia del programa POLAMAZONIA (Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazonia), el cual creó 15 centros de desarrollo para promover la integración de la infraestructura, la minería y el progreso económico como una continuación, y a su vez modificación, de los programas del PIN y PROTERRA.

Política de utilización de la tierra

Este tema ha sido ampliamente debatido por diversos segmentos de la sociedad brasileña y las opiniones son sumamente divergentes. Hay quienes no aceptan que se aproveche de manera alguna los bosques (posición que usualmente toman los naturalistas), y otros que promueven la ocupación del área a cualquier costo y por cualquier medio sin proponer planes de conservación y sin preocupación alguna por el futuro de la región. Afortunadamente, existe una corriente moderada muy fuerte que defiende la ocupación y la producción racionales en la Amazonía, fundamentadas en los conocimientos técnicos y científicos disponibles.

Es indudable que el conocimiento actual sobre la Amazonía es insuficiente, pero la escasa información disponible ya permite orientar la explotación en ciertas áreas dentro de márgenes seguros.

Actividades en Investigación

La investigación en la Amazonía debe orientarse hacia dos áreas muy definidas. En primer lugar, se debe llevar a cabo investigación básica para aumentar el conocimiento científico de la región. Es decir, que es necesario estudiar detalladamente la flora, fauna, vida acuática y su potencial de

explotación, enfermedades, reciclamiento del agua, etc. El segundo paso debe ser estimular la investigación aplicada dirigida a respaldar las actividades agrícolas y, por ende, al productor.

La investigación agrícola en la Amazonía debe complementar otras actividades gubernamentales, a fin de crear una agricultura económicamente viable. Las diferentes entidades a cargo de la investigación deberían integrar sus esfuerzos para poder determinar las prioridades científicas, tecnológicas, ecológicas, económicas y sociales.

Entre las numerosas entidades nacionales y estatales comprometidas en la investigación y en el desarrollo de la Amazonia se encuentran la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), CPATU (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido) y las UEPAES (Unidades de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual). Estas entidades extienden su radio de acción a toda la Amazonía por medio de programas específicos de investigación como el de PROPASTO. EMBRAPA trabaja activamente en la investigación para el productor con énfasis en tres aspectos básicos: el ecológico, el económico y el social. Los resultados de estos programas se presentan más adelante en este trabajo y en mayor detalle en los trabajos de Toledo y Serrão, y Valverde y Bandy en este mismo libro.

Otras instituciones de investigación se dedican a aumentar el conocimiento sobre los recursos naturales y su potencial. Por su parte, las Empresas Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) son el órgano de extensión encargado de transferir la información de las estaciones de investigación a los agricultores de la región. El Instituto Brasileiro de Desenvolvimiento Florestal (IBDF) y el Programa de Desenvolvimiento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF) llevan a cabo la investigación forestal en colaboración con EMBRAPA, INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) y SUDAM. El IBDF también tiene a su cargo la evaluación de los recursos naturales. La Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), en unión de EMBRAPA, CPATU y SUDAM, está expandiendo el cultivo del cacao en la Amazonía. El Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira (CNPSe) también trabaja con EMBRAPA y algunas entidades estatales. El Instituto Agrícola de Tomé-Açu (INATA) trabaja en varios cultivos comerciales en un área colonizada principalmente por japoneses. El Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria (INCRA) es el responsable del estudio de terrenos, la colonización y la titulación de las tierras en la Amazonía. Esta no es en modo alguno una lista completa, pero da una idea del empeño del gobierno brasileño en desarrollar sus estados y territorios amazónicos.

Experimentos

El desarrollo agrícola de la región sólo se logrará mediante un gran esfuerzo y teniendo en cuenta limitaciones tales como la falta de infraestructura. las deficiencias nutricionales de casi todos los suelos, la alta precipitación pluvial y el sinnúmero de enfermedades y plagas.

El gran desafío para los científicos que trabajan en la región es descubrir sistemas agrícolas alternos apropiados para los trópicos húmedos que además de ser económicamente atractivos sean ecológicamente viables.

Algunos experimentos que está efectuando EMBRAPA en las tierras altas han despertado gran interés ya que se está tratando de desarrollar sistemas agrícolas adecuados para las condiciones tropicales. Estos experimentos, considerados como innovadores y con buenas probabilidades de éxito, buscan entender las alteraciones o cambios que se producen con los diferentes sistemas de manejo. Se llevan a cabo en parcelas experimentales de 10 hectáreas cada una en diversos tipos de suelo y con cultivos perennes o anuales como palmas oleaginosas, cacao, caucho, nuez del Brasil. guaraná, pimienta, especies maderables importantes, pastos, maíz, arroz, fríjol y yuca.

En cada parcela se estudian diversas combinaciones de cultivos sometidos a diferentes sistemas de manejo y se observan los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren utilizando el bosque natural y el crecimiento secundario como puntos de referencia. También se está estudiando la utilización del bosque natural solo o en asocio con cultivos agrícolas sometidos a diferentes sistemas de manejo. La ventaja de los sistemas que se están estudiando es que reducen o evitan los daños por erosión o lixiviación ya que se basan en cultivos perennes que promuevan la recirculación de nutrimentos. Además, gracias a sus características de producción, permiten mantener la mano de obra rural permanentemente ocupada en la región.

En las várzeas, se están llevando a cabo algunos experimentos con cultivos alimenticios como arroz, maíz y fríjol. La producción de búfalos en estas áreas está siendo estudiada por EMBRAPA, incluyendo aspectos como la alimentación, mejoramiento genético y manejo de estos animales.

La investigación forestal busca desarrollar sistemas de explotación que permitan aprovechar los bosques conservando al mismo tiempo los recursos naturales por medio de la implantación de sistemas agroforestales y la resiembra de áreas degradadas.

Algunos resultados de la investigación

Algunos de los resultados de la investigación obtenidos en los últimos años son de gran importancia para el desarrollo agrícola de la región. La recuperación de las praderas degradadas (más o menos 500,000 hectáreas del total de praderas artificiales de la Amazonía) depende básicamente del suplemento fosfórico del suelo. La tecnología consiste en limpiar el área y luego aplicar 22 kg/ha de P, la mitad como Hiperfosfato* y la otra mitad como superfosfato triple. La aplicación de fertilizantes permite que el pasto, que estaba sofocado por las malezas, se desarrolle rápidamente y cubra el área. El aumento de materia verde, tres meses después de la aplicación del fósforo, se estima en 300 por ciento.

Los experimentos sobre sistemas de producción de arroz con riego natural en las várzeas del rio Caeté (Pará) demostraron que el cultivar IR-841 (cultivado tradicionalmente y sembrado a una distancia de 20 x 20 cm) produjo 8.9 ton/ha/cosecha, lo que significa un incremento del 200 por ciento en relación con el sistema tradicionalmente utilizado por los agricultores locales. En las várzeas del estado Amazonas se obtuvieron producciones promedio de 1500, 4500 y 5000 kg/ha en fríjol, maíz y arroz, respectivamente, sin aplicación de fertilizantes.

En el Teritorio Federal de Rondônia, los ensayos con café demostraron que era factible producir este cultivo obteniendo altos niveles de productividad. El control de la roya del café junto con otras prácticas culturales permitieron aumentos de la producción entre 98 y 200 sacos por cada 1000 plantas.

En cuanto al añublo de la hoja del caucho (*Microcyclus ulei*), principal factor limitante de este cultivo en toda América Latina, los estudios en zonas ecológicas han demostrado que la enfermedad se puede controlar por medio de diversas prácticas culturales. Mediante la investigación se están tratando de seleccionar áreas con una estación seca pronunciada que coincida con el período en que los árboles de caucho renuevan su follaje. Los estudios también incluyen la selección de los clones mejor adaptados a estas condiciones. Este enfoque constituye una solución genética y ecológica.

Se ha demostrado que es posible conseguir poblaciones homogéneas de especies maderables importantes en la región principalmente para la recuperación de áreas degradadas.

---

* Nombre comercial de la roca fosfórica de Gafsa. (Nota del editor.)

Los experimentos con búfalos han demostrado la capacidad de estos animales para producir hasta 450 kg de carne a los 18 meses de edad y 2000 kg de leche por año. Su índice de reproducción es del 70 por ciento. Además, el búfalo puede utilizarse como animal de tracción ya sea para implementos agrícolas en los cultivos de arroz en las várzeas o para transportar madera, e inclusive como cabalgadura.

Recientemente se desarrolló un sistema para producir guaraná "instantáneo". lo que le abre nuevas perspectivas a este producto de gran consumo como refresco en Brasil.

Muchos otros resultados obtenidos en los últimos años se están difundiendo para que puedan ser adoptados por los productores.

Algunas Consideraciones sobre la Amazonía Colombiana

Jaime Navas Alvarado*

Introducción

La Amazonía colombiana es una de las siete regiones naturales del país de gran importancia para su desarrollo económico y social, no sólo por su gran extensión, sino por su riqueza en bosques, flora y fauna, y por el potencial para la producción de alimentos por medio de sistemas pecuarios y agrícolas técnica y razonablemente ejecutados.

El objetivo de este trabajo es presentar un resumen de las características principales de la Amazonía, así como algunas consideraciones sobre su manejo con base en sus características y las investigaciones realizadas, y finalmente dar algunos criterios tendientes a definir políticas de desarrollo de la región.

Características Generales

Localización y extensión. La Amazonía es una región típicamente tropical localizada en la parte sur-oriental del país entre la cordillera Oriental y los límites con las repúblicas de Perú y Brasil y la Orinoquia colombiana (desde 4° de lat. N hasta 4° de lat. S). Sus 405,685 km^2 de extensión representan un 35 por ciento de la extensión total de Colombia, y abarcan las intendencias del Caquetá, Putumayo y las comisarías de Amazonas, Guaviare, Vaupés y Guainía.

Gran parte de la información que se presenta a continuación fue tomada de Guerrero (1974, 1977), Cortés *et al* (1972, 1974), Benavides (1973), Castellanos (1970), y Alarcón *et al* (1980).

Población. El área es extremadamente despoblada, con algunas tribus en proceso de extinción. La población se dedica primordialmente a

* Ingeniero Agrónomo PhD., Sub-gerente Investigación, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Apartado Aéreo 151123, "El Dorado", Bogotá, Colombia.

actividades de caza, pesca y agricultura. El medio de comunicación usual son los numerosos ríos de la región.

Clima. El clima de la Amazonía es húmedo y caliente con un gradiente de humedad que aumenta de norte a sur y de oriente a occidente. Corresponde a una zona ecológica de bosque húmedo tropical (Fig. 1). La lluvia es abundante durante todo el año, con una precipitación promedio para la cuenca amazónica de 2300 mm/año. Los registros locales indican 2500 mm/año para San José del Guaviare, 2900 mm/año en Miraflores, 3200 mm/año en Mitú, 3800 mm/año en Arauca, 3000 mm/año en Leticia y 4500 mm/año en Florencia y Puerto Asís.

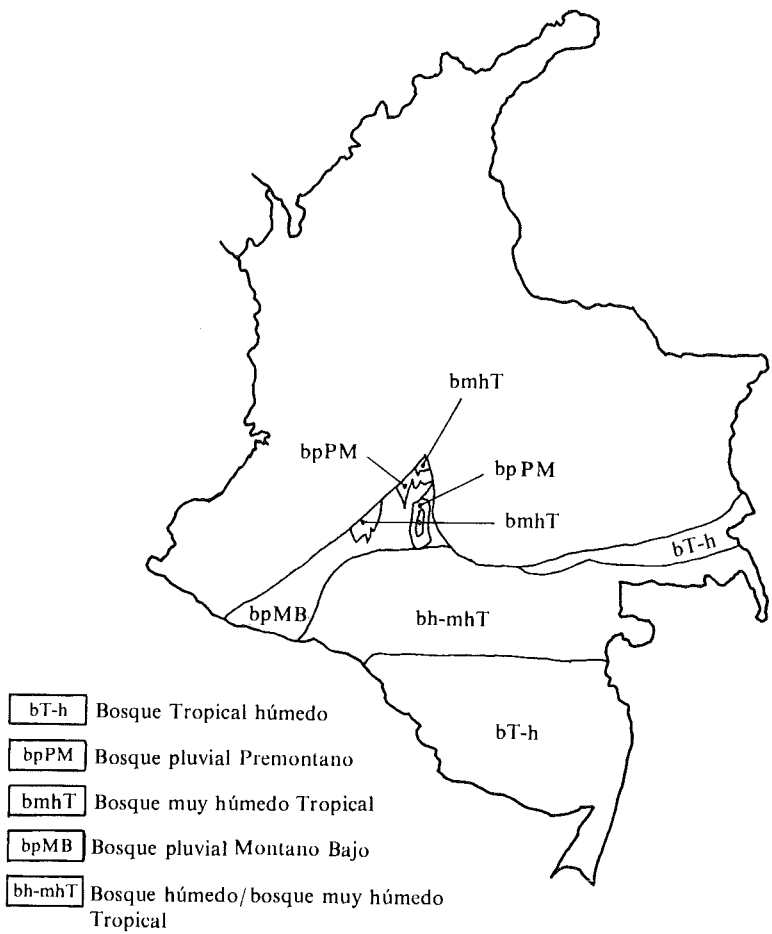


Figura 1. *Mapa ecológico de las regiones naturales, región amazónica.*

La temperatura media anual oscila entre 25° C en Florencia y 27° C en Leticia, pero los promedios mensuales no varían en más de 5° C. En la parte occidental se presentan períodos secos entre los meses de diciembre y febrero y en la oriental de junio a octubre.

La Figura 2 muestra la distribución de la lluvia y las temperaturas durante el año en la localidad de Puerto Asís. La humedad relativa es alta, estimándose en un 82 por ciento anual como promedio (Alarcón *et al* 1980).

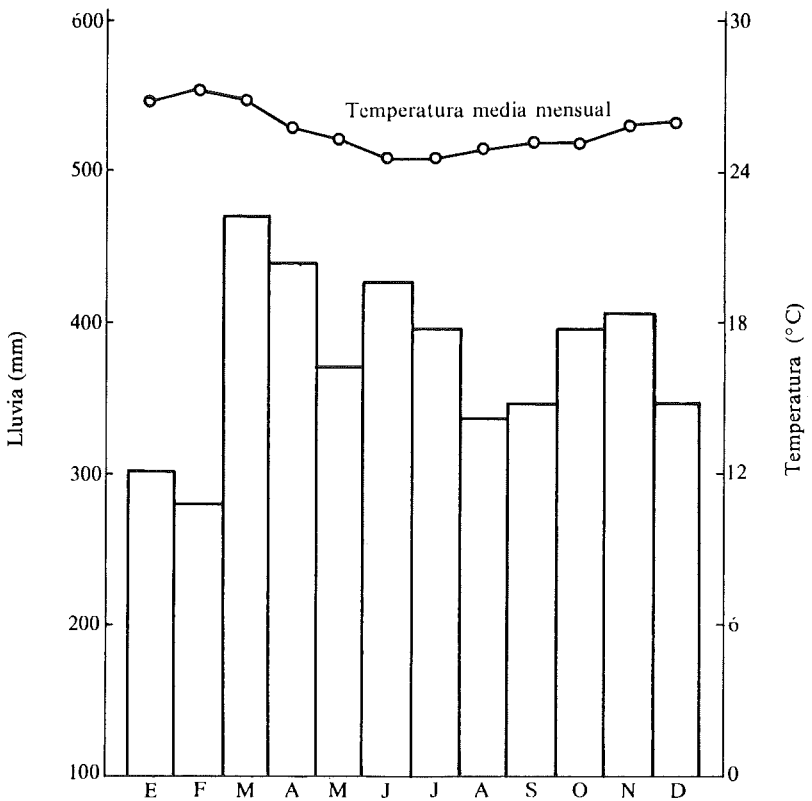


Figura 2. *Distribución anual de la precipitación y la tempetarua en Puerto Asis, Putumayo. (Fuente: Alarcón* **et al,** *1980.)*

Topografía. El relieve de la región es ondulado o de "lomerío" con pendientes fuertes cerca del piedemonte (denominado "mesones" en la zona de Florencia), deja terrazas intermedias y vegas bajas a lo largo de los ríos, y se vuelve menos ondulado hacia el sur a medida que se aleja de la cordillera. Las ondulaciones presentan diferencias de altura de 20 a 50 m en promedio entre la cima de las colinas y las áreas cóncavas que en algunos sitios se denominan "chuquios" cuando se llenan permanentemente de agua.

A los lados de los ríos se encuentran las llanuras aluviales, con topografía predominantemente plana o de muy poca pendiente. La altura sobre el nivel del mar es de menos de 200 m para la comisaría del Guaviare y de 200 a 400 m para Vaupés, Caquetá y Putumayo.

Geología. Geológicamente la región está constituída por diferentes depósitos de sedimentos del terciario, originados hace 445 a 1200 millones de años y agrupados en capas de arcillas muy finas en la sección profunda del perfil, con capas subsecuentes de arena-arcillas, arenas gruesas y cascajo, con una última capa superficial ondulada de arcillas. Estas arcillas constituyen el material parental de la mayor parte de los suelos actuales. En términos generales, la Amazonía es de origen aluvial en su mayor parte.

Suelos. Algunos suelos amazónicos colombianos estudiados por Cortés (1973) fueron clasificados como Typic Eutropept, Aquic Dystropept, Typic Haplortox y Typic Gibbiorthox. Por su parte, Benavides (1973) clasificó la mayoría como Dystropepts (Cuadro 1).

Cuadro 1. **Clasificación de suelos representativos de la Amazonía colombiana.**

Relieve	Fuente	Grupo taxonómico*
Terrazas	Cortés (1973)	Tropeptic y Typic Haplorthox (3)
Colinas		Typic Gibbsiorthox (1)
Terrazas		Oxic and Aquic Dystropept (2)
Ondulaciones		Typic Eutropept (1)
Ondulaciones	Benavides (1973)	Aquic Paleudults (2)

* La nomenclatura fue tomada de Soil Taxonomy
Los números en paréntesis representan el número de perfiles estudiados.
Fuente: Guerrero. 1974

Los suelos de la Amazonía tienen un nivel de fertilidad muy bajo, un alto grado de acidez, muy baja saturación de bases, niveles muy bajos de calcio, magnesio y potasio intercambiables, bajos contenidos de fósforo aprovechable y altos contenidos de aluminio intercambiable, alcanzando niveles tóxicos para muchos cultivos (Cuadro 2).

Cuadro 2. **Características químicas y texturales de suelos de mesón y vega del Caquetá*.**

Característica	Vega	Mesón
pH	5.20	4.00
Materia orgánica (%)	2.10	3.60
P (Bray II. ppm)	5.00	3.00
Al (meq/100 g)	1.80 (38%) **	5.30 (82%)
Ca (meq/100 g)	2.00	0.60
Mg (meq/100 g)	0.40	0.13
K (meq/100 g)	0.10	0.12
Na (meq/100 g)	0.47	0.30
CIC (meq/100 g)	4.80	6.45
Textura	Franco arenoso	Franco arcilloso

* Fisiográficamente se distinguen dos zonas: mesones, en los cuales la topografía se caracteriza por lomeríos de pendientes variables y suelos de baja fertilidad; vegas, cuya topografía es plana, con fertilidad media y en ciertos casos con problemas de inundaciones.

** El número en paréntesis indica el porcentaje de saturación de aluminio.

Igualmente, los suelos son pobres en materia orgánica que se restringe a una capa superficial de aproximadamente 10 cm de espesor. Las condiciones climáticas reinantes, la alta temperatura y humedad, someten a la materia orgánica a un proceso acelerado de mineralización. El reciclamiento activo de la materia orgánica entre el suelo y la biomasa propicia el tipo exuberante de vegetación existente. Sin embargo, al talar el bosque, los nutrimentos de la fase orgánica se pueden perder rápidamente por erosión química y física.

De acuerdo con estudios realizados por Benavides (1973), el mineral predominante en la fracción arcilla de varios perfiles estudiados es la caolinita (40%). En todos los suelos se encontró mica en cantidades que varían entre 8 y 45 por ciento. Igualmente se encontraron vermiculita y cantidades menores de arcilla tipo 2:1-2:2. En general, el cuarzo resultó ser el mineral predominante tanto en las partículas de arena fina (105-250 micras), como en la arena muy fina (50-105 micras) (Cuadro 3). El predominio del cuarzo en la fracción arena (95%) y de la caolinita en la fracción arcilla (40%) hacen que la capacidad de estos suelos para suplir nutrimentos a los cultivos sea muy baja.

En resumen, la información disponible indica que se trata de suelos desarrollados sobre materiales pobres en nutrimentos -que limitan, por consiguiente, el desarrollo de los cultivos- y que debido a procesos pedogénicos de las regiones tropicales, han alcanzado grados avanzados de intermperización.

Cuadro 3. **Mineralogía de la arcilla en tres perfiles representativos de la Amazonía colombiana.**

Horizonte	Profundidad	Minerales en la fracción arcilla*
Perfil 5, Tacana - Udoxic Dystropept		
A1	0 - 10	K4 V2 V/C2 Mi1 Ql Gl**
B21	30 - 50	K4 V2 V/C2 Mi1 Ql Gl P
B21	70 - 83	K3 V2 V/C2 Mi1 Q2 Gl Pl
Perfil 6, Leguizamo - Typic Dystropept		
A1	0 - 20	K4 Mi2 M1 V1 V/C1 Ql Pl
B21	20 - 80	K4 M2 V1 V/C1 Q1 Pl
B22	80 - 133	K4 M2 M2 Mi2 V1 V/C1 Ql
IIC2	215 - 243	K3 M3 V1 V/C1 Mi1
Perfil 8, Florencia - Udoxic Dystropept		
A1	0 - 16	K4 Mi2 V1 V/C1 Gl
B21	16 - 85	K4 Mi2 V1 V/Cp Gl
B22	85 - 173	K4 Mi2 V1 V/C1 Gl

* K = caolinita; Mi = mica; V= vermiculita; C = clorita; V/C integrados = 2:1 - 2:2; M = montmorilonita; Qs = cuarzo; G = gibsita; P = pirofilita.

** Los números del 1 al 4 indican abundancia relativa: 1<10%; 2, 10 - 25%; 3, 25-50%; 4>50%.

Fuente: Adaptado de Benavides, 1973.

Vegetación. La vegetación en general consiste de bosque tropical. Más del 90 por ciento del área está cubierta por selva virgen y el resto ha sido talado y dedicado a cultivos de subsistencia, a ganadería extensiva de carne y, en menor grado, a cultivos comerciales de maíz, arroz, plátano y yuca. Las tierras altas se caracterizan por una gran variedad de especies forestales y bajo número de palmas, mientras que en los planos aluviales el número de palmas aumenta y las otras especies disminuyen.

En el Cuadro 4 se presentan las formaciones vegetales de la región, indicándose su localización, límites climáticos y características principales.

Usos Actuales de la Tierra

Agricultura. Esta se ha desarrollado especialmente en zonas de fácil acceso como en el área de piedemonte o en otras regiones donde ha sido posible la colonización espontánea sobre las márgenes de los ríos. Generalmente, se trata de cultivos de subsistencia y en menor escala de cultivos industriales cuyos productos son comercializados en el interior del país (Neiva, Cali y Bogotá). Entre los cultivos se destacan el cacao, la caña de azúcar, el plátano, la yuca, el maíz, el arroz, la palma africana y el caucho.

Cuadro 4. **Formaciones vegetales, localización, límites climáticos y características principales de la Amazonía en 1979.**

Formación vegetal	Localización	Límites climáticos promedio		Observaciones
		Temperatura (°C)	Precipitación (mm/año)	
Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T)	Piedemonte de la vertiente oriental de la cordillera Oriental y parte de la llanura contigua	24 o más	4000-8000	Corresponde al piedemonte amazónico. La elevada precipitación se debe a efectos orográficos.
Bosque húmedo Tropical (bh-T)	Hoyas de los ríos Caquetá, Putumayo y Amazonas	24 o más	2000-4000	Provincia de humedad, húmedo.
Bosque húmedo en transición a bosque muy húmedo Tropical (bh/bmh-T)	Entre la intendencia del Amazonas y los Llanos Orientales desde el piedemonte hasta el límite con Brasil			Ocupa una gran extensión. Características intermedias entre las formaciones bmh-T y bh-T.
Bosque pluvial Premontano (bp-PM)	Parte del frío pie montano en la vertiente oriental de la cordillera Oriental	18 - 24	4000 o más	Provincia de humedad, super-húmedo.
Bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB)	Vertiente oriental de la cordillera Oriental hacia los Llanos Orientales y aun la Amazonía	12 - 18	4000 o más	Provincia de humedad, super-húmedo.

Fuente: Alarcón *et al.* 1980.

En el Cuadro 5 se presentan, a título ilustrativo, algunas estadísticas de producción agrícola correspondientes a la intendencia del Caquetá. Se tienen buenas experiencias con las plantaciones de caucho, palma africana y cacao, cultivos que, además de su importancia económica, constituyen una buena alternativa conservacionista para la vegetación del Amazonas, ya que permiten remplazar el bosque nativo por otro de mayor valor económico sin causar mayores disturbios en su ecología.

Cuadro 5. **Producción agrícola anual del Caquetá.**

Producto	Producción
Arroz pady	1,105 ton
Arroz trillado	2,913 ton
Maíz	21,212 ton
Plátano	23,952 ton
Yuca	154 ton
Café	2,840 ton
Almidón de yuca	127 ton
Chontaduro	50 ton
Cacao	11 ton
Harina de arroz	195 ton
Salvado	12 ton
Madera en bruto	75,126 m^3
Madera aserrada	293,112 piezas
Aceite de palma	15,300 galones

Fuente: Boletín Anual 1979. Cámara de Comercio, Florencia.

Aspectos forestales. Muchos investigadores afirman que la Amazonía tiene vocación forestal, especialmente por las condiciones edáficas y climáticas de la región. La riqueza en especies maderables es notoria a pesar de que debido al mal manejo, las más finas han sido taladas irracionalmente sin planes de reforestación; por consiguiente, el bosque amazónico, no obstante su gran biomasa, tiene el inconveniente de presentar una baja población de especies maderables finas. Datos obtenidos sobre el Caquetá indican que un 25 por ciento corresponde a maderas duras y un 75 por ciento a maderas blandas. Entre las maderas duras, unas 600 especies son de muy buena calidad para ebanistería y construcción. Existe también en la Amazonía un gran número de especies de palmas y bejucos que producen fibras para textiles, cables y otros productos de gran aplicación industrial.

Ganadería. La Amazonía está cubierta en su mayor parte por selva, y la actividad ganadera bovina se localiza en el área de piedemonte de Caquetá y Putumayo principalmente. En el Cuadro 6 se presenta el área en pastos de

la región amazónica, destacándose la zona del Caquetá como la más importante desde el punto de vista de pastos y ganadería. Tan solo un 8 por ciento de la Amazonía está cubierta por pastos de los cuales únicamente un 37 por ciento se aprovecha para la producción de carne y leche. El área dedicada a la producción de ganado de carne es superior a la dedicada a la producción lechera en una relación de 47:1 (Alarcón *et al,* 1980).

Cuadro 6. **Area total en pastos, extensión aprovechada y áreas dedicadas a producción de ganado de carne y leche.**

Intendencias y comisarias	Area en pastos (ha)	Area actualmente aprovechada (%)	Area en ganado de carne (ha)	Area en ganado de leche (ha)
Caquetá	1.123,418	40	430,000	18,500
Amazonas, Putumayo. Guainía	2.064,952	35	718,370	6,163
Total	3.188,370	37	1,148,370	24,663

Fuente: Alarcón *et al,* 1980.

El Cuadro 7, que incluye las gramíneas más importantes de la zona, muestra el predominio de los pastos introducidos mediante las colonizaciones. Entre las especies nativas predominan la paja amarga (*Homolepsis aturensis*), paja brava (*Paspalum paniculatum*), maciega (*Paspalum virgatum*) y liendre puerco (*Echinochloa crusgalli*), con un valor forrajero bajo (Alarcón *et al,* 1980). En la zona de Leticia se observan con frecuencia las especies *Paspalum conjugatum* y *Axonopus compressus*. Como leguminosas nativas importantes se encuentra la pega pega (*Desmodium tortuosum*), frijolillo, y especies del género *Stylosanthes*. Las introducidas de buen valor forrajero son kudzú (*Pueraria phaseoloides*), calopo *(Calopogonium mucunoides)* y *Centrosema* spp. El kudzú es la leguminosa más promisoria hasta el momento (Alarcón *et al,* 1980).

Para el establecimiento de pastos en bosque virgen, en general se observa el siguiente procedimiento: a) extracción de maderas de alto valor; b) socola y tumba del bosque; c) quema; d) cultivos de maíz, arroz, yuca por dos a tres años y siembra de pastos (micay, braquiaria, puntero, imperial, guinea, gramalote, kudzú); e) potreros de cría o ceba por cuatro años más o menos; y f) potreros de cría y levante. En algunos casos y de acuerdo al manejo, los pastos introducidos son invadidos por las gramas naturales y

pueden ser abandonados para dejar crecer un bosque secundario por cinco o 10 años y luego cortarlo y quemarlo, iniciando un nuevo ciclo de explotación.

Cuadro 7. **Principales gramíneas forrajeras usadas en la alimentación del ganado en la Amazonía.**

Nombre científico	Nombre común	Uso
Axonopus micay	Micay	Pastoreo
Axonopus scoparius	Imperial	Pastoreo y corte
Brachiaria decumbens	Braquiaria	Pastoreo
Brachiaria mutica	Pará	Pastoreo
Digitaria decumbens	Pangola	Pastoreo
Echynochloa polistachya	Alemán	Pastoreo
Erynochloa polistachya	Janeiro	Pastoreo
Hyparrhenia rufa	Puntero	Pastoreo
Melinis minutiflora	Gordura	Pastoreo
Panicum maximum	Guinea	Pastoreo
Paspalum conjugatum	Pasto horqueta	Pastoreo
Paspalum notatum	Grama trenza	Pastoreo
Paspalum plicatulum	Pasto negro	Pastoreo
Pennisetum purpureum	Elefante	Corte

Fuente: Alarcón *et al.* 1980.

Las razas predominantes de ganado de carne en el Caquetá y el trapecio amazónico son las siguientes: cebú cruzado, criollo x cebú cruzado, pardo suizo y romosinuano. El índice de natalidad fluctúa entre 45 y 62 por ciento, considerado como bastante bajo. La tasa de mortalidad general es alta; se conocen valores del 6 por ciento. No se poseen estadísticas claras de producción de carne en la Amazonía, pero se ha registrado una producción total de 35 ton de carne al año con una canal promedio de 200 kg para el trapecio amazónico. La producción en el renglón lechero es de 40,378 kg/día, lo cual equivale a un 0.6 por ciento de la producción nacional (Alarcón *et al,* 1080).

El Desarrollo de la Amazonía Colombiana

En el Cuadro 8 se presentan algunas de las entidades nacionales que llevan a cabo actividades tendientes a lograr el desarrollo integrado de la Amazonía colombiana, indicándose sus principales líneas de acción. A continuación se resumen las principales actividades que sobre investigación, producción y desarrollo realiza el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en el Caquetá.

Cuadro 8. **Algunas entidades vinculadas al desarrollo amazónico.**

Sigla	Nombre de la institución	Principales líneas de acción
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario	Investigación, transferencia de tecnología
INCORA	Instituto Colombiano de la Reforma Agraria	Colonización, crédito
INDERENA	Instituco de-Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables	Conservación de recursos naturales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Reconocimiento y clasificación de suelos
CICOLAC	Compañía Colombiana de Alimentos Lácteos S.A.	Fomento de la ganadería para carne y leche
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje	Capacitación de colonos e indígenas
C.U.S.	Comando Unificado del Sur	Colonización, fomento agropecuario

Investigación agrícola

Plátano y banano

Colección de plátano y banano. El objetivo fundamental es observar el comportamiento de las distintas variedades de plátano y banano traídas de otras zonas del país, para luego promover el cultivo de las que demuestren mejores condiciones de adaptación al medio.

Estudios sobre la enfermedad denominada "moko" del plátano. El "moko" del plátano, causado por la bacteria *Pseudomonas solanacearum,* es una enfermedad limitante de la producción de este cultivo en la zona. La alta precipitación anual y las crecientes de los ríos y quebradas hacen que la bacteria se disemine rápidamente, puesto que la mayor parte del plátano se cultiva en las vegas de los ríos. El objetivo de este estudio es determinar algunos aspectos de la etiología de la enfermedad así como su control.

Control químico de nematodos en el trópico húmedo colombiano. Los nematodos son un factor de gran importancia en la producción de plátano y banano. En los suelos del Caquetá se han detectado poblaciones altas en el suelo y en las raíces de las plantas. El proyecto tiene como finalidad estudiar los nematicidas más eficaces que reduzcan las poblaciones de nemátodos hasta niveles no limitantes de la producción.

Tuberosas

Prueba de adaptación de yuca. Se evaluaron diferentes materiales mejorados de yuca. con el fin de determinar cuáles son los que se adaptan mejor a las condiciones de la región. Los mejores fueron los híbridos ICA H 18, ICA H 108, ICA H 61 y la variedad ICA CMC40, con producciones entre 13.5 y 20.3 ton/ha. La variedad M Mex 59 no sólo mostró buena resistencia al ataque de la mosca de la agalla *Silva pendula* sino que produjo 59 ton/ha.

Caña panelera

Adaptación de variedades de caña de azúcar en el Caquetá. Tiene como objetivo evaluar técnicamente el comportamiento de las variedades de caña más promisorias, ya que este cultivo está ampliamente difundido en la zona.

Maíz y sorgo

Adaptación de maíces mejorados en el Caquetá. Tradicionalmente las variedades regionales han sido la fuente de semilla para el cultivo; pero se buscan las variedades e híbridos mejorados más promisorios para la zona, con miras a aumentar la producción en relación con los materiales criollos.

Cacao

Comportamiento de seis híbridos de cacao a diferentes distancias de siembra. El cacao es un cultivo de gran potencial en las zonas más fértiles de la Amazonía colombiana, especialmente si se consideran aspectos económicos, características generales de la región y la alternativa que representa el cacao para remplazar o restituir el bosque natural. El objetivo de este proyecto es determinar la distancia de siembra más apropiada para el cultivo, así como también observar el comportamiento de los híbridos más promisorios para estas condiciones ecológicas.

Potencial agrícola de los suelos del Caquetá

Con el objeto de evaluar el potencial agrícola de estos suelos, se ha llevado a cabo una serie de pruebas de respuesta de cultivos a la fertilización, entre las cuales se pueden citar:

Respuesta del maíz a N P K y cal. Se establecieron exprimentos en mesón y vega. En el mesón, el maíz respondió principalente a dosis de 33-66 kg/ha

de P y dio alguna respuesta a aplicaciones de 33.2-66.4 kg/ha de K. En los suelos de vega, los mejores rendimientos se obtuvieron con 50-66 kg/ha de P y 33.2-66.4 kg/ha de K. Igualmente se encontró disminución gradual de los rendimientos a lo largo de varias cosechas, y efecto definido de semestre, siendo mejor el primer semestre del año calendario. El maíz podría ser de importancia económica, principalmente en suelos de vega donde se han obtenido aproximadamente 4 ton/ha con maíz criollo; posiblemente con maíces mejorados este rendimiento puede ser mayor.

Respuesta de la caña panelera a N P K y cal. En suelos de vega se estableció un experimento para determinar la respuesta de la variedad POJ 2878 a la aplicación de N P K y cal dolomítica. El primer corte mostró respuesta principalmente al fósforo, con incrementos del 15 ton/ha en relación con el testigo y rendimiento de 85 ton/ha de caña y 18 por ciento de sacarosa, con el tratamiento 63-51.5-52.3. Es de anotar que el testigo absoluto produjo 51 ton/ha. El estudio incluirá cuatro cortes para determinar el efecto residual. Actualmente se está iniciando el establecimiento de un experimento para determinar la respuesta de la caña a fuentes de fósforo dentro de las cuales se incluye roca fosfórica nacional. En el Cuadro 9 se observa la respuesta de la caña a P en suelos de vega del Caquetá (un corte). Es interesante anotar que a pesar de que los rendimientos de caña no son altos, el porcentaje de sacarosa sí es relativamente elevado.

Cuadro 9. **Respuesta de la variedad de caña POJ 2878 a P en suelos de vega del Caquetá (un corte).**

N	P	K	Rendimiento (ton/ha)	Sacarosa	Incremento en rend. (%)
63	4	52.3	60	19	18
63	27.7	52.3	71	17	39
63	51.5	52.3	85	18	67
0	0	0	51	17	0

Respuesta de *Axonopus micay* a la fertilización fosfatada. El pasto micay está ampliamente difundido en el Caquetá donde la ganadería es un reglón económico de gran importancia. Teniendo en cuenta la baja fertilidad de los suelos de mesón, y la limitación en el aprovechamiento del

fósforo, se hace necesario conocer la respuesta del pasto a este nutrimento principalmente a partir de fuentes de bajo costo como la roca fosfórica. Actualmente se está llevando a cabo un experimento para determinar la respuesta del pasto micay a fuentes y dosis de fósforo en suelos de mesón. En el Cuadro 10 se observan algunos de los resultados obtenidos hasta la fecha. Es de anotar que la roca de Pesca se muestra promisoria; por su parte, la roca del Huila parece igualmente promisoria en presencia de 50 kg/ha de azufre.

Cuadro 10. **Respuesta del pasto micay (*Axonopus micay*) a fertilizantes fosfatados en suelos de mesón del Caquetá.**

Fuente de P	kg/ha	Rendimiento (ton/ha)		
		II corte	III corte	IV corte
SFT	0	16,6	16,1	15,5
	200	20,5	21,3	19,9
	400	21,9	20,0	17,3
RFP*	200	18,0	18,1	18,0
	400	21,6	21,1	19,0
RFH**	200	16,3	16,3	17,3
	400	16,6	17,2	17,8
RFP + S	200 + 50	19,1	20,2	16,3
RFH + S	200 + 50	19,6	20,2	17,5

* Roca fosfórica de Pesca
** Roca fosfórica del Huila.

Respuesta del plátano Dominico Hartón a N P K y cal. A pesar de la baja tecnología utilizada, el Caquetá está entre los primeros productores de plátano en Colombia. Se ha iniciado un experimento para determinar la respuesta del plátano a la aplicación de NPK y cal en suelos de vega. El cultivo tiene cinco meses de edad y por lo tanto aún no se dispone de resultados.

Conservación y manejo de suelos

El alto volumen e intensidad de lluvias, aunado a las condiciones topográficas típicas de la Amazonía colombiana, producen condiciones favorables para que los procesos de erosión hídrica lleguen a ser críticos, especialmente cuando el bosque natural se remplaza por cultivos limpios. En respuesta a este problema se ha venido desarrollando, desde 1976, un

proyecto de investigación financiado por la OEA en la estación experimental Macagual, con los siguientes objetivos: a) Estudiar la erosión y erodabilidad de un suelo amazónico bajo diversos sistemas de manejo de suelos y cultivos; b) evaluar el potencial erosivo de la lluvia; y c) definir sistemas de manejo que disminuyan la erosión del suelo cuando el bosque natural es sustituido por otros cultivos. En la Figura 3 se presentan algunos resultados preliminares de las investigaciones que resumen las pérdidas acumuladas de suelo por erosión durante 32 meses. Las mayores pérdidas de suelo ocurrieron bajo suelo desnudo y las menores con cobertura de *Brachiaria ruziziensis*. Este resultado es muy significativo, especialmente si se considera que el tratamiento con braquiaria tenía la máxima pendiente. Esto significa que esta gramínea ofrece una protección excelente contra el poder erosivo de la lluvia, lo cual la convierte en una excelente alternativa para el manejo de los suelos en la Amazonía, además de ser bastante apetecida por el ganado y mostrar muy buena adaptación. Los otros cultivos de cobertura (*Axonopus micay* y *Pueraria phaseoloides*) también contribuyen a reducir en alto grado la erosión.

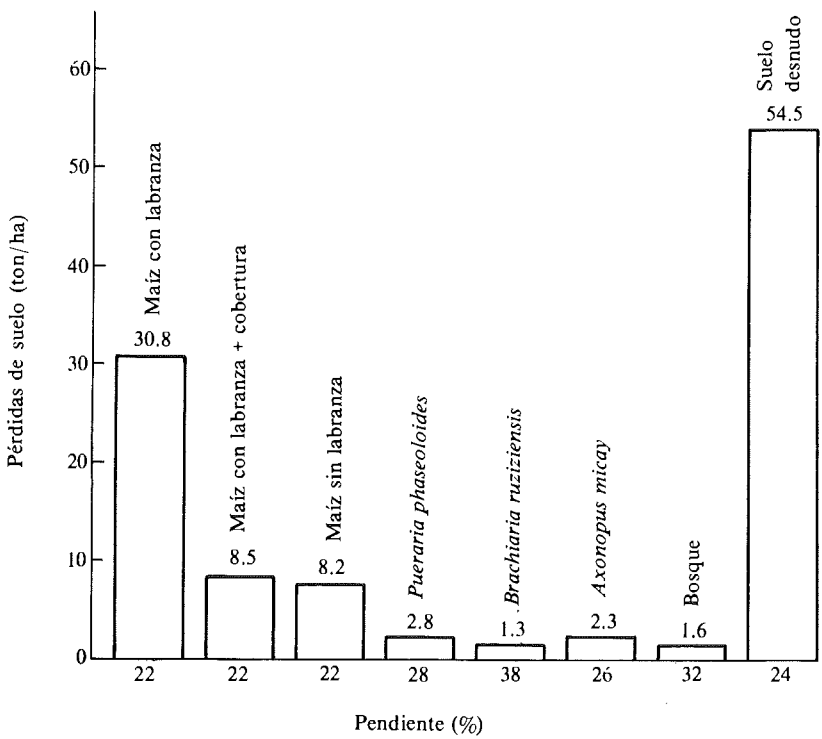


Figura 3. *Pérdidas totales de suelo durante 32 meses con diferentes sistemas de manejo de suelo y cultivos.*

Con cultivos de maíz se observan diferencias significativas debidas al manejo del suelo y del cultivo. Las mayores pérdidas de suelo se presentaron bajo maíz con labranza convencional (chuzo), pero éstas disminuyeron considerablemente cuando se introdujo el sistema de labranza reducida y una cobertura. Finalmente, se observa que la estructura protectora del bosque disminuye significativamente la erosión del suelo.

Las mediciones pluviométricas indican que los aguaceros de baja intensidad relativa parecen jugar un papel de gran importancia en el nivel de erosión cuando el suelo se encuentra totalmente expuesto a las lluvias.

Investigación pecuaria

Pastos y forrajes (Convenio ICA - INCORA)

Colección de gramíneas. Tiene como objetivo medir el establecimiento, la producción de forraje y la adaptación de distintas gramíneas promisorias en otras zonas. De las observaciones realizadas hasta el presente, *Brachiaria decumbens* y *Axonopus micay* han dado el mejor rendimiento aunque con adiciones de fertilizantes, tanto en mesón como en vega. Rendimientos ligeramente menores se han obtenido con *Hyparrhenia rufa.*

Producción de carne bajo pastoreo rotacional en *Brachiaria decumbens* en el piedemonte caqueteño. Teniendo en cuenta el potencial ganadero del Caquetá y la gran capacidad de adaptación del pasto braquiaria, se hace indispensable orientar los planes hacia la producción de carne en este pasto.

Determinación de la capacidad de carga en pastoreo continuo en pasto micay, puntero y braquiaria en el piedemonte caqueteño. Este proyecto tiene como objetivo evaluar la capacidad de carga con miras a determinar la carga óptima para estos pastos promisorios en la zona.

Ensayo regional de adaptación de especies forrajeras. Se busca evaluar y seleccionar especies de leguminosas de alto valor nutritivo que se adapten a las condiciones imperantes en la región.

Ganado de doble propósito (carne y leche). Entre los proyectos tendientes a promover el desarrollo del sector ganadero por medio de planes genéticos y nutricionales que mejoren la producción de carne y leche y conserven tales características positivas, se encuentran: a) Mantenimiento del vigor híbrido mediante mejoramiento de la vacada cebú con razas criollas; b) deficiencias minerales en la alimentación del ganado; c) hato

puro de razas criollas; d) evaluación del plasma germinal bovino en producción de leche y carne; e) sistemas de manejo reproductivo del hato.

Actividades en producción y desarrollo agropecuario

El ICA desarrolla labores de asistencia técnica y transferencia tecnológica especialmente en la zona de piedemonte. En coordinación con la Caja Agraria se planifican créditos destinados al pequeño agricultor. Por medio de muestras tomadas en distintas fincas ganaderas del Caquetá y con el apoyo del Centro de Diagnóstico del ICA en Florencia, se hace un diagnóstico y evaluación de las principales enfermedades que afectan a la ganadería en la región. También se han ejecutado campañas de vacunación contra los brotes de aftosa y brucelosis.

Otra actividad importante es la Campaña de la Roya del Cafeto, cuyo objetivo es evitar la entrada al país de la roya del café al inducir al cafetalero a cambiar a otros cultivos, especialmente cacao. Igualmente, se desarrollan diferentes labores en fitopatología y entomología, buscando asegurar la sanidad vegetal de los cultivos de la región. Finalmente, dentro de las actividades de control de insumos agropecuarios, se controla y supervisa la calidad de herbicidas, plaguicidas, fertilizantes, concentrados y demás agroquímicos comercializados en la región.

Algunos Limitantes para el Desarrollo de la Amazonía Colombiana

A continuación se describen los principales limitantes que, aislada o conjuntamente, están afectando el desarrollo racional y ecológicamente orientado de la Amazonía. De aquí la necesidad de evaluarlos y buscarles solución por medio de medidas gubernamentales y de acciones coordinadas de las diferentes instituciones comprometidas en el desarrollo de esta importante y extensa región del país.

Suelos. La baja fertilidad natural y el potencial de los suelos es un serio limitante para el desarrollo agropecuario de la región, a saber: baja capacidad de suministro de nutrimentos, alto nivel de acidez, baja saturación de bases, bajo nivel de fósforo, alto contenido de aluminio aprovechable y bajo contenido de materia orgánica, la cual abarca tan sólo unos pocos centímetros de espesor.

Condiciones climáticas. La alta precipitación de esta región constituye un obstáculo para la producción de muchos cultivos y dificulta la aplicación de prácticas agronómicas como la fertilización, preparación de tierras, etc. Las fuertes inundaciones ocasionan erosión "laminar" y en

"surcos" en los valles, con deposición de sedimentos en las partes bajas del cauce de los ríos. Por otra parte, el alto régimen de temperatura (25°C) acelera el proceso de descomposición de materia orgánica, y la alta humedad relativa facilita el desarrollo y proliferación de las enfermedades tanto en especies vegetales como animales.

Topografía. El relieve ondulado de la Amazonía dificulta en muchas áreas el uso de la maquinaria agrícola para el desarrollo de cultivos o praderas. Igualmente las altas pendientes que pueden alcanzar las ondulaciones (30-40%) constituyen un factor erosivo importante.

Manejo del bosque y los suelos. Colonizaciones espontáneas mal orientadas han contribuído al uso irracional del bosque y al deterioro de los suelos.

Infraestructura. No se cuenta con adecuadas vías de comunicación terrestre y otras infraestructuras que permitan el manejo de insumos y productos agrícolas y en general el desarrollo agropecuario.

Condiciones adversas para la salud humana. El rigor del clima, así como la presencia de algunas enfermedades, impide en gran parte el desarrollo de las poblaciones en la región.

Conclusiones

En los últimos años se ha debatido la tesis sobre la expansión de la frontera agrícola, vinculando la Amazonía al proceso de producción del país. Esto ha fomentado, en parte, el desarrollo de colonizaciones en la mayoría de los casos sin ninguna orientación. También se ha esbozado la tesis de la conservación de la Amazonía como "pulmón" del mundo, y la reserva de sus bosques, plantas y animales para las generaciones futuras.

Es necesario definir y establecer criterios claros y con un fundamento conservacionista que permitan esbozar planes de desarrollo para la región amazónica. Se debe revisar y complementar el inventario de las características de la Amazonía para lograr un mejor conocimiento de la región, y capacitar especialistas y técnicos en suelos, cultivos, meteorología, bosques, ecología, fisiología, manejo de animales, etc., a fin de generar tecnología para enfrentar los limitantes que se presenten en los modelos de desarrollo.

Actualmente la mayoría de los investigadores concuerdan en que de acuerdo al estado de conocimientos y tecnología existentes, la explotación

forestal es la más apropiada para la Amazonía, buscando mejorar las especies existentes por medio de otras más productivas ya sea maderables o cultivos comerciales como el cacao, palma africana, caucho, frutales, plátano, y la combinación de ellos en cultivos denominados de multiestrata. En esta forma se conserva la arquitectura del bosque natural evitándose los cambios ecológicos que pueden conducir al deterioro de los suelos.

La ganadería extensiva es una buena alternativa para áreas seleccionadas de acuerdo con sus condiciones topográficas, fertilidad, etc., y aplicando prácticas conservacionistas. La información disponible sobre erosión de suelos bajo praderas bien establecidas, así como las experiencias en la región, garantizan la viabilidad de esta alternativa.

Bibliografía

Alarcón, E.; Brochero. M.; Buriticá, P.; Gómez-Jurado, T.; Orozco, R.; Parra, D.; Villamil, L.C. 1980. **Sector agropecuario colombiano: Diagnóstico tecnológico.** Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia. 1036 p.

Benavides, S.T. 1973. **Mineralogical and chemical characteristics of some soils of Colombia.** Tesis de doctorado. Department of Soil Science, North Carolina University, Raleigh, U.S.A. 216 p.

Castellanos, E. 1970. **Estado del proceso de desarrollo agropecuario en cuatro zonas de colonización del Caquetá.** Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. 87 p.

Cortés, A. 1974. **Criterios pedológicos para el estudio de la Amazonía.** IV Reunión Nacional de Suelos. Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia. 20 p. (mimeografiado).

_____; Jiménez J.; Rey. J. 1972. **Génesis y clasificación de suelos de la Amazonía colombiana.** Universidad "Jorge Tadeo Lozano", Bogotá, Colombia. 40 p.

Guerrero, R. 1974. **Suelos del oriente colombiano.** *In* Bornemisza E. y Alvarado A. (eds.). Manejo de Suelos en la América Tropical. North Carolina State University. Raleigh, U.S.A. pp. 61-92.

Guerrero, A. 1977. **Anotaciones sobre las características y el manejo de los suelos amazónicos, suelos ecuatoriales.** *In* Silva N.F. (ed.) Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio Nacional sobre Suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. pp. 22 - 29.

Políticas y Planes de Desarrollo para la Región Amazónica Ecuatoriana

Raúl de la Torre F.*

Introducción

La región amazónica representa la mayor área de expansión de la frontera agrícola de que dispone el Ecuador, y comprende toda el área situada al este de la cordillera de los Andes. A pesar de que en los últimos años se ha hecho claro un creciente interés por incrementar los fondos destinados a su proceso de desarrollo, la región amazónica ecuatoriana, contradictoriamente, continúa siendo la región nacional que menor atención recibe por parte del Estado, en cuanto se refiere a obras de inversión y financiamiento. Las principales causas que explican esta situación son su baja densidad de población, las condiciones ecológicas poco propicias para el asentamiento humano, las dificultades para ejecutar obras de infraestructura física, y el desconocimiento del potencial de desarrollo de la región.

Sin embargo, cuando se piensa en áreas de reserva que permitan la ampliación de la frontera agrícola con el propósito de aumentar la producción de alimentos, tanto de origen vegetal como animal, se menciona al territorio amazónico como el principal recurso. Los argumentos de quienes dudan del real potencial agropecuario de esta región por considerar que se trata de un ecosistema frágil, donde al romperse el equilibrio natural se producirían alteraciones irreparables que traerían como resultado la destrucción del suelo, flora y fauna, constituyen razones suficientes para dedicar esfuerzos y recursos al estudio y planificación del uso de esas tierras dentro de un marco de políticas técnicas correctamente formuladas. Solamente a través del conocimiento completo de la problemática de los diferentes ecosistemas de la región será posible diseñar programas de desarrollo basados en métodos estables de producción, con los cuales la conservación de los recursos naturales, principalmente del suelo, esté garantizada.

* Exdirector. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Casilla 2600, Quito, Ecuador.

Factores Ecológicos que Afectan el Desarrollo

Además de la siguiente información, en los trabajos de Cochrane y Sánchez y Schubart y Salati en este libro se pueden encontrar datos sobre características ecológicas específicas de la Amazonia.

Ubicación geográfica

La región está comprendida entre los 0°25' de latitud norte y 6° de latitud sur, y entre los 71°50' y 79°00' de longitud oeste, considerando los puntos más extremos. Dentro de la gran hoya amazónica, la región amazónica ecuatoriana ocupa el extremo oeste de la misma y limita al norte con Colombia en una extensión de 354.3 km, al este y sudeste con Perú en una longitud de 902.6 km, y al oeste con la cordillera Oriental de los Andes (Fig. 1). El punto más cercano de la región con respecto al Océano Pacífico se halla separado del Golfo de Guayaquil por una distancia de 140 km.

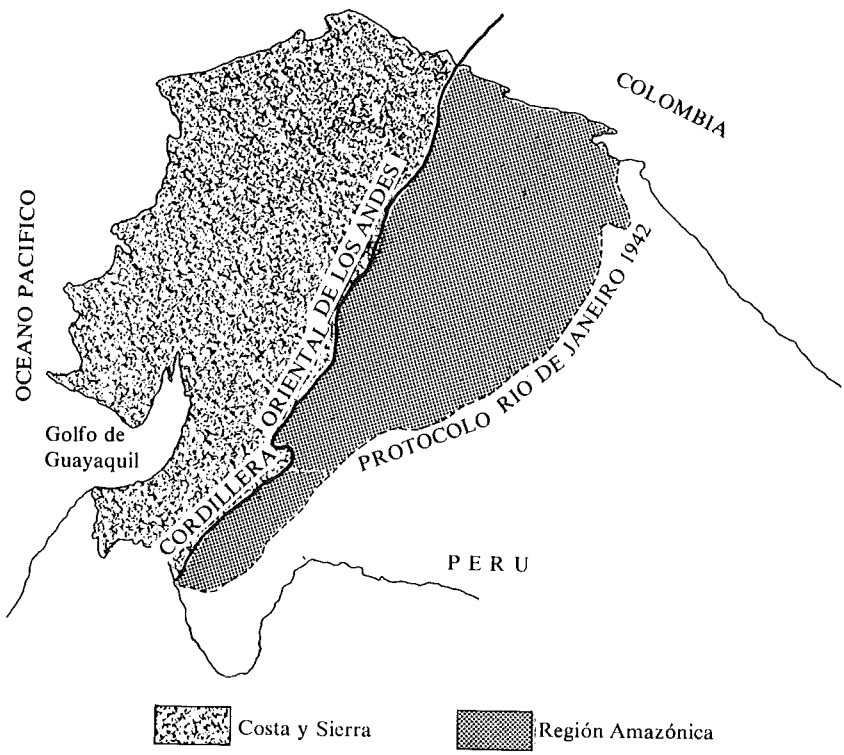


Figura 1. *Situación geográfica y límites de la región amazónica ecuatoriana.*

Superficie y población

La región abarca una superficie de 134,760 km², equivalente al 48 por ciento del territorio nacional. De acuerdo al Tercer Censo de Población y Segundo de Vivienda, realizado en 1974, la población total es de 173,469 habitantes, tan sólo el 2.6 por ciento de la población ecuatoriana. La densidad de población de 1.28 habitantes por km² es baja.

El Cuadro 1, además de reflejar la baja densidad de la población anteriormente anotada, sirve para ilustrar la desigual distribución de los asentamientos humanos en las distintas provincias, siendo notorio el caso de Pastaza que registra la más baja densidad, pero la más alta población urbana.

Cuadro 1. **Población urbana y rural, y densidad de población de las provincias del oriente ecuatoriano.**

Provincia	Población		Población rural (%)	Población urbana (%)
	Total (hab.)	Densidad (hab/km²)		
Morona Santiago	53,325	2.09	82.1	17.9
Pastaza	23,465	0.73	77.2	22.8
Napo	62,186	1.20	93.1	6.9
Zamora Chinchipe	34,493	1.65	88.9	11.1

Fuente: Tercer Censo de Población y Segundo de Vivienda, 1974.

Climatología

En un estudio de diagnóstico de la región oriental realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en 1977, con el fin de determinar la ubicación de un centro experimental, se recopiló información proveniente de 11 estaciones meteorológicas (de primero, segundo y tercer grado) y de dos estaciones pluviométricas existentes en la región (Cuadro 2).

La temperatura mínima promedio anual fluctúa entre 12.3°C, registrados en Zamora, y 19°C correspondientes a Putumayo. En lo que respecta a la temperatura máxima promedio anual, los valores más altos corresponden a Putumayo, Tiputini y Curaray con 33.8°C, y los más bajos a Shell Mera (Pastaza) con 28°C.

Cuadro 2. **Altitud, pluviosidad y temperatura media de 12 estaciones meteorológicas del oriente ecuatoriano.**

Localidad	Altitud (msnm)	Pluviosidad (mm)	Temperatura media (°C)	Años de registro
Sucúa	910	1664	21.7	9
Zamora	970	1907	21.2	8
Cumbaratza	930	2063	24.0	7
San Francisco	1800	2292	19.0	7
Tiputini	220	2387	25.3	9
Curaray	300	2749	24.9	7
Putumayo	230	2917	25.3	7
Taisha	511	2920	24.0	6
Limoncocha	220	3074	24.6	5
Sangay	970	3853	21.5	4
Shell Mera	1043	4223	20.2	9
Tena	527	6315	23.1	7

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1977.

Geografía

El accidente orográfico más notable de la región es el tercer ramal de la cordillera de los Andes, diferenciándose en su recorrido las elevaciones situadas entre los rios Cenepa y Nangaritza que se denomina Cordillera del Cóndor; ésta se interrumpe en el cauce del río Santiago para continuar hacia el norte con las elevaciones del Cutucú hasta los nacimientos del río Yuquipa. Aparece luego a la altura del Tena con las elevaciones del Galeras que se prolonga hacia el norte con el volcán Sumaco y los cerros de Guagraurco y Yanaurco, para terminar en el gran codo del río Coca a la altura del volcán Reventador. Entre estas estribaciones orográficas y la cordillera oriental andina se halla asentada la mayor población de la región urbana y rural, debido a su proximidad a la región andina y su altitud y clima intermedios. Las poblaciones del Chaco, Borja, Baeza, Archidona, Tena, Puyo, Macas, Méndez, Gualaquiza y Zamora se hallan en esta faja subandina.

Hidrografía

Los ríos de esta región se originan en tres fuentes:

- Ríos que nacen en el callejón interandino y que reciben sus aguas de las dos cordilleras. Se caracterizan por ser los más largos y torrentosos y por no ser navegables; arrastran gran cantidad de material pétreo en la mayor parte de su curso. A esta categoría pertenecen los ríos Pastaza, Santiago (Paute) y Zamora.

- Ríos que nacen en las estribaciones de la vertiente este de la Cordillera Oriental de los Andes. Debido a la gran precipitación pluvial a lo largo de toda la cordillera, la selva alta cuenta con una considerable cantidad de ríos de gran caudal pero de menores velocidades, márgenes con una topografía más uniforme, carencia de material pétreo en los cursos medio e inferior y facilidades de navegación desde la cota 300 aguas abajo. A esta clase de ríos principales pertenecen el Aguarico, Coca, San Miguel, Napo, Palora, Upano y Nangaritza. En su zona de influencia se hallan en formación los centros poblados de mayor importancia (e.g., el valle de Quijos, Archidona, Tena, Coca, Macas, Sucúa y Méndez).

- Ríos que nacen en la Tercera Cordillera y bajo la cota 300. Estos son de cauce variable, alimentan a los ríos de las otras dos fuentes y se caracterizan por su poca velocidad en el curso superior. Entre ellos se cuentan el Payamino, Suno, Curaray, Macuma y Cenepa, siendo los más importantes por su longitud el Curaray y el Macuma (Cangaime-Morona). Los ríos que nacen bajo la cota 300, y que son consecuencia del drenaje, tienen velocidades mínimas y márgenes suaves; están formados por las lluvias de la selva baja y se originan de aguas freáticas y pantanos. Tal es el caso de los ríos Güepí, Cuyabeno, Yasuní, Tiputini, Bombonaza y Conambo.

Fisiografía

En el estudio de diagnóstico de la región oriental llevado a cabo por técnicos del INIAP en 1977, se presenta el siguiente informe relativo a la fisiografía y suelos de la región amazónica.

De acuerdo con los trabajos preliminares, realizados por Colmet *et al.* (1975) y por Anda y Espinosa (1975), los suelos del oriente poseen una distribución fisiográfica que a veces tiene un patrón común, que sigue el siguiente esquema general: a) llanuras aluviales, b) mesetas bajas cortadas o disecadas, y c) mesetas altas fuertemente cortadas.

Llanuras aluviales. Están formadas por valles que tienen terrazas bajas recientes y terrazas antiguas. Las terrazas bajas recientes se inundan frecuentemente y están constituidas por depósitos fluviales gruesos y arenas recientes. Las terrazas antiguas están compuestas por depósitos fluviales antiguos de textura fina. El material parental de esta formación fisiográfica está constituido principalmente por cenizas y arenas volcánicas del Cuaternario. En esta región se encuentran los suelos con mejores características físico-químicas.

Mesetas bajas. Son de topografía colinada, debido a que en su evolución han ido disecándose y erosionándose. Su material parental está formado

por sedimentos marinos del Terciario y Pleistoceno; además ha recibido aportes periódicos superficiales de ceniza volcánica que se han acumulado en las partes más planas.

Mesetas altas. Están fuertemente cortadas y presentan una topografía marcadamente colinada debido a la meteorización y erosión intensas. El material parental de los suelos de esta región está compuesto por sedimentos profundos del Terciario y del Pleistoceno. Las mesetas altas constituyen la mayor extensión de la hoya amazónica y forman los suelos más fuertemente meteorizados y lixiviados.

Suelos

De acuerdo con las tres regiones fisiográficas anteriormente descritas, se caracterizaron así los suelos predominantes en el nororiente, centro-oriente y suroriente:

Suelos del nororiente. La mayor superficie de esta región está formada por llanuras aluviales donde los suelos se han desarrollado a partir de material volcánico de origen fluvial y probablemente eólico constituido por cenizas y arenas. De acuerdo con su grado de evolución, los suelos predominantes son Vitradepts, Tropaquepts, Distropepts, Tropoudults y Tropofibrists.

Suelos del centro-oriente. La fisiografía de esta región es igual a la del nororiente, con la diferencia de que no aparecen las grandes llanuras aluviales debido a que los cursos de los rios son profundos y torrenciales, dando lugar a la formación de pequeños valles estrechos; en estos valles se presenta una asociación de suelos formada por Vitradepts, Tropaquets, Distrandepts y Fluvents.

En las pequeñas terrazas contiguas a los rios que están sujetas a inundaciones periódicas se localizan los Vitradepts y Fluvents, los cuales debido a su pequeña extensión no son significativos en la agricultura y ganadería.

En las terrazas antiguas se localizan los Distrandepts y Tropaquepts predominando los primeros. Los Tropaquepts se encuentran en pequeñas áreas planas de mal drenaje, donde se localiza una gran parte de la agricultura y la ganadería del centro-oriente. En las mesetas bajas cortadas, los Hidrandepts son los dominantes y están dedicados casi exclusivamente a la ganadería por lo que tienen los mismos problemas señalados en el nororiente. En las mesetas altas, fuertemente disecadas, hay una asociación de Distropepts, Tropaquepts e Hidropepts. Los Hidradepts y Tropaquepts están localizados en las áreas más planas.

Suelos del suroriente. En esta región se pueden distinguir dos áreas fisiográficas bien diferenciadas: la del General Plaza-Macas que es similar a la de centrooriente, y la comprendida entre las áreas del Valle del Upano que es similar a la de nororiente.

En los valles estrechos de la primera área, casi toda la agricultura y ganadería se desarrollan sobre Vitradepts y Distrandepts, siendo los últimos los dominantes; estos últimos presentan los mismos problemas de uso y manejo señalados para los suelos de centro-oriente.

En la segunda área fisiográficamente similar al nororiente es importante destacar una diferencia fundamental en la distribución de los suelos de la llanura aluvial ya que mientras en el nororiente la mayor superficie está ocupada por Vitrandepts, en el Valle del Upano el suelo dominante es Hidrandept. Este último es profundo de aproximadamente tres metros de espesor, con los mismos problemas de uso y manejo señalados anteriormente para suelos similares.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los análisis de suelos de diferentes perfiles y sus rangos de variación y el Cuadro 4 da la misma información para las muestras superficiales.

Características de fertilidad de los suelos del nororiente

En general las variaciones en pH de estos suelos son amplias, pero predominan los pH ácidos y ligeramente ácidos.

El contenido de N en los primeros 20 cm de profundidad varía de 10 a 47 µg/ml, predominando los contenidos de 10 a 17 µg/ml, lo que representa un contenido medio.

La cantidad de P disponible para las plantas es muy baja (2 a 8 µg/ml), tanto en los perfiles profundos como en la superficie, con excepción de algunas muestras provenientes del área de Shushufindi y de la Cooperativa Marcella que tienen un alto contenido de P asimilable (alrededor de 24 µg/ml).

El contenido de K en los perfiles de suelos es bajo a medio, en tanto que en las muestras superficiales hay una gran variación en el contenido de este nutrimento; hay muestras con un contenido muy bajo (35 µg/ml) y con contenidos altos de más de 400 µg/ml. En el área de Shushufindi se encuentran suelos con contenidos de K muy bajos como también altos. En la Cooperativa Marcella el contenido de K es muy alto (20-30 µg/ml).

Cuadro 3. **Resultados de los análisis de suelos y sus variaciones en perfiles de tres regiones del Ecuador.**

Profundidad (cm)	pH	Elemento (µg/ml)						
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
Región nororiental (8 perfiles observados)								
0- 20	4.4-6.2	17-47	2- 7	15- 47	75- 800	30-420	1.2- 5.9	0.7-13.2
28- 60	4.7-6.4	3-12	2- 6	25-110	75- 950	20-325	0.3- 4.4	0.7- 9.7
70-100	4.9-7.0	3- 7	2- 6	35-105	75-1000	20-345	0.3- 3.5	0.7- 1.7
+ 100	5.1-6.1	3- 7	2- 5	20-105	75- 625	15-120	1.5- 3.2	0.7- 4.2
Región centro-oriental (3 perfiles observados)								
0- 22	5.1-5.7	53-17	2	30- 75	200- 400	30- 50	3.4- 6.7	1.8- 6.3
26- 56	5.1-5.8	14-24	2	15- 25	125- 275	15- 75	4.6- 6.7	1.8- 3.8
60- 75	5.1-5.9	4-14	2	15- 25	150- 200	25-110	5.5- 5.7	1.8- 7.8
+ 75	5.9	14	2	15	200	40	6.4	1.8
Región suroriental (7 perfiles observados)								
0- 25	4.9-6.2	22-54	2- 6	15- 75	75-1600	50-470	1.8-12.9	5.4-49.4
35- 50	4.8-5.7	8-35	2-15	15- 75	75- 750	40-350	1.5- 8.7	3.4- 7.9
+ 50	5.2-5.7	2-13	2	15- 40	75	25-365	1.2- 3.3	1.4-10.4

Cuadro 4. **Resultados de los análisis de suelos y sus variaciones entre muestras superficiales tomadas de tres regiones del Ecuador*.**

Frecuencia	pH	Elemento (µg/ml)						
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
Región nororiental (23 perfiles observados)								
Más frecuente	4.8-6.3	10- 17	2	35-265	800-1500	80-155	0.5-2.0	0.7-2
Menos frecuente	6.4-6.7	18- 20	4- 8	400-415	200- 600	160-350	2.1-4.0	2 -4
Excepcional	4.6-6.8	7- 25	24	20-495	150-2000	35- 40	8	6.7
Región centro-oriental (15 perfiles observados)								
Más frecuente	5.4-5.5	30- 55	2	25- 50	250- 450	30- 60	5 -8	2.1-12
Menos frecuente	5.9-6.1	90-127	3	70- 90	495- 700	110-225	8.1-10	50
Excepcional	6.2	10- 15	8	100	1175	25	37.6	12.1-20
Región suroriental (18 perfiles observados)								
Más frecuente	5.5-6.0	20- 40	2- 4	80-315	950-3100	115-460	4.1-7	4 -12
Menos frecuente	6.3-6.5	5- 10	5-13	25- 60	75- 425	30-110	2.1-4	27.9-33.4
Excepcional	5.1-5.4	58	35	160	4000	515	7.5	+50

*Elaborado por el grupo de trabajo del INIAP-MAG.

En cuanto al Ca y Mg el contenido es muy variable en todas las capas del suelo; en general predominan los suelos con un contenido alto de ambos elementos.

El contenido de Zn y Mn es bajo tanto en profundidad como en la superficie.

Características de fertilidad de los suelos de centro-oriente.

Los pH de los suelos de esta área son más bajos que en el nororiente, predominando los suelos ácidos tanto en la superficie como en todos los perfiles.

Los niveles de N de estos suelos están entre medios y altos en la capa superficial, pero a mayor profundidad decrece bruscamente su contenido. El P asimilable es muy bajo (2-8 µg/ml) tanto en la superficie como a cualquier profundidad. El K aprovechable es siempre bajo, sin que aparezca un horizonte o capa de mayor contenido de este elemento.

El Ca presenta niveles altos en todas las capas, en tanto que el Mg aparece con niveles bajos y medios en la superficie y ocasionalmente hay niveles altos en profundidad.

El contenido de Zn de estos suelos es satisfactorio en la superficie (20 cm) y a cualquier profundidad; sus niveles están entre medios y altos (5-27 µg/ml). El contenido de Mn es bajo en los perfiles y entre bajo y medio en muestras superficiales.

Características de fertilidad de los suelos de suroriente

El pH de los suelos de esta región es variable, predominando los suelos ácidos y ligeramente ácidos.

El N de la capa superficial es bajo a medio y decrece bruscamente a mayor profundidad. El P asimilable es muy bajo, tanto en los perfiles como en la superficie, pero hay casos excepcionales como el de la Granja El Tesoro, la Sur de Huambi, Cantón Sucúa, donde el contenido de P (35 µg/ml) es alto.

El K de estos suelos es bajo en los perfiles, mientras que en la superficie su contenido fluctúa entre medio y alto, aunque existen casos de muestras superficiales con contenidos muy bajos (25 µg/ml). El Ca y el Mg son muy variables en todas las capas, y en las muestras superficiales los niveles van desde un contenido medio (75 µg/ml de Ca y 50 µg de Mg) hasta muy alto (4000 µg de Ca y 515 µg de Mg).

El Zn está entre bajo y medio, tanto en las capas superficiales como en los perfiles de suelos. El Mn es muy variable en las muestras superficiales, y a mayor profundidad el contenido es bajo.

De la discusión anterior se puede inferir que los suelos estudiados presentan los siguientes problemas de fertilidad:

1. Los suelos predominantes son ácidos y requieren enmiendas para mejorar sus condiciones químicas y físico-químicas.

2. El contenido de N es bajo a medio en la capa superficial de 20 cm decreciendo bruscamente a mayor profundidad, lo que indica que las reservas de este nutrimento son muy limitadas, y que los suelos requieren de un manejo especial para mantener o mejorar la disponibilidad de materia orgánica superficial.

3. El contenido de P asimilable en estos suelos es muy bajo, agravándose la situación con la acidez de los suelos y su alto contenido de materiales amorfos que hace que el fenómeno de fijación de este elemento sea fuerte.

4. El contenido de K es muy variable; existen áreas con muy bajos contenidos y otras con altos. Se requiere una zonificación y estudio básico del grado de abastecimiento de este nutrimento.

5. Aparentemente no hay problemas en cuanto a la disponibilidad de Ca y Mg pero no se puede concluir definitivamente porque aún no se han estudiado las relaciones Ca/Mg y Mg/K.

6. El contenido de Zn y Mn es variable, y es necesario desarrollar una metodología analítica bien correlacionada para predecir con mayores probabilidades el contenido de estos nutrimentos.

En consecuencia, es necesario desarrollar una técnica especial de manejo de estos suelos para mejorar y mantener su fertilidad.

Factores No Ecológicos que afectan el Desarrollo

Accesibilidad

El transporte desde la región interandina se efectúa mediante las llamadas vías de penetración que cruzan la Cordillera Oriental de los Andes, descienden a la Amazonia y constituyen el principal vínculo de comunicación entre las dos regiones. El ineludible paso a través de la

Cordillera Oriental y la dificultad que esto representa, ha sido un grave limitante para la construcción de otras vías de comunicación que promuevan la colonización y desarrollo de la región.

Hasta 1967, antes del descubrimiento de los yacimientos petrolíferos que hoy se encuentran en explotación, la región amazónica era accesible sólo por las siguientes vías: 1) desde Quito por una vía de 99 km hasta la estribación de la cordillera Oriental en Baeza; 2) desde Ambato, por una vía de 175 km hasta Misahuallí, puerto fluvial desde donde se podía navegar por el río Napo aguas abajo en pequeñas embarcaciones; y 3) desde Loja por una vía de 60 km hasta Zamora.

A raíz del descubrimiento del petróleo, se dio comienzo a la construcción de una carretera, que partiendo desde Baeza llegaba a Lago Agrio y al Puerto Francisco de Orellana (Coca). La terminación de esta vía ha facilitado el acceso a la selva baja y, con ello, el asentamiento humano en las orillas del camino.

La Figura 2 presenta la situación vial en 1978, y la Figura 3 la red vial básica que el Ministerio de Obras Públicas proyecta construir en el próximo decenio dentro del Plan de Viabilidad para Desarrollo de la Región Amazónica Ecuatoriana.

Aspectos de geografía humana

No cabe duda de que la subregión de la selva alta ha producido un habitat que podría recibir un gran flujo demográfico, siempre y cuando se disponga de vías de comunicación, tanto de penetración de oeste a este, como de integración desde el norte hacia el sur. La selva alta que no tiene una vocación fluvial requiere de vías terrestres para su desarrollo económico, así como urgentes medidas sanitarias.

El relieve de la región ha producido, como es natural, un ambiente muy peculiar que se manifiesta en la cultura de sus habitantes. En la selva alta se asienta el 85 por ciento de la población de la región, en su mayoría procedente de la sierra, con vocación de tipo montañés, quienes se han adaptado razonablemente bien a las condiciones de la selva tropical. La cultura de los habitantes de la selva alta es muy diferente a la de los habitantes de la selva baja por razones derivadas del contacto social, mayor atención gubernamental y, sobre todo, un ambiente más propicio para la vida.

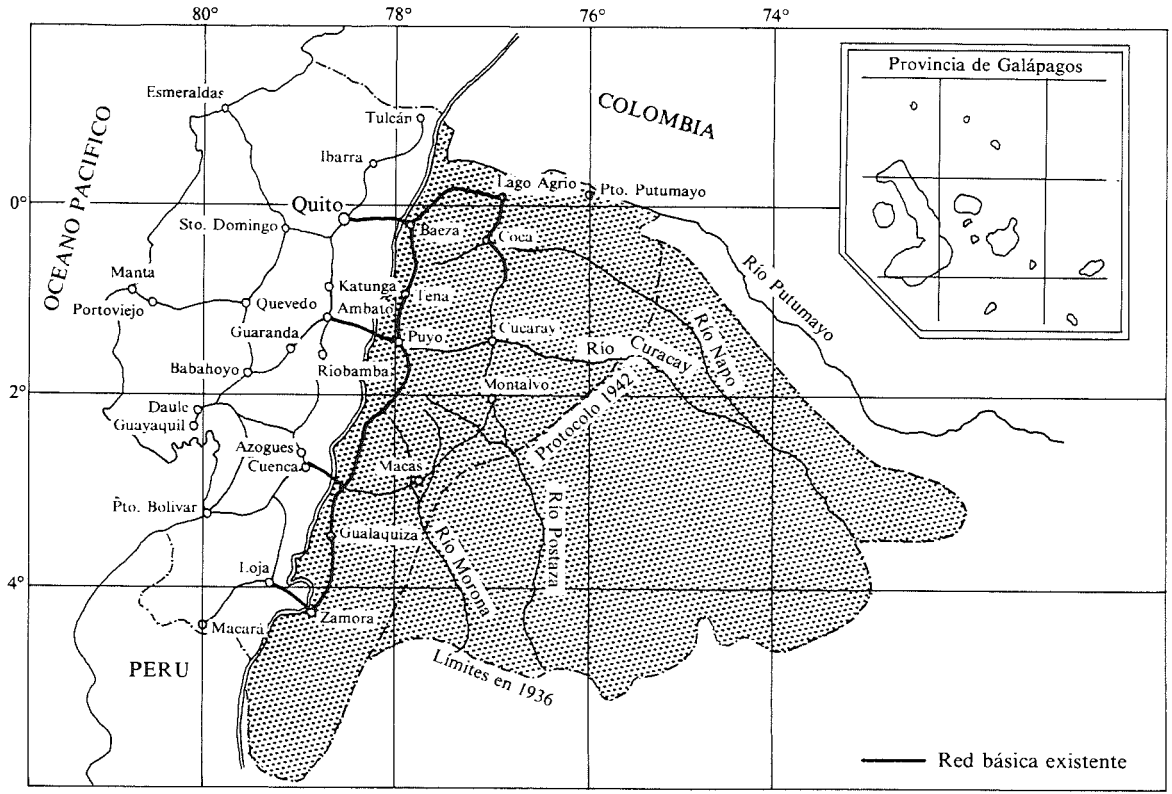


Figura 2. *Situación vial de la región amazónica ecuatoriana en 1978.*

Fuente: Instituto de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana, 1978.

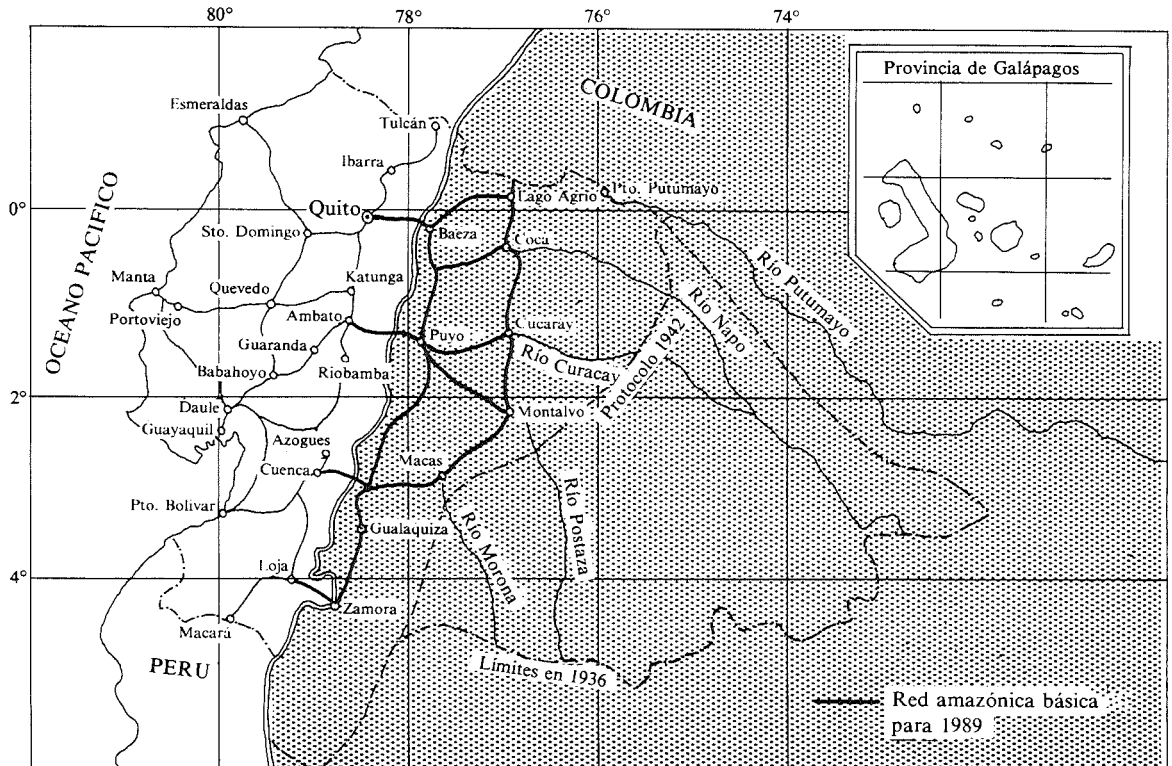


Figura 3. *Situación vial de la región amazónica ecuatoriana proyectada para 1989.*

Fuente: Instituto de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana, 1978.

Muy pocos son los casos de un desplazamiento de colonos serranos hacia la selva baja en donde predomina la vocación fluvial; por esta razón los nativos de la selva baja viven en condiciones iguales a las que vivían hace centurias, y presentan resistencia y hostilidad hacia los grupos de otras razas o de otras costumbres.

Políticas y Entidades Nacionales de Desarrollo para la Amazonia

El Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo recientemente puesto en vigencia por el actual gobierno enuncia en su segundo capítulo, Política de Articulación Espacial y Desarrollo Regional, lo siguiente:

> "La integración física, económica, social, política y cultural del Ecuador, el estímulo de las zonas deprimidas; la incorporación de los grupos marginados; la eliminación del regionalismo, así como la necesidad de procurar la ocupación efectiva del territorio nacional constituyen, entre otros, objetivos fundamentales planteados en los 21 puntos programáticos del Gobierno."

Para el logro de estos postulados se plantea la importancia de definir una política de desarrollo regional que tome en consideración los siguientes aspectos: "La necesidad de un desarrollo armónico, una adecuada ocupación y utilización del territorio en relación con las necesidades económicas y sociales, y con las características y vocación de los suelos; la comunicación entre las regiones y provincias; la complementariedad entre diversos espacios territoriales en función de una capacidad de producción económica y de los tipos de asentamientos humanos."

Como acción fundamental de la estrategia fijada, se considera el impulso al aprovechamiento de las tierras con aptitud agropecuaria, para lo cual se ofrece atención prioritaria a la construcción de los caminos vecinales y a la colonización, con el fin de ocupar en forma efectiva todos los vacíos del territorio nacional e incorporar nuevas tierras a la producción agrícola y ganadera.

De lo anterior se desprende que, siendo la región amazónica la que hasta el momento ha recibido la menor atención por parte del gobierno central en lo que a obras de infraestructura se refiere, y que, por su menor densidad de población ofrece las mayores posibilidades para el reasentamiento humano a través de programas de colonización, el gobierno nacional se propone dar los pasos necesarios para impulsar su desarrollo en el próximo quinquenio.

El Plan Nacional de Desarrollo ha concebido programas de asentamiento en áreas cuyos estudios determinan la posibilidad de utilización de los recursos naturales, de conformidad con la zonificación que se establezca y respetando los derechos territoriales de las comunidades indígenas. Por otra parte, se ha considerado de vital importancia la generación, difusión y promoción de tecnología apropiada tendiente a asegurar un uso eficiente y racional de los recursos naturales, razón por la cual la investigación deberá recibir todo el apoyo necesario para poder cumplir su cometido.

El programa de colonización tiene como meta para el quinquenio la ocupación de aproximadamente 750,000 hectáreas, de las cuales la casi totalidad pertenece a la región amazónica. Las inversiones previstas para los varios programas de colonización aparecen en el Cuadro 5.

Cuadro 5. **Inversiones en colonización para el quinquenio 1980-1984 en la región amazónica (millones de sucres).**

Proyecto	Inversión total en:	
	1980	Quinquenio
San Miguel	2.6	60.0
Shushufindi	2.0	2.0
Payamino	3.0	12.0
San Pedro de Tena	3.0	10.3
Morona	3.2	27.6
Upano-Palora	7.7	29.0
Estudio para la colonización y desarrollo forestal de Morona	31.4	43.0

Fuente: CONADE, Plan Nacional de Desarrollo, 1980-1984.

Para coordinar y ejecutar programas de desarrollo de la región amazónica el gobierno nacional ha creado nuevas instituciones y reforzado otras existentes, por medio de las cuales está tratando de poner en ejecución los mecanismos para canalizar dichos planes de desarrollo. Estos mecanismos comprenden la acción mancomunada de los ministerios y la delegación a las instituciones regionales de la responsabilidad de llevar a cabo la construcción de caminos, asistencia técnica agropecuaria, reforestación y obras de carácter social entre otras. Además, desde hace cuatro años se inició formalmente la investigación agropecuaria orientada a estudiar y resolver los principales problemas.

Entidades y programas de desarrollo para la Amazonia

Las siguientes instituciones estatales participan en distintos programas y actividades encaminadas a alcanzar el desarrollo agropecuario de la

región: el Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC); el Centro de Reconversión Económica del Austro (CREA), en el cual se incluye la provincia oriental de Morona Santiago; el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), la Sub-Comisión Ecuatoriana para el Desarrollo del Sur del Ecuador (PREDESUR) con responsabilidad y jurisdicción sobre la provincia de Zamora-Chinchipe; y el Instituto de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana (INCRAE).

Cabe, además, hacer referencia a la valiosa contribución al sector agropecuario de las distintas provincias de la región amazónica por parte de las misiones religiosas que, aparte de haber creado colegios técnicos de orientación agropecuaria en donde han cursado cientos o miles de jóvenes estudiantes de la región, han contribuido, en la medida de sus posibilidades y de las circunstancias, al proceso de difusión de la tecnología.

El Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC). Este instituto fue hasta 1978 el organismo encargado de controlar y racionalizar el proceso de ocupación de la tierra y su legalización en todas aquellas zonas donde se presentara este fenómeno. A partir de ese año, en el que se erigió al INCRAE como la entidad rectora de la colonización y desarrollo de la región amazónica, el IERAC pasó a constituirse en el organismo cuya única función es la legalización de la posesión de las tierras asignadas a los colonos.

La colonización en la región amazónica ha venido realizándose sin una política clara y definida. El IERAC, por una parte, ha fomentado la colonización espontánea de personas individuales, asignando a cada colono 50 ha de terreno, y ha promovido la creación de precooperativas y comunas, mientras que, por otro lado, ha intervenido en programas de colonización dirigida, aunque sin preocuparse, en ningún caso, de la preparación de los colonos.

Tres grandes proyectos de colonización dirigida, gestados durante el gobierno anterior, fueron puestos en marcha por el IERAC (antes de la creación del INCRAE), en los cuales se han invertido grandes capitales. Estos son: el Proyecto Shushufindi, el Proyecto Payamino y el Proyecto San Miguel. Los resultados obtenidos hasta el presente son desalentadores y en ninguno de los casos se han podido alcanzar las metas fijadas, ni siquiera en lo relativo al número de familias beneficiarias, por las constantes deserciones. Un comentario casi unánime de los cooperados ha sido la falta de definición por parte de los gestores de estos proyectos en lo referente a su participación en ellos, es decir, el desconocimiento sobre sus responsabilidades y cargos, así como sobre sus derechos y beneficios.

Se ha comentado con frecuencia la falta de claridad en los objetivos, la carencia de respaldo legal, la escasa cooperación técnica e incluso el desconocimiento de la zona por parte de los empleados del IERAC, encargados de hacer las demarcaciones de tierras previas a la legalización de su posesión.

El fracaso experimentado en estos tres proyectos de colonización dirigida llevan a pensar que quienes lo concibieron, por más buenos propósitos que hubieran tenido, cometieron serios errores, posiblemente debido al desconocimiento de la realidad de la región. Alguien ha cuestionado, con razón, si con las elevadas sumas de dinero gastadas en los proyectos referidos, no habría sido posible y más conveniente para los intereses de la región y del país, la creación de varios centros experimentales.

El Instituto de Colonización de la Región Amazónica (INCRAE). Algunos de sus objetivos son: 1) constituir un complemento para el proceso de reforma agraria; 2) favorecer la ampliación de la frontera agrícola promoviendo la utilización de nuevos recursos y proporcionando la posibilidad de captar parte de la fuerza de trabajo que se encuentra en situación de desempleo o subempleo; 3) ejecutar programas de colonización de acuerdo con las exigencias de la Seguridad Territorial y Militar, y al propio tiempo, del desarrollo integrado; 4) orientar e impulsar el desarrollo industrial en la Amazonia para utilizar la materia prima y mano de obra de la región; 5) promover la integración sico-social de las comunidades de nativos y colonos; 6) preservar el equilibrio económico y los ecosistemas de la región amazónica, estableciendo una estructura de reforestación y seguridad ecológica.

Como puede apreciarse, la amplitud de su radio de acción y la diversidad de las actividades que debe desplegar, han dificultado, por decir lo menos, la consecución exitosa de los objetivos inicialmente propuestos. De allí que muy poca obra efectiva se haya realizado satisfactoriamente en los dos últimos años.

En el campo agropecuario, el INCRAE persigue los siguientes objetivos: 1) impulsar los estudios y exploraciones técnico-científicas para localizar las áreas de utilización agropecuaria a fin de incrementar la producción de alimentos fundamentales para satisfacer las demandas de la región; 2) incrementar la producción de materias primas de origen agrícola para satisfacer las necesidades industriales de la economía regional y nacional; y 3) incrementar la producción de renglones bien adaptados a la Amazonia con la finalidad de obtener excedentes exportables y así conseguir recursos financieros para la expansión del desarrollo económico de la región.

Se considera que el INCRAE debería actuar como organismo coordinador de todos los esfuerzos institucionales y particulares relativos a la investigación de la región amazónica, prestando todo su apoyo al INIAP, institución que en forma directa sería la rectora de los trabajos de investigación. En concordancia con la política del INIAP en cuanto a desarrollo de tecnología para la región amazónica, el INCRAE adoptó como estrategia propiciar el empleo de sistemas de producción que copien lo más fielmente posible los ecosistemas naturales, entre los que se pueden citar los sistemas agroforestales, los sistemas silvo-pastoriles y los sistemas agro-silvo-pastoriles.

Los resultados obtenidos hasta el presente, sin embargo, no son muy halagadores, a tal punto que en la actualidad se cuestiona la existencia del INCRAE, o por lo menos, se plantea la necesidad impostergable de revisar su organización y planes de trabajo a fin de mejorar su eficiencia y lograr el cumplimiento de los objetivos y metas para los cuales fue creado.

La Subcomisión Ecuatoriana para el Desarrollo del Sur del Ecuador (PREDESUR). Es una entidad autónoma adscrita al Ministerio de Relaciones Exteriores, creada en 1971 con el propósito de promover el mejoramiento de las condiciones de vida y el desarrollo integral de las provincias sureñas de El Oro (en la costa), y Loja (en la región interandina), mediante el aprovechamiento de las aguas de los ríos Puyango y Catamayo. Posteriormente, en 1974, PREDESUR amplió su radio de acción e incursionó en la provincia de Zamora-Chinchipe, localizada en el extremo sur de la región amazónica. La Subcomisión ejecuta en esta provincia el Proyecto del Desarrollo Rural del Cantón de Zamora, principalmente orientado al desarrollo ganadero. Este proyecto cuenta para su realización con el respaldo financiero del Banco Mundial (BID, 1978) por un monto de US$16,900,000 que corresponde al 54.7 por ciento del costo total del Proyecto.

El área del proyecto, localizada en los valles de Zamora y Nangaritza, es de topografía ondulada en su mayor parte, posee buenos suelos y 400,000 ha de bosques naturales que podrían ser explotados comercialmente. Los usos actuales de la tierra para esta región aparecen en el Cuadro 6. El 62 por ciento es bosques, el 35 por ciento está destinado a la ganadería y aproximadamente el 2 por ciento a cultivos agrícolas.

Estos valles han sido colonizados espontáneamente desde los años 50, y el tamaño promedio de las propiedades es de 30 ha. Las unidades de mayor tamaño están controladas por los indios Shuara quienes las usan en forma comunitaria para la caza y la agricultura. El tamaño de las propiedades se aprecia en el Cuadro 7. Se observa que más del 70 por ciento son de menos de 100 ha.

Cuadro 6. **Usos agrícolas y forestales de la tierra en los valles de Zamora y Nangaritza en el Ecuador.**

Uso	Valle del río Zamora		Valle del río Nangaritza		Total	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Cultivos agrícolas	1,792	2.0	865	8.6	2,657	2.5
Pastos	33,863	35.0	3,480	35.0	37,343	35.0
Bosques	60,473	63.0	5,655	56.4	66,128	62.5
Total	96,128	100.0	10,000	100.0	106,128	100.0

Cuadro 7. **Distribución por tamaño de las unidades de producción en los valles de Zamora y Nangaritza.**

Intervalos (ha)	Fincas		Superficie		Tamaño Promedio (ha)
	No.	(%)	(ha)	(%)	
0 a 10	589	26.0	2,723	3.5	4.0
10 a 20	415	18.0	6,230	8.0	15.0
20 a 50	864	37.0	29,092	37.5	34.0
50 a 100	324	14.0	21,908	28.0	68.0
100 a 200	77	3.0	9,654	12.5	125.0
200 y más	25	2.0	8,702	10.5	348.0
Total	2,294	100.0	78,309	100.0	34.0

Dentro de este contexto, el proyecto se ha estructurado para: a) apoyar y nacionalizar el proceso de colonización espontánea; b) intensificar la producción agrícola y ganadera del área con miras a elevar el ingreso de los productores; y c) proporcionar la infraestructura de tipo económico y social y los servicios básicos de apoyo a la producción requeridos para acelerar su desarrollo.

El Proyecto comprende la ejecución de actividades que se agrupan en los tres subproyectos que se enumeran a continuación:

1. Crédito agropecuario y desarrollo forestal, para el cual se destinará aproximadamente el 31 por ciento de los recursos.

2. Actividades de apoyo a la producción agrícola y pecuaria, a las cuales se destinará aproximadamente el 44 por ciento de los recursos. Entre estas actividades están la adjudicación y escrituración de tierras, la investigación y extensión agropecuaria; la infraestructura de comercialización, y la construcción de caminos vecinales.

3. Infraestructura social, con el 13 por ciento de los recursos, la cual incluye la construcción de aulas escolares y otras inversiones educacionales, e instalaciones de saneamiento rural.

Centro de Reconversión Económica del Austro (CREA). Esta institución de desarrollo regional tiene bajo su responsabilidad la ejecución del Proyecto de Desarrollo Integral Palora-Gualaquiza en la provincia oriental de Morona Santiago. Este proyecto consta de dos subproyectos. El primero está relacionado con el crédito agropecuario dirigido a los campesinos (colonos y nativos) para la realización de obras de infraestructura y suministro de insumos básicos indispensables para poner en marcha las recomendaciones técnicas dentro del marco del Proyecto. El segundo está a cargo de la promoción del desarrollo, entendido como conjunto de actividades tendientes a mejorar los sistemas de producción actuales mediante la adaptación de tecnología, la participación activa y crítica de la población rural, y la capacitación de campesinos, técnicos y profesionales del Proyecto (CREA, 1978).

El subproyecto de crédito agropecuario contempla beneficiar a más de 2500 familias, entre criadores de ganado bovino de carne y doble propósito, porcinos y cuyes. Sin embargo, el mayor énfasis está puesto en el crédito para fomento de la ganadería bovina con la introducción de machos puros (Pardo Suizo) a las fincas participantes. Se considera que como consecuencia del mejoramiento de la capacidad genética existente se dará un incremento paralelo a la producción de carne y leche. Para tal fin el CREA cuenta con tres granjas experimentales en el área de influencia del Proyecto, localizadas en Pablo VI (190 ha), Domono (190 ha), y General Proaño (25 ha).

Desconocemos las razones de los directivos del CREA y del Proyecto para decidir la importación del ganado a distribuirse entre colonos y nativos de la región mediante financiamientos crediticios del subproyecto correspondiente, ni tampoco los fundamentos técnicos para inclinarse por la raza Pardo Suizo. Si se toma en cuenta que, lo mismo que en otras zonas de la región amazónica y del país, la gran mayoría de la población campesina está constituída por pequeños agricultores de escasos recursos económicos, bajo nivel educativo y, en muchos casos, desconocimiento del medio, resulta difícil, por decir lo menos, esperar que los animales importados reciban los cuidados y manejo apropiados para que se cumplan las metas propuestas. Por otra parte, dado el alto precio del ganado, convendría analizar si, en primer lugar, los ganaderos están dispuestos a aceptar este tipo de animales y, en segundo, si su capacidad de pago les permitirá cumplir con los compromisos del préstamo.

Los parámetros técnicos supuestos y las metas esperadas por los planificadores del Proyecto son bastante optimistas, por lo que es poco probable que éstas sean alcanzadas. La experiencia demuestra que, bajo las condiciones ecológicas de la zona del Proyecto y tomando en consideración el factor humano antes descrito, los niveles productivos realizables caen muy por debajo de los esperados en el presente plan. Así, por ejemplo, llegar a tasas de natalidad del orden del 88 por ciento, de mortalidad de terneros de sólo el 3 por ciento y a una producción diaria de leche de 11 litros por animal a lo largo de un período de lactancia de 285 días, es prácticamente imposible. Quizás lo más conveniente sería pensar en un programa de desarrollo ganadero que no involucre cambios sustanciales en el manejo, que no demande inversiones elevadas como es el caso de la adquisición de animales, y que en general, responda a la realidad socio-económica de la región.

Aparte del componente bovino, el subproyecto de crédito contempla la distribución de cerdos puros de la raza Duroc y la producción y venta de cuyes reproductores para abastecer a las fincas de menor tamaño.

El subproyecto de promoción de desarrollo, bajo cuya responsabilidad estará el mantenimiento de las granjas donde serán criados los animales que se venderán entre los campesinos favorecidos por el subproyecto de crédito agropecuario, contempla además, la identificación de las necesidades de experimentación y su ejecución, con el fin de determinar un "camino tecnológico realista que permita modificar los diferentes sistemas existentes ajustándolos a su conjunto de potencialidades y limitaciones". Tras una fase de reconocimiento de los sistemas de producción existentes, se propone formular una serie de recomendaciones iniciales que permitan al personal de extensión comenzar de inmediato sus labores y, paralelamente, identificar áreas de investigación tanto en fincas de los campesinos como en las granjas experimentales del CREA. Además, se considera imprescindible complementar lo anterior con un programa permanente de divulgación técnica al campesino y de capacitación a todo nivel.

Con respecto a la investigación, se dará prioridad a la experimentación en pastos y forrajes, especialmente leguminosas. En las granjas que para el efecto tendría a su disposición el CREA, se ha pensado establecer un vivero de introducción de pastos como punto de partida de un proceso de selección y multiplicación en el que participarían también los agricultores, en sus fincas, con pruebas de adaptación y productividad de las especies más promisorias. Con base en la información obtenida en este tipo de ensayos, tanto en las granjas experimentales como en fincas de los

agricultores, se espera generar recomendaciones y hacer ajustes tecnológicos para su aplicación por parte de los productores de la zona. Sin embargo, cabe recordar que los pequeños agricultores trabajan en sistemas de producción, muchos de ellos complejos, en los que varios componentes agrícolas y pecuarios, en forma integrada, interactúan constantemente; por lo tanto, toda recomendación aislada relativa al mejoramiento de algunos de esos componentes deberá hacerse luego de un concienzudo análisis de la realidad socioeconómica de los agricultores y sus limitaciones, y después de haber probado a nivel experimental y verificado que una innovación que se pretende introducir no ocasionará la alteración de la estabilidad de dichos sistemas.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). La investigación agropecuaria a cargo del INIAP se inició oficialmente en el año 1975 mediante un convenio con el Instituto Lingüístico de Verano para la utilización de las instalaciones de su centro en Limoncocha. En 1976, ante la impostergable necesidad de establecer una estación experimental permanente y de primera categoría llamada a resolver los problemas limitantes de la producción agropecuaria en la región amazónica, técnicos del INIAP y del Ministerio de Agricultura y Ganadería iniciaron un estudio de diagnóstico agro-socio-económico de la región encaminado a determinar la ubicación de dicho centro experimental. En 1978 se creó la Estación Experimental Napo y, desde entonces, se han repetido algunos de los trabajos de investigación empezados en el centro de Limoncocha y se han emprendido nuevos proyectos de investigación. Partiendo de un nuevo enfoque de sistemas, la filosofía sobre la cual se basa el trabajo del INIAP en la región amazónica es la de tratar de desarrollar sistemas de producción estables y rentables para pequeños agricultores: estables para la preservación de los ecosistemas y recursos naturales en general, y rentables para que colonos y nativos reciban el estímulo económico que les permita permanecer en su actividad dentro de la zona sin tener que buscar mejores oportunidades en los centros urbanos.

Al enfocar la investigación hacia los sistemas de producción del pequeño agricultor, se busca incrementar la productividad de su tierra, la cual en la mayoría de los casos no tiene posibilidades de extenderse, determinando el grado de asociatividad de especies y variedades, su distribución espacial y cronológica, y su manejo.

En un seminario organizado por el INCRAE sobre Manejo de Sistemas Ecológicos y Alternativas de Producción Agro-Silvo-Pastoril en 1978 (INCRAE, 1978), al considerar la realidad de la región y sus necesidades con respecto a las estrategias de investigación, que habrían de aplicarse, se formularon las siguientes conclusiones y recomendaciones que merecen ser transcritas:

-Se reconoce la necesidad de un programa de investigación sobre sistemas de producción rentables en el tiempo, tendiente a mantener el equilibrio existente o crear un nuevo ecosistema igualmente equilibrado.

-Los sistemas de producción tendrán componentes agrícola, pastoril y forestal en combinaciones determinadas por el medio ambiente.

-La investigación debe dar prioridad a los productores agrícolas y forestales existentes en la región. Complementariamente se estudiarán especies y variedades introducidas con el objeto de crear sistemas alternos.

-Se requiere investigación acorde con las necesidades y prioridades establecidas en los planes de desarrollo sectorial dando preferencia a los alimentos básicos y productos de elevada importancia nacional.

-Un programa adecuado de investigación precisa una capacitación constante para la formación de equipos técnicos responsables.

-Se necesita establecer vínculos con otros países de la región amazónica con el objeto de intercambiar información y experiencia en diversos métodos y procedimientos.

-La investigación dará atención prioritaria a los pequeños y medianos productores, independientemente de sus modalidades asociativas.

El trabajo realizado desde entonces demuestra que la mayoria de las recomendaciones formuladas han sido tomadas en cuenta y puestas en práctica en mayor o menor grado. Todavía es ostensible la falta de coordinación entre las instituciones vinculadas al desarrollo de la región, situación que se refleja en la desarticulación de actividades y en la disparidad de criterios para abordar los distintos problemas. Aún más es notoria la forma en que los varios organismos estatales se desenvuelven prescindiendo de las recomendaciones emanadas del INIAP y alejándose de los principios sobre los cuales descansa la estrategia de investigación en sistemas de producción integrales.

-INIAP debe ser responsable de llevar a cabo investigación sobre sistemas de producción agro-silvo-pastoriles. A fin de efectuar esta labor satisfactoriamente se requiere el apoyo, la cooperación y la participación de todas las instituciones involucradas en el desarrollo agrícola de la región amazónica.

Por otra parte, dadas las limitaciones presupuestales del INIAP, hasta el momento no ha sido posible establecer nuevos centros experimentales en

otras zonas ecológicas representativas, por lo cual, con excepción de contadas granjas localizadas en el área de influencia de las instituciones regionales de desarrollo y en las que se efectúan incipientes y aislados trabajos experimentales, la mayor parte de la investigación ha quedado confinada a la Estación Experimental Napo y al Centro de Limoncocha. En el trabajo de John Bishop en este libro se presenta parte de esta investigación.

Conclusiones

El gobierno ecuatoriano ha identificado la región amazónica como el área principal para la expansión agrícola y pecuaria, y con este objeto ha creado diversos institutos y centros de investigación que coordinan estas actividades en las provincias amazónicas. Como era de esperar ha habido numerosos tropiezos relacionados con la falta de información ecológica sobre el área, la limitada disponibilidad de técnicas agrícolas, la dificultad para diseminar la información existente y los problemas asociados con la cooperación institucional. Como tan sólo recientemente se ha puesto de relieve la importancia de desarrollar la región amazónica, ésta no ha recibido la atención ni las inversiones que merece. Afortunadamente la situación está cambiando.

Bibliografía

Anda, M.; Espinosa, N. 1977. **Estudio general y semidetallado de suelos para el proyecto de canalización "San Pedro del Tena".** IERAC, Quito, Ecuador. 1 v.

Banco Interamericano de Desarrollo. 1978. **Informe del Proyecto Préstamo a la República del Ecuador. Proyecto de Desarrollo Rural Integrado-Zamora.** Publ. PR-882-A. 227 p.

Bejarano, W.; Espinosa, N.; Caceres, J.; Chavez, J.; Vega, J. Cañadas, L.; Maldonado, E. 1977. **Breve diagnóstico agro-socio-económico de la región oriental, para la ubicación de un centro experimental agropecuario del INIAP.** Padilla, W. (ed) Boletín Técnico No. 23, INIAP. Quito. Ecuador. 67 p.

Centro de Reconversión Económica del Austro. 1978. **Proyecto de Desarrollo Rural Integrado Palora-Gualaquiza. Subproyecto de Promoción y Desarrollo.** Cuenca, Consorcio SORES. SNC y CIC. Ecuador. 1 v.

Colmet, D.; Gautheyrou. F.J.; Zebrewski, C.; Almeida, G. 1975. **Características y propiedades de algunos suelos del oeste de la Amazonía ecuatoriana.** MAG-ORSTOM, Quito, Ecuador. 1 v.

Instituto Nacional de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana. 1978. **Desarrollo de la región amazónica ecuatoriana. La Vialidad 1979-1989.** INCRAE, Quito, Ecuador. Publicación 002. 101 p.

_____. 1978. **Seminario sobre Manejo de Sistemas Ecológicos y Alternativas de Producción Agro-Silvo-Pastoril.** INCRAE, Quito, Ecuador. Publicación 004. 1 v.

Políticas y Planes de Desarrollo para la Región Amazónica del Perú

Javier Gazzo*

Introducción

Perú es un país climática, geológica, geográfica y ecológicamente complejo. Su superficie total es 1'285,216 km², distribuidos en las cuatro regiones naturales del país: Costa, 148,643 km²; Sierra, 350,923 km²; Selva Alta, 90,961, y Selva Baja, 694,688 km².

La población estimada del Perú en junio de 1978 era 16,8 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento de 2.8 por ciento para el quinquenio 1978-1980. Para 1990 se estima una población de 23,3 millones. La actual pirámide de edades de población demuestra que el 43 por ciento tiene menos de 15 años y el 53 por ciento entre 15 y 64.

Perú parece ser un país despoblado pues registra una densidad de 13 habitantes por km², pero esto se debe a que la población se concentra en una superficie habitable que no supera el medio millón de km². El crecimiento desproporcionado entre la población y el territorio habitable ha conducido a una desigual distribución de sus habitantes en el territorio. La tasa de crecimiento de la población prevista para 1990 es de 57 por ciento para la Costa, de 31 por ciento para la Sierra, y de 12 por ciento para la Selva, es decir 13,3 7,2 y 2,8 millones de personas, respectivamente (Instituto Nacional de Planificación, 1979).

De lo expuesto se deduce que esta creciente población estimada generará un aumento significativo de la demanda de trabajo, espacio habitable, recursos energéticos, servicios sociales básicos, como salud, educación, vivienda, transporte, etc., y fundamentalmente, alimentos.

* Director Ejecutivo, Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), Sinchi Roca 2728, Lima, Perú.

La población actual estimada en la región amazónica es de 1'400,000 habitantes (522,000 en la Selva Alta y 878,000 en la Selva Baja). La mitad de la población de la Selva Baja habita en la ribera de los ríos, trabajando en la agricultura migratoria y pequeñas fincas ganaderas; periódicamente se dedican a la extracción maderera.

En estos últimos años, el Gobierno ha tomado conciencia de la necesidad de planificar el desarrollo sobre bases regionales, adoptando criterios orgánicos respecto a la distribución de los recursos humanos y financieros. La incorporación de una política regional ha dado como resultado el establecimiento a la fecha de 11 Organismos Regionales de Desarrollo (ORDES), cuyo objetivo básico es propiciar el desarrollo armónico, utilizando los diferentes recursos y regiones naturales del país, a fin de acelerar el proceso de incorporación de las áreas deprimidas a la economía y a la misma vida nacional.

Características Generales

Ubicación y superficie

La selva peruana o región amazónica está situada al este del flanco oriental andino, ocupando gran parte del geosinclinal amazónico, y se extiende hasta el piedemonte y la llanura amazónica. Abarca una extensión de 78,5 millones de hectáreas, de las cuales 23,11 por ciento corresponden a la Selva Alta y 76,89 por ciento a la Selva Baja.

La Selva Alta está comprendida entre las serranías andinas entre 500 y 2000 m de altitud, con valles estrechos de gran longitud, que a veces forman gargantas llamadas "pongos". Grandes áreas están recubiertas por terrazas fluviales que llegan a tener hasta cuatro niveles. Las terrazas más anchas se encuentran hasta a 450 m por encima del lecho de los ríos.

La Selva Baja, llamada también llano amazónico, se inicia al finalizar las serranías andinas y está a menos de 500 m de altitud. Su relieve ondulado está cubierto por una espesa selva surcada por caudalosos ríos.

Se estima que en toda la selva amazónica peruana existen ocho millones de hectáreas útiles para explotación agropecuaria intensiva.

Geología

La región amazónica posiblemente se inició con la aparición de un geosinclinal este-oeste, dando origen a una cuenca en el Cámbrico que desagua en el Océano Pacífico. La sedimentación y el comienzo del

levantamiento de la cordillera andina en el Mioceno hicieron que el drenaje de la cuenca cambiase de dirección orientándose hacia el este (Océano Atlántico). Posteriormente, los ríos que empezaron a bajar de los Andes arrastraron mayores cantidades de sedimentos, constituidos principalmente por areniscas, calizas y lavas volcánicas. El río Amazonas arrastra camino al mar alrededor de tres millones de toneladas métricas de sedimentos por día (CRIA, 1977).

Fisiografía

En la Amazonía se distinguen dos unidades fisiográficas. La primera corresponde a los sedimentos recientes del Holoceno y conforma terrazas bajas y llanuras aluviales, más o menos inundables que representan el 10 y 20 por ciento del territorio. La segunda, asentada sobre los sedimentos del terciario y del Pleistoceno, forma terrazas altas y monticulos disecados y quebrados de manera apreciable por la erosión. La llanura amazónica es una sucesión de ondulaciones, cuya altura promedio es inferior a 300 m (CRIA, 1977).

Suelos

En las terrazas altas y colinas quebradas dominan los ultisoles, o en términos de clasificación de la FAO, nitrosoles dístricos y acrisoles. Son suelos profundos meteorizados y de colores fuertes que van del pardo amarillento al rojo. El lavado constante hace que sean muy ácidos y con escasa saturación de bases. No obstante que las tierras situadas en el trópico húmedo reciben del bosque natural entre ocho y 12 toneladas de material vegetal, el contenido de material orgánico en los perfiles es característicamente escaso, debido al reciclamiento de nutrimentos por la foresta, el metabolismo del suelo y el arrastre físico por las aguas.

En las terrazas bajas y planicies aluviales, los suelos pertenecen a los entisoles e inceptisoles o alfisoles, o en términos de la clasificación de la FAO, fluviosoles y gleysoles. Salvo en las áreas típicas de gleización, distinguibles por la presencia de los aguajales*, el rejuvenecimiento periódico de los sedimentos fluviales origina tierras de características químicas medias, con una fertilidad media, aunque la productividad es afectada por las inundaciones.

Los vertisoles, caracterizados por la presencia de materiales arcillosos expandibles, muestran una buena fertilidad, con mejores cualidades químicas que físicas, las cuales repercuten en el drenaje.

* Conjunto de palmas de aguaje (*Mauritia flexuosa*) que dan suelos muy ácidos con drenaje deficiente y por lo tanto con escaso valor agropecuario.

Los espodosoles (podsoles en la clasificación de la FAO) de la Amazonía, se distinguen por su profundo horizonte A2 prácticamente libre de bases y de materia orgánica. Algunos espodosoles se encuentran en el llano amazónico y no tienen valor agropecuario (CRIA, 1977).

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales hasta el momento ha realizado 23 estudios de suelos en diferentes zonas de la selva peruana, en un total de 19'581,240 ha, y está llevando a cabo cuatro estudios más como se observa en la Figura 1 (ONERN, 1980). Estos estudios muestran en detalle el uso de suelos en las zonas del Huallaga Central, Alto y Bajo Mayo, y Jaén-San Ignacio, con una extensión de 1'630,790 ha.

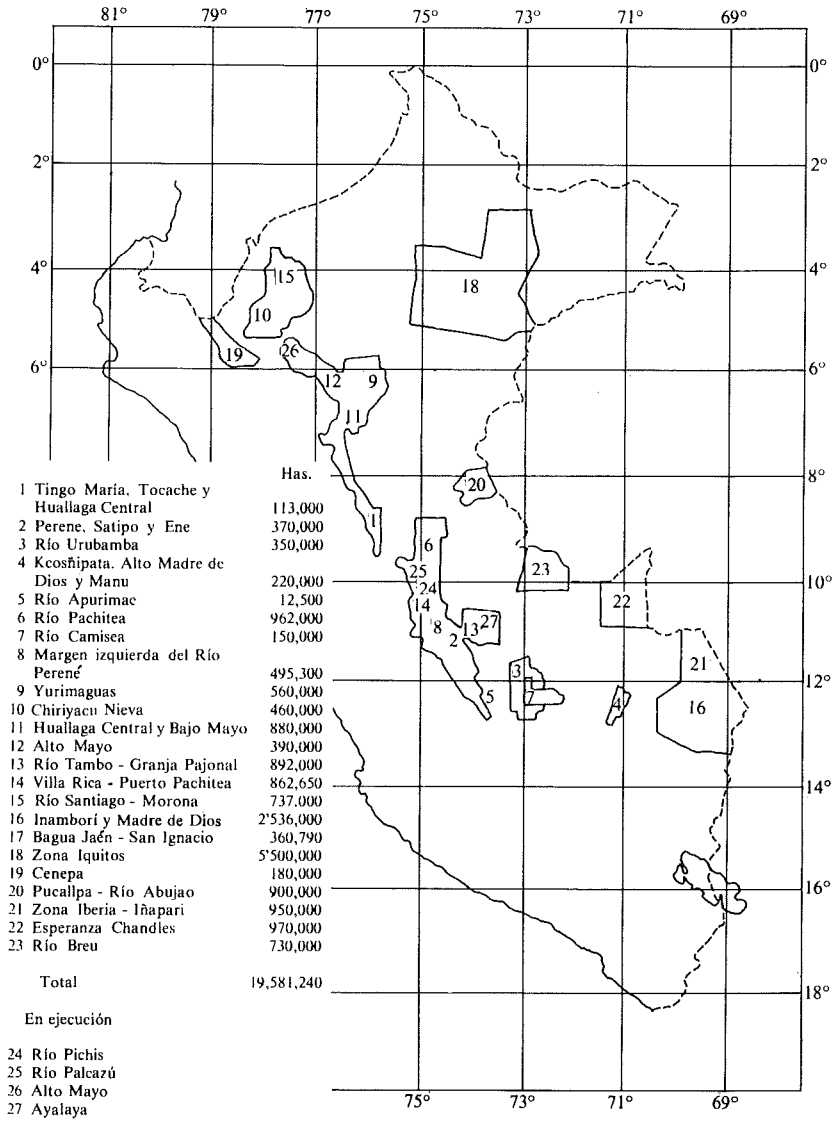
Las tierras se han clasificado de acuerdo a su potencial de utilización: cultivos en limpio, 4'150,000 ha (3,2%); pastoreo, 18'000,000 ha (14,0%); bosques, 43'000,000 ha (33,5%) y protección, 60'171,000 ha (46,8%). Estos indican que las tierras del país son eminentemente de aptitud forestal, toda vez que para fines agrícolas, en conjunto, solamente se tienen 7'350,000 ha que representan el 6 por ciento del total de tierras del Perú. De este total, 1'550,000 ha están localizadas en la Costa (21%), 1'800,000 ha en la Sierra (25%) y 4'000,000 ha en la Selva (54%) (INP, 1979).

Ecología

Según el sistema de Holdridge, las zonas de vida natural de la región se clasifican en su mayor parte en bosques húmedos tropicales, bosques secos tropicales, y bosques muy húmedos subtropicales (Fig. 2).

El área del departamento de Loreto pertenece en gran parte al bosque húmedo tropical; el bosque seco tropical aparece al sur de Contamana y, después de seguir aguas arriba el río Ucayali, termina en las cercanías de la confluencia de los ríos Urubamba y Tambo.

El área del departamento de San Martín, situado en la vertiente oriental de los Andes, muestra una ecología más variada. Las tierras agrícolas del Huallaga Central pertenecen al bosque seco tropical; el área agrícola de Moyobamba-Rioja pertenece al bosque húmedo subtropical, mientras que el otro polo importante del desarrollo agropecuario, Tingo María, se encuentra en el bosque muy húmedo subtropical. Entre Tingo María y Pucallpa, ciudad situada en el bosque seco tropical del Ucayali, se encuentra la zona de vida natural más húmeda del Perú, con los bosques pluvial subtropical y muy húmedo tropical. El bosque pluvial subtropical se repite en Moyobamba y Yurimaguas (CRIA, 1977).



		Has.
1	Tingo María, Tocache y Huallaga Central	113,000
2	Perene, Satipo y Ene	370,000
3	Río Urubamba	350,000
4	Kcosñipata, Alto Madre de Dios y Manu	220,000
5	Río Apurimac	12,500
6	Río Pachitea	962,000
7	Río Camisea	150,000
8	Margen izquierda del Río Perené	495,300
9	Yurimaguas	560,000
10	Chiriyacu Nieva	460,000
11	Huallaga Central y Bajo Mayo	880,000
12	Alto Mayo	390,000
13	Río Tambo - Granja Pajonal	892,000
14	Villa Rica - Puerto Pachitea	862,650
15	Río Santiago - Morona	737.000
16	Inamborí y Madre de Dios	2'536,000
17	Bagua Jaén - San Ignacio	360,790
18	Zona Iquitos	5'500,000
19	Cenepa	180,000
20	Pucallpa - Río Abujao	900,000
21	Zona Iberia - Iñapari	950,000
22	Esperanza Chandles	970,000
23	Río Breu	730,000
	Total	19,581,240

En ejecución

24	Río Pichis	
25	Río Palcazú	
26	Alto Mayo	
27	Ayalaya	

Figura 1. *Relación de estudios de suelos de la selva amazónica peruana.*

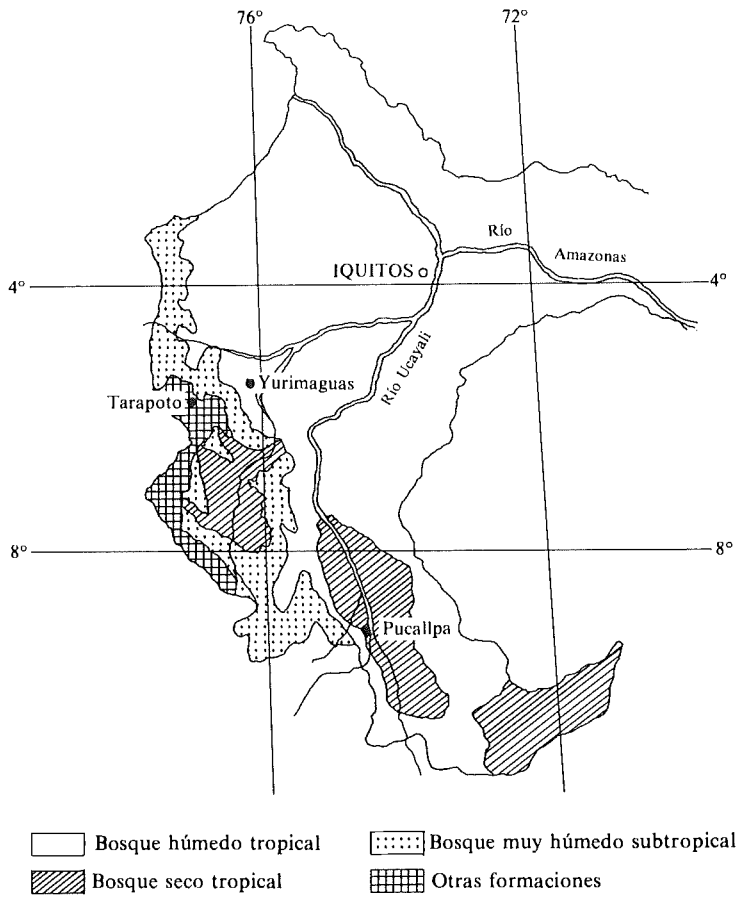


Figura 2. *Localización generalizada de las tres zonas de vida natural más importantes.*

La parte más seca corresponde al Huallaga Central, donde algunas áreas entran en la transición del bosque seco tropical al bosque muy seco tropical.

Clima

Las temperaturas medias del piso tropical son ligeramente superiores a los 24°C y alrededor de 22°C en el piso subtropical. La precipitación supera los 3000 mm/año en el bosque subtropical muy húmedo, mientras que en el húmedo tropical se acerca a 2000 mm/año, y en el seco tropical se sitúa cerca de los 1200 mm/año. En la Figura 3 se aprecian los regímenes

lluviosos para seis localidades de la Selva. La época seca tiene lugar a mediados del año, en los meses de junio, julio y agosto, pero incluso en esta época las lluvias fluctúan entre 20 y 100 mm/mes (CRIA, 1977).

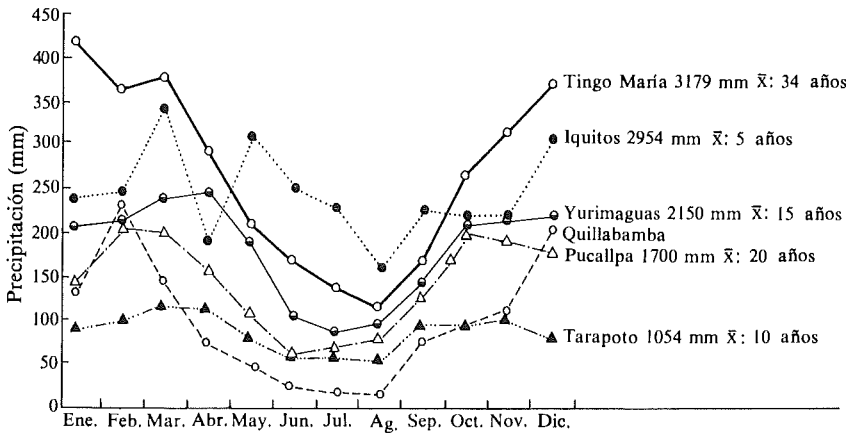


Figura 3. *Regímenes de lluvias en algunas localidades de la región amazónica.*

Recursos hidrobiológicos

En la selva se encuentra gran cantidad de peces, en su mayoría no estudiados.

Recursos forestales

Perú es un país con abundante riqueza forestal. Los diferentes tipos de bosques, asociaciones y tierras para plantaciones ocupan una extensión de 86,7 millones de hectáreas, que representan una cobertura de 67,5 por ciento del territorio nacional. Actualmente existen 28 bosques de libre disponibilidad y cinco bosques nacionales que en conjunto suman 34,2 millones de hectáreas o sea 39,5 por ciento de la cobertura forestal nacional. Los bosques están localizados principalmente en la macro región del Oriente (departamentos de Loreto y San Martín) que tiene 24,3 millones de hectáreas, es decir, 71 por ciento de los bosques productivos (INP, 1979).

Recursos mineros

El oro constituye el principal potencial minero, y se encuentra principalmente en la zona del sureste, Selva Central y Selva Norte.

Vías de comunicación

En cuanto a vías terrestres, existe la denominada "Carretera Marginal de la Selva", que a la fecha no es transitable en varios tramos y que enlazará a Tingo María con Tarapoto. Asimismo, hay una carretera entre esta ciudad y Yurimaguas. Como carreteras de penetración, está la vía que unirá a Tarapoto con la Costa Norte, pasando por Moyobamba-Bagua-Jaén-Olmos-Chiclayo. También hay una carretera que conecta a Pucallpa con Tingo María para salir a Lima por Huánuco, Cerro de Pasco y la Oroya. En el sur se cuenta con las carreteras Cuzco-La Convención, Cuzco-Kcosñipata y Cuzco-Quincemil (Fig. 4).

Los medios de comunicación más importantes en la región amazónica son el aéreo y fluvial. Hay un aeropuerto internacional en Iquitos y de nivel nacional en Tarapoto, Pucallpa y Tingo María; otros importantes son: Rioja, Juanjuí, Yurimaguas y Puerto Maldonado. El transporte fluvial se realiza en todos los ríos, concentrándose en el Amazonas, Ucayali y Marañón. Al puerto fluvial de Iquitos llegan barcos no sólo de Perú sino del resto del mundo.

Consideraciones Generales sobre el Desarrollo de la Amazonía

Esta región ocupa dentro de cada país amazónico una posición diferente cuya prioridad depende de los planes de desarrollo nacional. Los estudios económicos señalan que ésta es precisamente la región de los países amazónicos que presenta los mayores riesgos y las mayores incertidumbres para la inversión de capital. Es necesario entender también a la Amazonia en el contexto de la economía mundial. En este sentido, la demanda de los países desarrollados es un factor determinante. Las posibilidades concretas de satisfacer esta demanda ponen de manifiesto las ventajas comparativas de la región amazónica de unos países en relación con los otros.

El desarrollo económico de la Amazonía se basa usualmente en una sola línea de explotación, ya sea agrícola, pecuaria o forestal. La percepción de uno solo de los variados recursos amazónicos como "el importante" por parte de los grupos de colonos es lo que ha producido el patrón de asentamientos dispersos típico de esta región. Este patrón de asentamiento dificulta la aplicación de medidas tendientes a mejorar la calidad de la vida de la población, mediante servicio de salud, educación, asistencia técnica, etc., lo cual sería factible si se propiciara el establecimiento de centros poblados de un tamaño tal que fuese económica la instalación de los servicios necesarios. Por consiguiente, debe cambiarse la actual base productiva de la Amazonía, a fin de lograr la utilización productiva integral de todas las áreas accesibles desde el centro poblado.

Figura 4. *Vías de comunicación terrestre en la Amazonía.*

La gran variabilidad que presentan los recursos amazónicos en suelos y bosque, dentro de reducidas extensiones, demanda la creación de una tecnología capaz de obtener beneficio de cada uno de ellos, no sólo sin destruirlos sino protegiéndolos e incluso enriqueciéndolos.

Actividades de Producción Actuales

Petróleo

El petróleo constituye la principal fuente energética de la región. Las reservas probadas de petróleo crudo a 1975, se estiman en 549 millones de barriles que representan el 71 por ciento de la producción nacional. En la actualidad la explotación petrolera viene dejando a la región amazónica cuantiosos ingresos.

Siendo la explotación del petróleo una actividad transitoria, dado su carácter de recurso no renovable, y puesto que por su tecnología intensiva crea un volumen insignificante de empleos (tanto más que la mayor parte de la producción será trasladada a la Costa) es imprescindible que la riqueza que genere financie el desarrollo de los recursos renovables de las regiones de Selva y Ceja de Selva, en particular recursos forestales y acuáticos, fuentes permanentes y principales de bienestar.

Bosques

La máxima prioridad en materia de inversiones debe ser el desarrollo del sector forestal en sus fases de extracción y transformación por constituir el recurso renovable principal de la Amazonía peruana y por su mayor rentabilidad en comparación con otras actividades productivas realizables. La integración de actividades permitirá que los rendimientos del desarrollo forestal beneficien a todos los campesinos y que financien en parte actividades menos rentables, como la ganadería y la agricultura.

Agricultura migratoria

El modelo original de agricultura de la Amazonía, con cultivos domesticados localmente (la yuca como principal), es de tipo nómada o migratorio. Este sistema respeta la arquitectura del bosque natural y utiliza cultivos que simulan la mezcla de especies nativas características del bosque tropical húmedo. La limitación fundamental del sistema es que sólo resulta compatible con un patrón de asentamiento muy disperso, motivo que lo hace inapropiado para las exigencias actuales del desarrollo.

Plantaciones

Otro sistema exitoso fue el de las plantaciones de caña de azúcar, caucho, té, cacao, palma africana, plátano, etc., que se desarrolló en los trópicos húmedos de Africa y América, en atención a la demanda de cultivos comerciales por parte de países que no podían producirlos. Estas plantaciones fueron establecidas por empresas extranjeras capaces de realizar fuertes inversiones con el único fin de elevar al máximo ganancias en su propio beneficio.

Desde el punto de vista agrícola, las plantaciones fueron un exitoso sistema de monocultivo permanente. Desde el punto de vista social, eran indeseables por las condiciones de explotación que impusieron al trabajador. Desde el punto de vista del país sede, estas inversiones extranjeras cuyos beneficios retornaban al exterior no eran convenientes. Desafortunadamente las grandes inversiones iniciales que exigen hacían muy difícil crear las condiciones sociales apropiadas para el desarrollo nacional en los países de la región amazónica. En el caso de inversiones privadas habría que revisar las condiciones de trabajo para que los intereses de los inversionistas sean compatibles con los del país sede.

El objetivo de desarrollo de la Amazonia es aumentar la producción y perfeccionar la estructura productiva de la región dando prioridad a la satisfaccíon de las necesidades básicas de la población y al incremento de la producción de bienes de alto valor. Con base en la situación actual del país, en las características de la región amazónica, así como en el objetivo básico para el desarrollo de la Amazonía, es posible establecer algunas políticas que se concentren en el ordenamiento y aprovechamiento racional de los recursos regionales.

Políticas Generales

Reordenamiento del espacio rural

Deberá procederse al reagrupamiento de los pobladores rurales dispersos a lo largo de los ríos y de las carreteras, de tal modo que puedan constituirse centros poblados suficientemente importantes para justificar la instalación de servicios mínimos de salud, vivienda, educación, transporte y comunicaciones.

Cada centro rural deberá ser suficientemente extenso y productivo para sostener una actividad económica que garantice un nivel de vida adecuado para sus habitantes.

En donde sea posible debe combinarse la implantación de nuevos asentamientos rurales con los ya existentes o con centros urbanos, con el fin de aprovechar al máximo la infraestructura.

No se deben abrir nuevas vías de penetración hasta no haber reordenado la ocupación del territorio y aportado solución a los problemas de los actuales habitantes de las regiones.

Asentamientos rurales

El desarrollo de la Amazonía debe basarse en el establecimiento de unidades socioeconómicas denominadas asentamientos rurales que se definirán por el carácter integral o integrado de sus sistemas de producción, tendientes a elevar al máximo la rentabilidad social, económica y ecológica.

Los asentamientos rurales contemplarán el aprovechamiento racional de los siguientes recursos: suelos de aptitud agropecuaria (agricultura anual, perenne y ganadería); suelos de aptitud forestal (reforestación); bosques (madera y productos forestales no maderables); fauna silvestre (caza y turismo); recursos hidrobiológicos (pesca y piscicultura); y paisajes naturales (turismo).

Como medida general, deberá mantenerse la cobertura forestal original o modificada en por lo menos el 30 por ciento de la superficie sometida a usos económicos diferentes al forestal, en particular en las riberas de ríos y quebradas, en las laderas y en las partes altas.

Las tierras de aptitud forestal deben ser cedidas para su explotación mediante contratos de reforestación, si están sin bosques o con bosques degradados, o mediante contratos de extracción forestal, si poseen bosques maduros aprovechables.

En los asentamientos rurales de pequeños agricultores, deberán evitarse las parcelaciones individuales y optar por la organización social de la producción bajo formas empresariales asociativas o de propiedad social, que puedan competir eficientemente con asentamientos rurales constituídos por medianos y grandes agricultores de la empresa privada.

En los asentamientos rurales, se integrarán las actividades de producción agropecuaria y/o de producción o extracción pesquera, forestal y de fauna silvestre, con la industrialización cuando menos a nivel de transformación primaria.

Debe postergarse para etapas avanzadas del desarrollo rural de la Amazonía el hasta hoy concepto predominante de que dicha región puede convertirse en exportadora de alimentos para el resto del país. La Amazonía peruana puede, sin embargo, producir alimentos de autoconsumo para poblaciones superiores a las que hoy tiene, y podría abastecer a los habitantes andinos dedicados a actividades forestales y a industrias derivadas.

Es indispensable evitar asentamientos dispersos y controlar la colonización espontánea, específicamente a lo largo de las carreteras, por medio de la coordinación entre organismos públicos correspondientes, la organización y capacitación de los campesinos y el control ejercido por la Policía Forestal.

Políticas agrícolas

Los siguientes usos de la tierra deben recibir prioridad: a) Rotaciones agro-forestales (sistema taungya; cultivos perennes con plantíos forestales; ciclos cortos agrícolas con regeneración forestal natural; fajas alternadas agrícolas y forestales, etc.); b) Rotaciones pecuario-forestales (plantíos forestales en pastizales; sombrío y cortinas forestales en pastizales. c) Regeneración forestal natural en pastizales. d) Rotaciones agropecuarias forestales. La Figura 5 muestra las localidades de los centros de investigación agrícola y de las estaciones y subestaciones experimentales en Perú en 1979.

La horticultura debe impulsarse. Actualmente es casi inexistente y, sin embargo, puede proporcionar altísimos rendimientos en suelos aluviales. Debe contemplarse el establecimiento de huertos en las viviendas para el abastecimiento familiar.

La intensificación de la agricultura en barreales (suelos hidromórficos aluviales) para cultivo intensivo de granos, mediante obras para controlar la sedimentación y las inundaciones, es una labor importante.

Es necesario estimular la porcicultura (con base en yuca), la cría de aves de corral y de búfalos.

Se debe evitar el desmonte mecanizado por su efecto perjudicial en la producción, en comparación con el método tradicional de desmonte.

Es importante aplicar métodos más racionales de pastoreo a la ganadería extensiva, que incluyan el uso de rotaciones, el consumo del follaje y las nuevas técnicas de hidrólisis de la madera para la alimentación del ganado.

Figura 5. *Localización de los centros de investigación agropecuaria y de las estaciones y subestaciones experimentales en Perú en 1979.*

El cultivo de la coca debe erradicarse definitivamente por sus repercusiones en la erosión de los suelos y en la salud pública. Sólo determinados asentamientos rurales podrán dedicarse a este cultivo bajo estricto control gubernamental.

Aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos, forestales, y de la fauna silvestre

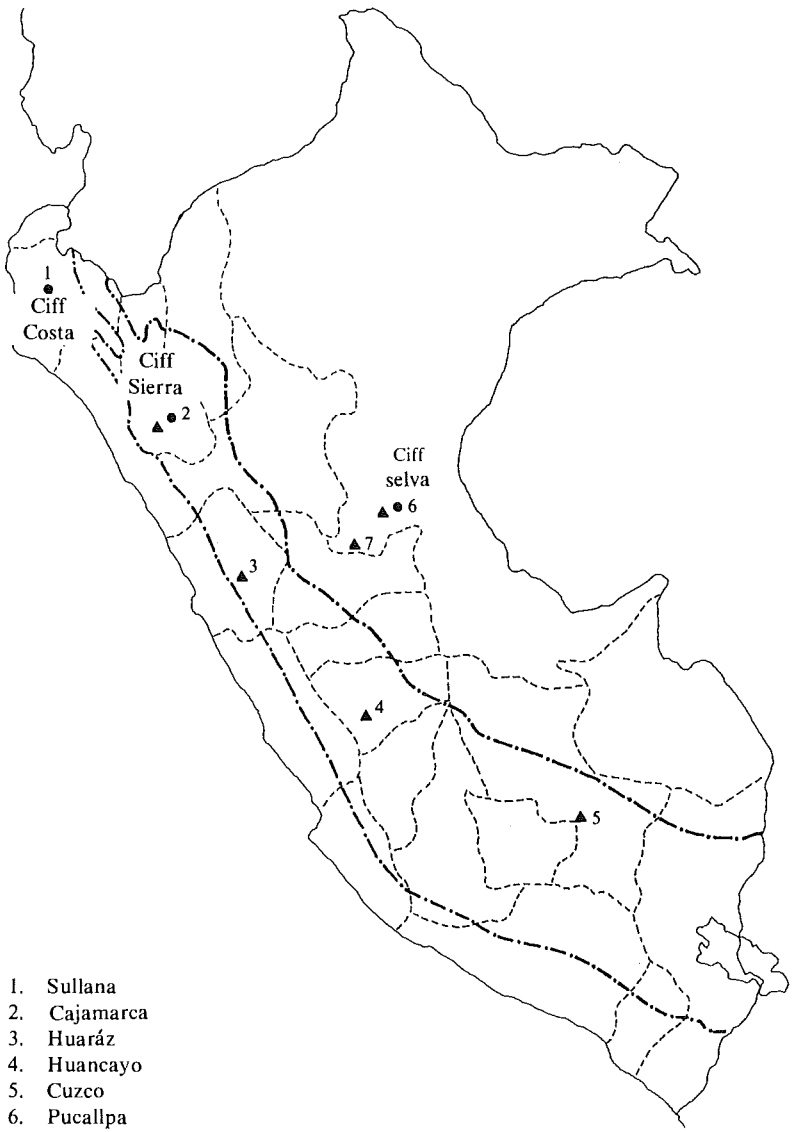
Las empresas de propiedad social, el estado y las empresas privadas deben desarrollar proyectos de utilización de bosques naturales que integran las fases extractivas industrial y comercial, con aprovechamiento del mayor número de especies.

El manejo de los bosques naturales debe ser tal que sin alterar drásticamente los ecosistemas primitivos se asegure un aumento sustancial de la productividad del área. Esto se puede lograr aplicando una combinación de sistemas de regeneración artificial en plantaciones puras o mixtas, estimulando la regeneración natural y protegiendo los bosques existentes.

Para garantizar la protección de los bosques deben crearse Unidades de Conservación (parques nacionales y reservas nacionales, principalmente) en un 20 por ciento de la superficie de la Selva Alta y Baja que serán, por otra parte, la base del desarrollo turístico y recreativo. La política forestal, orientada al cumplimiento de la legislación sobre todos los recursos naturales renovables y no sólo a la relacionada con los bosques y fauna silvestre, debe ser implantada a toda la región amazónica. La Figura 6 muestra la ubicación de los centros de investigación forestal y fáunica y estaciones experimentales forestales en Perú en 1980.

El estado no debe explotar directamente más del 20 por ciento de los bosques en producción de la Amazonía, a fin de asegurar la participación en el proceso productivo de las empresas de propiedad social y de otras modalidades asociativas y privadas.

Las zonas de la Ceja de Selva, que han sido arrasadas por la agricultura migratoria, deberán ser recuperadas mediante su clasificación por capacidad de uso principal, identificación de áreas prioritarias y la ejecución ordenada de programas de conservación de suelos, reforestación, exclusión o estricto control de la ganadería y agricultura y corrección de torrentes, propiciando así una abundante generación de empleos. Esto es indispensable para dar uso económico a dichas tierras y además evitar la erosión que atenta contra la navegación fluvial y el potencial hidroenergético, y ocasiona deslizamientos de tierra e inundaciones.



1. Sullana
2. Cajamarca
3. Huaráz
4. Huancayo
5. Cuzco
6. Pucallpa
7. Bosque Nacional Alexander von Humboldt

● Centro de Investigación Forestal y de Fauna
▲ Estaciones Experimentales Forestales
—·— Límites Ciff

Figura 6. *Ubicación de centros de investigación forestal y de fauna y de las estaciones experimentales forestales en Perú en 1980.*

La piscicultura, así como la crianza de ronsocos, cocodrilos y monos, entre otras especies, deben ser estimuladas. Además debe establecerse un mecanismo de manejo extensivo de la fauna silvestre y acuática, que gradualmente puede ser transformado en intensivo.

Es necesario promover el proyecto de utilización del aguaje e investigar la factibilidad de aprovechar otras palmeras y latifoliadas como proveedoras de grasas de origen vegetal y otros productos.

Política social

Los territorios de las comunidades nativas deberán ser suficientemente amplios para que sus integrantes puedan vivir en ellos con dignidad y, por lo menos inicialmente, de acuerdo a sus ritos ancestrales. Dichos territorios pueden ser, en parte, bosques de protección en los que sólo pueden practicarse la caza, la recolección de frutas y otros productos comestibles del bosque o la extracción de productos forestales diferentes de la madera. El resto del territorio debe estar constituido por suelos de aptitud agropecuaria y forestal.

No debe estimularse el traslado de poblaciones compesinas de la Sierra hacia la Ceja de Selva o la Selva Baja hasta no haber resuelto definitivamente la situación de los pobladores que ya ocupan dichas regiones y haber identificado la existencia de suelos de aptitud agropecuaria en la extensión requerida.

La Investigación Científica en la Amazonía

La investigación científica en la Amazonía debe tener como meta mejorar la calidad de vida de la población local a la cual debe asegurar una alimentación adecuada, buenos servicios de salud, educación, etc. Además debe tender a cerrar la brecha entre el potencial de inversión que ofrece esta región y las posibilidades reales de inversión que son restringidas por los riesgos y las incertidumbres. Dos programas de investigación merecen mención especial:

El Proyecto de Colonización Integral SAIS Pampa se inició en 1974 en Pucallpa con el fin de diseñar concretamente la estructura técnica de producción de un sistema de uso integral e intensivo en la Amazonía. Se proponía el logro simultáneo de: 1) El estricto mantenimiento del equilibrio ecológico; 2) un gran número de lugares de trabajo estables por unidades de capital invertido; 3) un nivel de vida de los colonos claramente superior, incluyendo salud, vivienda, asistencia social, educación, etc.; 4) el

asentamiento permanente de los colonos; 5) una diversificación de la producción que garantizara la supervivencia de las unidades económicas; 6) una productividad económica razonable, que permitiera el "autodesarrollo" de la colonización; 7) el incremento significativo de la producción de alimentos, madera, etc.; y 8) ser un modelo fácilmente imitable (Maas, 1974).

En el aspecto agronómico se están realizando investigaciones de manejo de suelos tropicales en la Selva Baja en Yurimaguas desde 1972, con el fin de poderlos cultivar en forma continua y económica. Para satisfacer este propósito, los trabajos de campo constan de un experimento central denominado "Sistema de Cultivo Continuo" y una serie de experimentos complementarios diseñados para obtener respuestas a preguntas más específicas, tales como dosis óptimas de fertilizantes (Sánchez *et al.*, 1974). Esta investigación se discute en el trabajo de Valverde y Bandy en este libro.

Planes de Desarrollo

Los planes de desarrollo para la Amazonía peruana se realizan mediante los proyectos de Asentamiento Rural, llevados a cabo por el estado en diferentes puntos de la Selva, tal como puede observarse en la Figura 7. Hasta la fecha se han iniciado 12 Proyectos de Asentamiento Rural, los cuales se resumen a continuación.

1. **El Desarrollo Agropecuario Jaén-San Ignacio,** iniciado en 1971, tenía por objeto el incremento de la frontera agrícola con la incorporación de 400,000 ha y el asentamiento rural de 17,000 familias campesinas. Hasta 1979 había logrado la incorporación de 16,000 ha y el asentamiento de 2400 familias; estudios aerofotográficos de 370,000 ha; estudios de suelos en 40,000 ha; la conclusión del estudio socioeconómico y del inventario forestal; la regularización de la tenencia de la tierra en 48,000 ha para 2700 familias; la asistencia a la producción en 100,000 ha; el apoyo a la gestión empresarial de 36 empresas; la clasificación de suelos en 245,000 ha; y la construcción de 3864 m^2 para oficinas y corrales.

2. **El Asentamiento Rural Alto Marañón** buscaba el desarrollo integral de 2'000,000 ha, el asentamiento de 3000 familias y la titulación de 100 comunidades nativas. En 1979, año en que se inició, efectuó el estudio preliminar del proyecto; el desarrollo integral en 518,000 ha con el asentamiento de 842 familias beneficidas; la titulación de 79 comunidades nativas; el levantamiento catastral y clasificación de tierras en 434,794 ha; el apoyo a 85 organizaciones campesinas; 1510 km^2 de infraestructura y 14 km de vías.

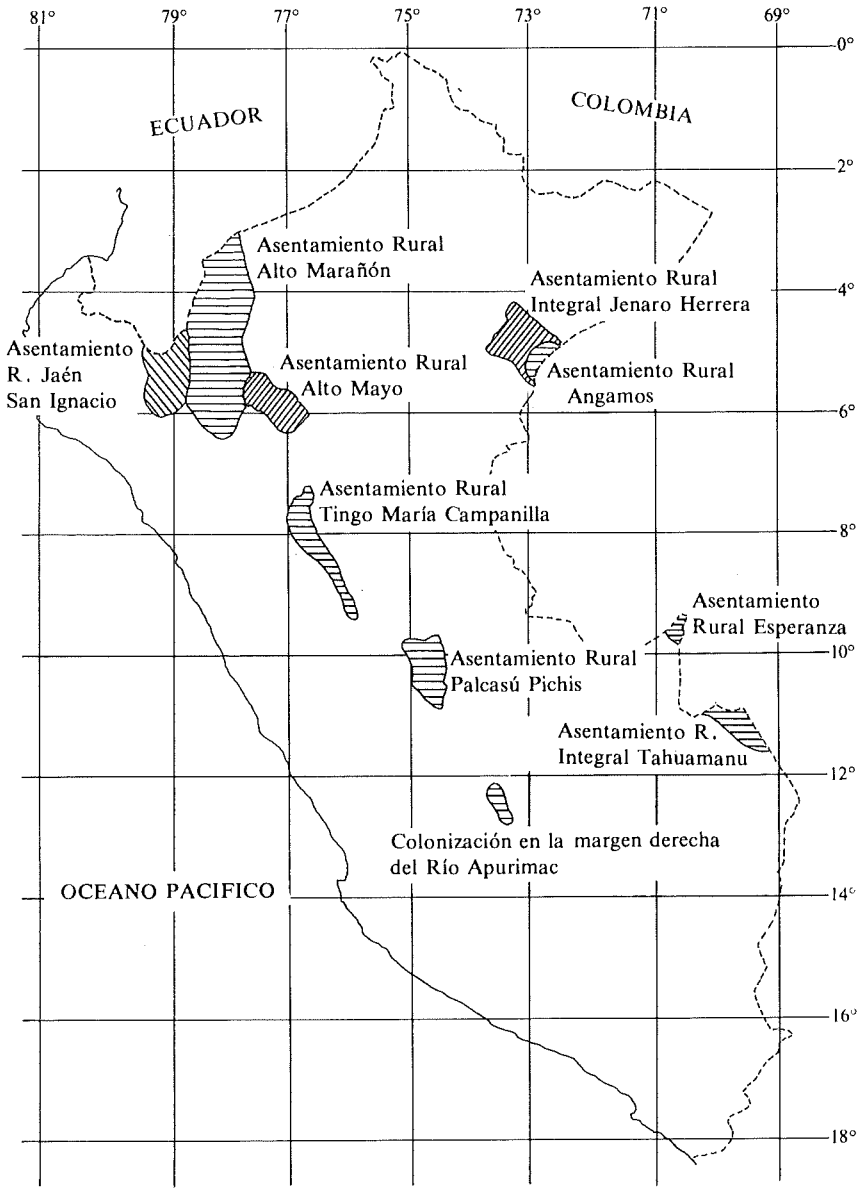


Figura 7. *Ubicación de los asentamientos rurales en la Amazonía peruana.*

3. **El Asentamiento Rural Alto Mayo** tenía como objetivos la planificación del desarrollo agropecuario, el asentamiento y reasentamiento rural de 7000 familias campesinas, y la consolidación de 100 comunidades nativas en 662,000 ha aproximadamente. Fue iniciado en 1978 y para 1979 había llevado a cabo estudios fotográficos; el levantamiento catastral de 245,000 ha; la clasificación de tierras en 2850 ha; el reordenamiento rural de 664 familias en 8000 ha; el asentamiento rural de 71 familias en 930 ha; la conclusión del estudio preliminar del proyecto; y el centro de servicios Nuevo Cajamarca (600 m^2).

4. **El Asentamiento Rural Huallaga Central y Bajo Mayo** buscaba desarrollar el potencial agropecuario en 150,000 ha y regular la tenencia de la tierra de 15,000 familias. Durante 1979, año en que se estableció, inició los trabajos de topografía, construyó un centro de maquinaria agrícola, y comenzó la construcción de un centro de recolección y comercialización.

5. **El Asentamiento Rural Tingo María-Campanilla** se estableció en 1961 a fin de lograr el asentamiento de 4680 familias campesinas en 130,000 ha. Hasta 1979 había conseguido dicho asentamiento; terminado el estudio agrológico y de infraestructura, dos obras de infraestructura, 545 km de caminos, y sus edificaciones; mantenido 275 km de caminos; reparado y renovado 35 servicios higiénicos y 2136 m de red de agua; y construido 845 m de muro perimetral.

6. **Asentamiento Rural Palcazu-Pichis.** Se estableció en 1969 con el objeto de desarrollar integralmente 963,510 ha y asentar 1441 familias campesinas. Hasta 1979 se había logrado el desarrollo integral en 25,000 ha; la conclusión del estudio de factibilidad; la titulación de 11 comunidades nativas que comprenden 377 familias en 31,565 ha; la adjudicación individual de 4590 ha a 55 familias; el levantamiento catastral de 2000 ha; la conclusión de la investigación y estudios básicos; la obtención de 140 cabezas de vientres y reproductores; el mantenimiento de 60 ha de pastos; la producción de 4000 estacas para la siembra; la creación de seis huertas hortícolas; y el desmonte y establecimiento de pastos y cultivos en 111 ha.

7. **Colonización en la Margen Derecha del Río Apurimac.** Se creó en 1963 con el objeto de incorporar 18,424 ha a la agricultura planificada, y lograr el asentamiento rural de 635 familias campesinas. Hasta 1979 se habían adjudicado 8248 ha a 259 familias campesinas.

8. **Asentamiento Rural Integral en Tahuamanu.** Se inició en 1975 para establecer en una primera etapa 50 familias campesinas en áreas localizadas dentro de un ámbito de 315,000 ha. Hasta 1979, se había preparado un estudio de prefactibilidad en el ámbito de influencia de Iberia e Iñapari, y se había completado el 78 por ciento de las obras de oficinas y viviendas para el personal técnico, administrativo y auxiliar en Iberia.

9. **Asentamiento Rural Integral en Jenaro Herrera.** Este proyecto se discute en detalle en el trabajo de López Parodi, en este volumen.

10. **Proyecto de Asentamiento Rural Cantagallo.** Se creó en 1975 con los siguientes objetivos: efectuar el inventario forestal detallado sobre una superficie de 10,000 ha (escala: 1/25,000); el estudio de suelos sobre un área de 10,000 ha; el levantamiento aerofotográfico sobre una superficie de 100,000 ha (escala: 1/25,000); y el diagnóstico socioeconómico del área del proyecto. Hasta 1979 se había avanzado en los trabajos de la granja experimental, y ya se disponía de 46 ha dedicadas al cultivo de pastos y productos agrícolas.

11. **Asentamiento Rural Esperanza.** Fue creado en 1975 a fin de lograr el asentamiento de 150 familias e incorporar 2800 ha de tierras productivas. Hasta 1979 se habían terminado las instalaciones para su propio personal; se habían desmontado 53 ha y sembrado pastos y productos básicos en 43 ha; y se había adecuado el campo de aterrizaje para permitir la entrada de aviones de gran capacidad de carga.

12. **Proyecto de Asentamiento Rural Angamos.** La meta de este proyecto iniciado en 1975 era la incorporación a la agricultura de 35,000 ha y el asentamiento de 200 familias campesinas. Hasta 1979 se habían terminado 21 km de la carretera Angamos-Jenaro Herrera; la limpieza y conservación de la carretera al campo de aterrizaje (5 km); la construcción del campamento; la instalación de granjas de aves y porcinos; y el establecimiento de una granja experimental, con más de 20 ha de pastos y 16 ha de cultivos diversos.

Bibliografía

Centro Regional de Investigación Agraria. 1977. **Producción e investigación agraria en la Amazonía Peruana.** Dirección General de Investigación, CRIA III, Perú. pp. 15-19.

Instituto Nacional de Investigación Agraria, CIAG-SUR. 1978. **Producción y prioridades de la investigación en el sur del Perú.** INIA, Lima, Perú. 23p.

Instituto Nacional de Planificación. 1979. **Plan Nacional de desarrollo a largo plazo 1978-90. Plan Global.** INIA, Lima, Perú. pp. 19, 23, 25, 156, 163. (Documento de trabajo.)

_____. 1963-1970. **Atlas histórico-geográfico y de paisajes peruanos.** pp.22, 141-142, 178.

Maas, A. 1974. **Colonización Integral - Modelo de nuevo tipo de colonización incluyendo varios sistemas de uso de la tierra.** Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Ministerio de Agricultura - ILCA, Lima, Perú. Informes de Conferencias. Cursos y Reuniones No. 41. p.II-11.

Ministerio de Agricultura y Alimentación. 1980. **Asentamientos rurales en la Amazonia peruana.** Dirección General de Reforma Agraria y Asentamiento Rural. (Documento interno), (inédito).

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1980. **Estudio de suelos en la selva peruana.** (Documento interno, inédito).

Sánchez, P.A.; Tyler, E.J.; Seubert, C.E.; Valverde, C.; López, C.E.; Wade, M.K.; Nureña, M.A. 1974. **Investigaciones en el manejo de suelos tropicales en la selva baja del Perú.** Primer Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Lima, Perú pp. 1-37.

Universidad Nacional Agraria, La Molina. 1973. **Forum sobre desarrollo de la selva peruana.** 143 p.

Una Experiencia Peruana para el Desarrollo de su Amazonía: el Organismo Regional de Desarrollo de Loreto y el Proyecto Jenaro Herrera

José Lopez Parodi*

Introducción

La creación del Organismo Regional de Desarrollo de Loreto (ORDELORETO) responde a la política de descentralización y desconcentración del Gobierno peruano, con el fin de favorecer el desarrollo integral regional de la Amazonía peruana.

El ORDELORETO fue el primer Organismo de Desarrollo Regional creado como tal en Perú, el 16 de agosto de 1977, y entró en funcionamiento el 1o. de octubre del mismo año. Se define como el "ente rector del desarrollo regional y máximo organismo de coordinación multisectorial en la región" según la ley para su creación.

El ORDELORETO tiene un jefe con rango de ministro de Estado y cobija a todas las Direcciones Regionales Sectoriales que antes dependían de los ministerios con sede en Lima. Su organización estructural es muy semejante a la de un ministerio, esto es, tiene un órgano máximo de dirección conformado por la Jefatura y la Dirección Técnica Ejecutiva; un órgano de control, la Inspección General; organos de apoyo como son Administración, Personal y Comunicaciones; órganos de asesoramiento como son la Oficina Regional de Planificación y la Oficina de Asesoría Legal; y finalmente tiene órganos de línea o de ejecución sectorial conformados por las Direcciones Regionales de Agricultura, Pesquería, Industria y Comercio, Energía y Minas, Transportes y Comunicaciones, Vivienda y Construcción, Educación, Salud, Trabajo y Contribuciones.

El ORDELORETO tiene bajo su responsabilidad el desarrollo del departamento de Loreto y de los distritos de Honoria y Puerto Inca

* Jefe de Proyecto, COTESU "Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera", Río Ucayali, Perú. Director técnico ejecutivo de ORDELORETO del 1o. de marzo, 1978, hasta 31 de marzo, 1980.

pertenecientes a la provincia de Pachitea del departamento de Huánuco (Fig. 1). Esto significa unos 47 millones de hectáreas (aproximadamente 37 por ciento del territorio nacional y un 60 por ciento de la Amazonía peruana) localizadas en el llano amazónico o Selva Baja. El resto está a cargo de otros organismos regionales de desarrollo recientemente creados.

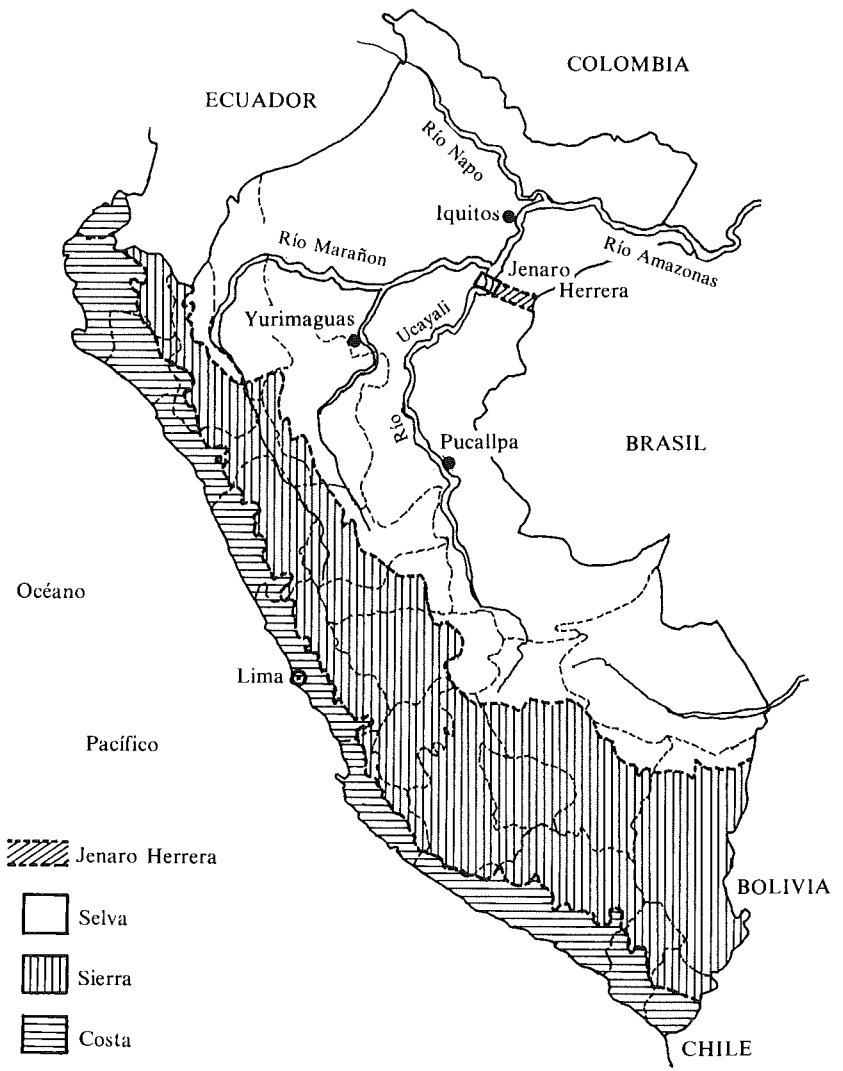


Figura 1. *Regiones naturales del Perú y fronteras del Proyecto* Jenaro Herrera

En este territorio hay unos 620,000 habitantes de los cuales el 50 por ciento vive en el área rural, a lo largo de las riberas de los principales ríos de la región. Es importante mencionar que la población rural está constituida por mestizos (+ 75 por ciento) e indígenas (+ 25 por ciento) pertenecientes a 51 grupos etno-lingüísticos, que constituyen un invalorable componente del rico y variado patrimonio cutural peruano.

División Territorial para la Administración del Desarrollo

Para no trasladar el centralismo de Lima a Iquitos, capital de la región, el ORDELORETO en sus dos años de experiencia ha dividido la región en territorios administrativos con el fin de descentralizar y desconcentrar internamente las acciones de desarrollo integral. Estos territorios responden a cinco niveles de organización administrativa, como sigue:

A. Nivel Regional: ambito del ORDELORETO

B. Nivel Zonal: tres territorios

   -Provincias de Requena, Loreto, Maynas, Ramón Castilla y Distrito del Putumayo, con sede en Iquitos

   -Provincias de Coronel Portillo y Ucayali, con sede en Pucallpa

   -Provincia de Alto Amazonas con sede en Yurimaguas

C. Nivel Sub-Zonal: once territorios

D. Nivel Núcleo de Desarrollo: ± 60 núcleos

E. Nivel Centro de Desarrollo: centros poblados.

La implantación de estos niveles de organización territorial está a cargo del Nivel Zonal. Cada zona cuenta con su propio presupuesto y recursos humanos, y tiene bajo su responsabilidad a las Direcciones Zonales Sectoriales, como son Agricultura, Salud, Educación, Vivienda, Transportes, etc. Actualmente se están implantando los Comités Sub-Zonales de Desarrollo, los cuales pertenecen a las Zonas de Desarrollo.

Se ha propuesto que el nivel Núcleo de Desarrollo sea la unidad territorial y administrativa mínima que permita una acción ágil de la administración y supervisión real en términos de extensión territorial. Asímismo el núcleo debe permitir, por su tamaño, la realización de estudios básicos de diagnóstico de los factores físicos, biológicos, sociales y

económicos, los cuales constituyen la base fundamental para definir alternativas de desarrollo del área del núcleo. El núcleo está constituído por los Centros de Desarrollo, que son en realidad los centros poblados existentes dentro de su área y que pueden crear un sistema de producción y comercio local con base en el uso de los recursos naturales disponibles en el área. Se parte de la premisa de que el desarrollo es bienestar para la población y bienestar significa que las necesidades básicas de alimentación, vivienda, vestido, educación, salud y recreación de todos los habitantes sean satisfechos. Significa también que la población aumente su nivel de ingreso y familiar que le permita tener acceso a una serie de comodidades que mejoren la calidad de vida.

Para lograr ésto se debe producir más y mejor lo cual implica conocer la base física y natural de la producción: clima, suelos, bosques, aguas, fauna. Se deben conocer también las tecnologías actualmente usadas y cómo se pueden mejorar, si acaso lo necesitan. Es necesario saber qué piensa el HOMBRE (en su sentido amplio) y cómo puede participar. En este sentido el desarrollo debe ser producto del esfuerzo conjunto de instituciones públicas y privadas y de la población misma. Es evidente que un factor muy importante es el recurso económico y las fuentes de financiamiento.

Ahora bien ¿cómo llevar a la práctica este esquema idealizado? La respuesta es probando en un área definida y bien conocida qué podemos hacer para volver realidad estos planteamientos. Es indudable que se requiere investigación, pero el desarrollo debe ir a la par; o sea que debemos buscar prioridades de investigación y desarrollo.

Esta primera experiencia se está llevando a cabo en el ORDELORETO, tomando como punto de partida la existencia de un Proyecto de Asentamiento Rural Integral en la localidad de Jenaro Herrera (PARI Jenaro Herrera).

El Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera

Características generales

Jenaro Herrera está localizado en la márgen derecha del río Ucayali a unos 150 km al sur de Iquitos. El clima es típico tropical húmedo: 3000 mm anuales de precipitación y 26°C de temperatura promedio anual. Los suelos son predominantemente ultisoles (en zonas de altura o tierra firme) de topografía ondulada suave. Hay también entisoles en las islas, playas y barreales (vega ribereña periódicamente inundada) en la zona ribereña. Se pueden encontrar también espodosoles (suelos arenosos con un 99 por

ciento de arenas solicicas) y gleysoles en zonas pantanosas (aguajales). La vegetación es bosque húmedo tropical en su gran extensión, aunque hay bosques homogéneos de *Mauritia flexuosa* (aguaje). Las aguas están conformadas por un gran río de agua "blanca"* (Ucayali), ríos y quebradas de aguas "negras" y lagos meándricos que reciben la influencia de aguas "blancas" y "negras". La fauna terrestre y acuática es típica de bosque tropical húmedo, aunque superexplotada. El ámbito del Proyecto comprende inicialmente unas 250,000 ha con proyecciones a 450,000.

El proyecto Jenaro Herrera es un Proyecto de Inversión del ORDELORETO y se ejecuta a través de la Dirección Regional de Agricultura con la cooperación técnica del gobierno suizo. Al convertirse en centro de operaciones del Núcleo de Desarrollo Piloto, incluye además 12 centros poblados (caseríos) distribuidos en ambas riberas del Río Ucayali, con una población total superior a 5000 habitantes.

Líneas de acción en el Núcleo

Agricultura. En los barreales se cultiva arroz, maní, fríjol, urena (fibra), calabaza, melón, sandía. En zonas altas (tierra firme) se mantienen parcelas de yuca y plátano, principalmente, aunque hay 3.5 ha de cultivos asociados y agroforestales de dos años de edad, en forma experimental. Los cultivos locales son la sachapapa (*Dioscorea* sp.) y el dale-dale (*Calathea* sp.) asociados con piña, yuca, plátano, café, arroz, guaba (*Inga* sp.) y como especies forestales el tornillo (*Cedrelinga cataeneformis*) y la lupuna (*Chorizia* sp.).

Ganadería. Se crían vacunos de doble propósito (leche y carne) de las razas Pardo Suizo, Cebú y Criollo. Los pastos son *Brachiaria decumbens, Axonopus scoparius* (maicillo) y *Pueraria phaseoloides* (kudzú). Hace poco tiempo se introdujeron búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) con muy buenos resultados.

Hay una granja de porcinos Landrace, Yorkshire y criollos, con unos 350 animales. Los caballos (unos 80) son de la Selva Alta Norte(San Martín) y se mantienen en muy buen estado.

Bosques. El bosque natural se aprovecha y reforesta o se maneja la regeneración natural. Hay ensayos de enriquecimiento por fajas y plantaciones a campo abierto de tornillo (*Cedrelinga* sp.), lupuna (*Chorizia* sp.), azucarhuayo (*Hymenaea palustris*) y otras dos especies. Se está comenzando a trabajar con palmas.

* Los ríos de aguas "blancas" y "negras" están ampliamente descritos en los trabajos de Serrão y Toledo, y Schubart y Salati en este libro. (Nota del editor.)

Pesquería. Se hace extracción pesquera de los lagos aledaños. Se está creando una reserva comunal pesquera para aplicar manejo nacional a este recurso. Se tienen granjas con boquichico (*Prochylodus* sp.) paco y gamitana. Un estanque está asociado con las porquerizas y los otros dos sirven de abrevaderos para el ganado vacuno.

Fauna terrestre. Se han hecho evaluaciones de la fauna silvestre local y se están criando en cautiverio el ronsoco (*Hydrochaeria hydrocoerus*) y el sajino (*Tayassu tajam*).

Promoción comunal. Se han formado promotores de educación para la campaña contra el analfabetismo y para respaldar las escuelas rurales. En el campo de la salud, hay un puesto de salud y 12 promotores encargados de la labor preventiva (vacunaciones y charlas) y primeros auxilios. El pueblo de Jenaro Herrera está organizado en una Asociación para el Desarrollo y cuenta con una embarcación a motor de 60 toneladas métricas que hace la ruta Jerano Herrera-Iquitos dos veces por semana y una farmacia que vende medicinas a precios oficiales.

Vivienda. Se tiene un Plan de Expansión Urbana para el pueblo de Jenaro Herrera. Se están terminando el reservorio elevado y la planta de agua potable así como las conexiones domiciliarias. Está en marcha un proyecto de investigación y desarrollo de la construcción rural en la selva, con énfasis en el uso de materiales regionales y en tecnología accesible al poblador rural.

Transporte. Hay 15 km construidos de una carretera hacia el río Yavari que permite el aprovechamiento forestal y el asentamiento de colonos. Se están realizando pruebas con un vehículo de transporte no convencional (Tortoise-Seiga) para buscar otras alternativas al camión.

Plan de Desarrollo a Mediano Plazo para el Núcleo de Desarrollo Jenaro Herrera

La finalidad del Núcleo Piloto de Desarrollo de Jenaro Herrera es: "Propiciar el desarrollo rural integral que permita elevar los niveles socio-económicos y culturales en la zona del Núcleo, a través del aprovechamiento óptimo, socio-económica y ecológicamente razonable, de todos los recursos naturales, mediante esfuerzos coordinados de todos los sectores relacionados o por relacionarse, bajo principios de amplia cogestión."

El carácter piloto del Núcleo se explica por la innovación que representa el esfuerzo de desarrollo integral y coordinado de una microzona de la Selva Baja y la función de modelo que podrá eventualmente adquirir.

Los objetivos principales de desarrollo a mediano plazo (5 años) del Núcleo Piloto son los siguientes:

A. Aspectos político-organizativos:

- Obtener la declaración de Jenaro Herrera y su ámbito de influencia (Santa Rosa-Carahuayte-Bagazán) como distrito;
- establecer en el mismo ámbito del distrito el Núcleo Piloto de Desarrollo de Jenaro Herrera, con todos los organismos necesarios para su funcionamiento;
- Asegurar la auto-organización de todos los pueblos del Núcleo para lograr su participación en la realización del Plan a Mediano Plazo del Núcleo.

B. Infraestructura básica:

- Asegurar una cobertura adecuada de servicios de salud en todas las comunicades del Núcleo;
- garantizar la erradicación del analfabetismo y una cobertura completa de servicios de educación y capacitación para todos los niveles de formación y todas las edades;
- asegurar que cada familia en el Núcleo tenga una vivienda techada con dormitorio de cuatro paredes y piso de madera;
- garantizar que todas las comunidades con estructura urbana adecuada sean abastecidas con energía eléctrica.

C. Producción primaria:

- Asegurar a nivel de comunidades una producción integral, tanto agropecuaria como fáunica y pesquera, que permita garantizar a todas las familias una dieta balanceada durante todo el año;
- fomentar la producción de excedentes alimentarios a medida que se vaya logrando la satisfacción de las necesidades mínimas arriba citadas;
- asegurar a nivel de comunidades un manejo ecológicamente razonable del recurso forestal que se asignará a cada comunidad, que permita financiar las necesidades de infraestructura y de reforestación;
- asegurar la infraestructura necesaria de almacenamiento, transporte y comercialización que permita cumplir con los objetivos arriba citados de la producción alimentaria.

D. Transformación de la producción primaria:

- Fomentar la transformación del excedente de la producción primaria por medio de la tecnología adecuada a fin de aumentar los ingresos;

- fomentar la comercialización de los productos transformados.

E. Investigación:

- Fomentar la investigación básica y aplicada de los recursos naturales de la zona y de su aprovechamiento mediante tecnología adecuada.

F. Evaluación:

- Evaluar continuamente los resultados obtenidos para asegurar el cumplimiento del Plan de Desarrollo.

G. Divulgación:

- Divulgar continuamente los resultados para aumentar permanentemente el número de beneficiados.

Conclusión

La experiencia del Núcleo de Desarrollo de Jenaro Herrera es novedosa para la región amazónica peruana, en cuanto reune una serie de conocimientos y experiencias. acumuladas en diferentes disciplinas, lugares e instituciones del país y del extranjero. No hay una fórmula definida para lograrlo, pero es un hecho que la investigación debe ir de la mano con el desarrollo. La cooperación es bienvenida y la participación de la población es necesaria, porque el bienestar es un fin común y cada uno es responsable no sólo de preservar lo que existe sino de aumentarlo para las generaciones venideras.

El Desarrollo Agrícola en la Región Amazónica Venezolana

Sergio Benacchio*

Introducción

Venezuela está situada entre los paralelos 0°40' y 12°28' de latitud norte, y a pesar de ser un país netamente tropical, dentro de su territorio se encuentran 22 zonas de vida con características ambientales que van desde las de los ecosistemas típicos de la faja ecuatorial hasta las de las latitudes más elevadas. En términos generales, las áreas al norte del río Orinoco son más secas, y las localidades al sur siempre son más húmedas al acercarse al Ecuador. Por razones socioeconómicas y políticas, además de las de tipo ambiental, el desarrollo del país ha tenido lugar casi exclusivamente al norte del paralelo 6. Sin embargo, a partir de 1969, la nación ha mostrado un renovado interés y preocupación por una integración más efectiva de las tierras del sur a la vida nacional, tanto por su importancia como región fronteriza, como por el potencial que representan para la economía del país.

El Territorio Federal Amazonas es parte integrante (de acuerdo al Decreto Presidencial de Regionalización Administrativa No. 478 de fecha 8 de enero de 1980) de la Región Guayana, al igual que el Territorio Federal Delta Amacuro y el Estado de Bolívar, cuyo Distrito Cedeño tiene características ambientales muy similares. Según disposición del 7 de abril de 1980, emanada de CORDIPLAN, la planificación del desarrollo de toda la Región Guayana pasó a ser responsabilidad de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) a partir de esa fecha.

En este informe se hará un recuento de los estudios efectuados al sur del paralelo 6° y específicamente en el Territorio Federal Amazonas.

* Coordinador Nacional del Programa de Investigación sobre Ecología Agrícola, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Apartado 4588, Maracay 2101 A, Aragua, Venezuela.

El Territorio Federal Amazonas tiene una superficie de 178,095 km², aproximadamente 20 por ciento del territorio nacional. Su población, según censo de 1971, era de 21,696 habitantes, con una densidad aparente de 0.12 habitantes por km². La mayoría de los pobladores estaban ubicados en los centros más importantes en la franja occidental y centro-norte, como Puerto Ayacucho (10,417 hab.), capital del Territorio, San Fernando de Atabapo (1,537 hab.) y San Juan de Manapiare (529 hab.). A esa población censada hay que agregar aproximadamente 10,000 indígenas diseminados en todo el Territorio.

Figura 1. *Región amazónica venezolana.*

Características Generales

Fisiografía

La morfología de la región se caracteriza por una extensa penillanura, sobre la cual se observan relieves tabulares y macizos graníticos fuertemente cortados o disecados. El escudo de Guayana da unidad geológica a la región y está constituído predominantemente por rocas metamórficas y graníticas de origen pre-cámbrico del Paleozoico.

La región está atravesada por ríos de gran importancia tales como el Orinoco, el Negro-Guainia, el Ventuari, el Atabapo, y el brazo Casiquiare, el cual une la cuenca del Orinoco con la del Amazonas. El 25 por ciento de las aguas del río Orinoco son vertidas en el Amazonas por medio de este brazo del río Negro. El territorio como tal pertenece principalmente a la Orinoquia y solamente una cuarta parte correspondería a la Amazonía.

El área montañosa, con nivel superior a los 500 m, es particularmente extensa (79,855 km^2, el 44% del Territorio) y comprende el macizo del nordeste, las cadenas montañosas del este y las sierras del sureste. Allí se encuentran los picos más elevados de toda la cuenca amazónica: Cerro Marahuaca, 3860 m; Cerro Huachamacari, 2520 m; Cerro Duida, 2880 m; Cerro Yari, 2556 m; Cerro Neblina, 2940 m.

A las zonas bajas corresponden los restantes 102,005 km^2 así distribuídos: planicies bajas (0-100 msnm, 19%), terrenos elevados (75-250 msnm, 32%) y mesas altas (250-500 msnm, 12%).

Las condiciones geológicas existentes, los procesos erosivos prolongados y las condiciones climáticas peculiares de temperatura, pluviosidad y humedad altas, han ocasionado la formación de un conjunto de paisajes y formas de relieve que caracterizan la región. Las principales son:

Llanuras de erosión - alteración. Presentan afloramientos rocosos, alternados con pequeñas filas montañosas, rodeados por glacis arenosos y lomas de alteración. Entre otras incluyen las penillanuras de Santa Bárbara, del Ventuari y del Casiquiare.

Depósitos aluviales. Son formas fisiográficas ligadas a la deposición aluvial de los desbordamientos o encajadas que se producen a lo largo de los principales ríos. Un ejemplo típico es la localidad de San Juan de Manapiare.

Valles intramontanos. Usualmente amplios y poco profundos, con depósitos aluviales y lomas de erosión-alteración.

Macizos graníticos-gnéisicos precámbricos. Generalmente son testigos de antiguas superficies de erosión, como la Meseta de Unturán - Tapirapecó y la Sierra Parima.

Macizos de la formación Roraima. Las formas residuales se presentan como altiplanicies circundadas por riscos abruptos casi perpendiculares y de gran profundidad. Estos macizos se formaron como consecuencia del proceso erosivo del escudo guayanés y las enormes acumulaciones de sedimentos, que luego sufrieron varias transformaciones incluyendo intrusiones de granitos y diabasas.

Con base en ulteriores consideraciones de clima y relieve, el territorio ha sido dividido en cuatro subregiones físico-naturales:

Región de contacto con los Llanos. Esta subregión, que es una franja de 50 km de ancho, ocupa las riberas del Orinoco hasta las cercanías de Puerto Ayacucho y está caracterizada por un clima de sabana (Aw, según Köeppen). Es una región de llanuras fluviales con vegetación similar a la del Llano debido a su período bien marcado de sequía. En general sus suelos son arenosos.

Región de transición. Subregión formada por los ríos Sipapo y Ventuari. Morfológicamente está constituida por llanuras onduladas con colinas y sierras separadas por grandes ríos. Tiene un clima Am, con precipitaciones casi todo el año. Esta región de fisiografía bastante heterogénea sirve de límite entre el Llano y la selva pluvial al sur. La precipitación es de 2500 a 3000 mm anuales. La vegetación está representada por bosques higrófilos con un buen drenaje de aguas y una gran variedad de especies vegetales; sin embargo, también hay áreas extensas de sabana.

Penillanura del Casiquiare. Fisiográficamente es bastante heterogénea, con sabanas discontinuas interrumpidas por una vegetación más tupida en las orillas de los grandes ríos, o por serranías remanentes del antiguo macizo. La precipitación anual promedio es de 3000 a 3500 mm. En esta subregión se desarrolla la explotación forestal más importante del Territorio Amazonas: la de fibra del chiquichique.

Serranía de Parima. La topografía y las características generales de esta subregión la convierten en la más pluviosa. Su vegetación ha sido clasificada como de selva nublada o bosque pluvial mesotérmico. En esta región se encuentran las cabeceras de los grandes ríos.

Clima

Latitud, altitud y vientos son los factores que determinan fundamentalmente las características climáticas de la región, las cuales podemos resumir de la manera siguiente: Las precipitaciones son mayores de 2400 mm, superando los 4000 en las zonas de más alto relieve. En las dos terceras partes del Territorio no hay una estación seca propiamente dicha, y la intensidad de lluvias máxima se presenta de mayo a noviembre con una disminución en agosto.

La temperatura media anual es superior a 25°C en toda la región, a excepción de las zonas de relieve superior a 800 m, en donde hay un descenso térmico en razón de la altura. Según la clasificación de Köeppen, el clima de la región es "A", o sea, clima tropical caracterizado por una temperatura de más de 18°C durante el mes más frío. Se han podido determinar tres variaciones de este clima en el Territorio Amazonas:

Aw, o clima de sabanas, se presenta en la zona noroeste de contacto con los Llanos al norte de San Fernando de Atabapo. Este tipo de clima se caracteriza por una estación seca bien marcada durante el año que en la región tiene lugar entre diciembre y marzo.

Am, o clima tropical monzónico, se encuentra en la franja que partiendo del sur de Puerto Ayacucho sigue el curso del Orinoco aguas abajo, y separa la franja de clima de sabana de la de clima de selva tropical lluviosa. La estación seca es corta.

Af, o clima de selva tropical lluviosa, no tiene una estación seca bien definida. Este es el clima de la mayor parte (75%) de la región, y comprende toda el área al sur del río Ventuari.

Dentro del área de clima tropical lluvioso (Af), se observan ciertas diferencias debido a la altura y la precipitación: a) la región del Sipapo y Ventuari está caracterizada por precipitaciones entre 2500 y 3000 mm, y es la zona de transición entre el clima monzónico de las riberas del Orinoco y la región pluviosa del Casiquiare; b) la región del Casiquiare, con alturas hasta de 500 m y precipitaciones entre 3000 y 3500 mm; y c) la región de la Sierra de Parima, con alturas mayores de 1000 m y precipitaciones superiores a 3500 mm.

Suelos

El material parental y el clima son, aparentemente, los factores pedogenéticos más importantes en el proceso de formación de los suelos de

la región. Los granitos predominantemente ácidos constituyen la base mineralógica, mientras la alta temperatura y la extraordinaria pluviosidad actúan como agentes de desagregación química, transporte y deposición de los sedimentos, y un continuo lavado y remoción del suelo.

La mayoría de los suelos desarrollados en la región pueden ser clasificados, tentativamente, como oxisoles, con manchas que corresponderían a ultisoles o a complejos de estos órdenes. Otro orden representado en la región es el de los entisoles. Los suelos formados en tierras altas no expuestas a inundaciones se caracterizan por tener un horizonte óxico situado entre los 30 cm y los 2 m de profundidad, lo cual es común en las áreas tropicales húmedas donde no se tienen estaciones secas bien marcadas.

Por lo general los suelos de la región presentan valores de pH entre 4.0 y 6.2, una alta relación C:N (mayor de 14), indicadora de altos requerimientos de nitrógeno para el desarrollo de los cultivos, y una baja capacidad de intercambio catiónico. Tienen además una alta proporción de arenas y gravas, lo que se traduce en una baja capacidad de retención de agua y de materia orgánica, y una gran susceptibilidad a la erosión, particularmente en suelos de topografía ondulada debido a la alta pluviosidad. Son suelos de muy baja fertilidad natural como consecuencia de los varios ciclos de meteorización, erosión y sedimentación que tuvieron lugar en la región.

La distribución porcentual de las tierras por clase es la siguiente:

Clases III y IV	19,3%
Clases V y VI	7,0%
Clase VII	30,5%
Clase VIII	43,2%

Las tierras potencialmente agrícolas (Clase III, agrícola limitada y agropecuaria; y Clase IV, agrícola muy limitada y agropecuaria) están distribuídas especialmente en el Valle de Manapiare, en el sector sur del Orinoco entre Santa Bárbara y San Fernando de Atabapo, entre los ríos Siapa, Pasimoni y Yatua y al norte del brazo Casiquiare hasta San Miguel. Las clases V y VI son tierras de vocación forestal debido al mal drenaje, baja fertilidad o susceptibilidad a la erosión. Drenando y adecuando estas tierras podría utilizárselas para fines pecuarios. El restante 73.7 por ciento comprende exclusivamente tierras con vocación forestal y cubierta protectora.

Vegetación

En atención al factor clima, la formación vegetal característica de toda la región debería ser del tipo bosque tropical húmedo. Sin embargo, la presencia de otros factores, como el suelo, el relieve, el drenaje y el hombre, principalmente, ha servido para romper la continuidad de la cubierta vegetal amazónica. En respuesta a estos factores se tienen diferentes tipos de bosques y de sabanas.

Se ha estimado que el 90 por ciento de la región está cubierta de bosques, quedando el 10 por ciento restante para sabanas, tepuyes (*Tepulia stiuplaris*) y cuerpos de agua. De estos bosques, el 30 a 40 por ciento ha sido clasificado como húmedo tropical y el 20 a 30 por ciento como muy húmedo premontano y húmedo premontano.

En los bosques primarios se han contado 30 a 50 especies por hectárea con más de 10 cm de diámetro medido a la altura del pecho (DAP). El bosque típico de la región consiste de una formación de dos a cuatro pisos donde los niveles inferiores corresponden a arbustos y los superiores a árboles de gran desarrollo (30-40 m), ordinariamente con troncos lisos y rectos, los cuales se sostienen mediante raíces adventicias y aletones por el entrelazamiento del ramaje superior. Numerosas lianas y epifitas contribuyen a conformar una maraña en los estratos inferiores y medios, dificultando el desplazamiento a través de esta zona.

Economía y Agricultura

La economía de la región es básicamente de subsistencia. La producción de bienes es muy reducida y se utiliza una tecnología rudimentaria y de baja productividad. Es una economía basada en el autoconsumo, y la comercialización se limita a los excedentes de las actividades extractivas, cuales son la recolección de productos forestales como frutos, fibra y látex y ocasionalmente productos maderables. Se destacan por su importancia económica el corte y amarre de la fibra de chiquichique (*Leopoldina piassaba*), la cosecha del fruto del seje (*Yessuta batana*), y la cosecha de látex del pendare (*Mimusops* sp. y *Pouteria* sp.) y balatá (*Manilkara bidentata*). Existe también cierta actividad comercial basada en la venta de peces ornamentales.

La producción agrícola de la región es de tipo familiar, dirigida también principalmente hacia el autoconsumo y genera muy pocos excedentes para el intercambio comercial. En las cercanías de los principales centros poblados como Puerto Ayacucho, San Juan de Manapiare, San Fernando de Atabapo, Maroa, Ocamo y San Carlos de Río Negro existe una

agricultura sedentaria, en pequeñas explotaciones familiares, que suple en parte las exigencias alimentarias de esos centros. Los indígenas utilizan un sistema primitivo de agricultura migratoria y cultivan yuca, tabaco, fríjol, maíz, arroz, ocumo, piña, banano y plátano. Sin embargo, a pesar de la extensión del Territorio y de la escasa población, la producción agrícola no es suficiente y hay que importar productos de otras regiones de Venezuela y de Colombia.

Inventario e Investigación Efectuados en la Región

Fases de exploración y prediagnóstico

A mediados de 1969 se inició un programa intensivo de estudio del Territorio Federal Amazonas, mediante la creación de la Comisión para el Desarrollo del Sur (CODESUR), primero como parte del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y luego del Ministerio de Recursos Naturales Renovables (MARNR).

La labor inicial fué de exploración a fín de efectuar el reconocimiento de la región y definir sus problemas. De esta labor resultó un Informe Preliminar que sirvió de base para estudios posteriores. A esa fase siguieron estudios de prediagnóstico, cuyo objetivo era determinar el potencial de la región en materia de recursos y otros aspectos socioeconómicos.

Las actividades desarrolladas en esta segunda fase comprendieron: a) La preparación del "Mapa Preliminar de la Región"; b) el cubrimiento aerofotográfico de la región; y c) un inventario amplio de recursos.

El trabajo aerofotográfico se efectuó en 1970 por medio de la aerofotografía convencional entre los paralelos 4 y 6 y los meridianos 65 y 67, a escala 1:50,000. No obstante, debido a la alta nubosidad que caracteriza la zona, hubo que recurrir al sistema de radar de avión de imágenes oblicuas [Side Looking Airborne Radar (SLAR)] mediante el cual se hizo el levantamiento del Territorio al sur del paralelo 6, sobre una superficie de aproximadamente 110,000 km^2. Como resultado de esa labor se produjeron mapas a escala 1:250,000 con informes correspondientes de la geología, hidrografía, vegetación y suelos del área.

Con el fin de cuantificar y calificar el potencial de recursos naturales, se llevaron a cabo estudios forestales exploratorios, estudios edafológicos, estudios hidrológicos, estudios económicos y estudios de población y de recursos humanos. La información recopilada en todos estos estudios fué presentado y publicado en un Atlas en 1973 y en un informe denominado "Prediagnóstico de la Región".

Fase de diagnóstico

A las fases preparatorias siguió la fase de "diagnóstico" cuyo objeto era "realizar los estudios e investigaciones requeridas para definir el uso que se puede dar a cada espacio de la región y el manejo que se debe dar a cada ecosistema y a cada recurso". Es así como desde 1973 los estudios que se efectuan en la región tienen un caracter más específico con objetivos circunscritos a la solución de problemas prioritarios; además la mayoría de ellos se realizan en áreas que probablemente serán los polos de desarrollo en el futuro. La siguiente información corresponde a estos estudios.

Estudio del suelo

A partir del año 1973 se intensificaron los inventarios de suelo en áreas prioritarias tales como los sectores de Puerto Ayacucho, San Fernando de Atapabo-Santa Bárbara, San Juan de Manapiare, Osita Cacuri-Parú, Tama Tama, y Santa Bárbara del Orinoco - San Antonio. También se efectuaron estudios de suelos en áreas de sabana. Los inventarios, la mayoría de los cuales están en proceso de publicación, fueron llevados a cabo a nivel de subgrupo y los mapas a escala 1:100,000. Por otra parte, la División de Suelos del MARNR, dentro del programa de trabajo de ejecución del "Inventario Nacional de Tierras" tiene ya cubierto con información edafológica, geomorfológica y de capacidad de uso de la tierra a escala 1:250,000 y a nivel de asociaciones de subgrupos, todo el Territorio Amazonas al norte del Paralelo 3° 30'. Este trabajo será publicado en breve. Recientemente se inició el reconocimiento de un área de 800,000 ha que abarca los sectores de Maroa y Casiquiare.

Los estudios detallados de suelos realizados en la región en los últimos años confirman lo encontrado en la etapa de prediagnóstico. Con excepción de los depósitos aluviales recientes del Orinoco y de otros rios de la zona, especialmente el Ventuari, que desafortunadamente cubren superficies limitadas y diseminadas a lo largo del río, todos los otros presentan limitaciones muy severas en cuanto a un posible uso agropecuario, ya que su fertilidad natural es extremadamente baja. A esa condición de pobreza extrema en nutrimentos, se agregan otros factores limitantes como la erosión y la inundación temporal, a la cual están sometidos la mayoría de los suelos en zonas aluviales cerca de los principales ríos del área. De acuerdo con las estimaciones y estudios hechos hasta el momento, los suelos aptos para algún uso agropecuario en la región representan escasamente del 2 al 3 por ciento del total, y en todo caso son suelos de Clase III y IV, es decir, con severas restricciones. La gran mayoría ha sufrido procesos de meteorización y lixiviación muy intensos. Su edad y las condiciones climáticas imperantes, como alta temperatura y

precipitación, implican un proceso de ferralitización muy avanzado el cual se caracteriza por la lixiviación de sílice y otros cationes principales y la descomposición de las arcillas en caolinitas y óxidos de hierro y aluminio hidratados.

La abundancia de la lluvia cálida y el clima húmedo permiten caracterizar físico-químicamente esos suelos de la manera siguiente: a) Una capacidad de intercambio catiónico muy baja, debido a los constituyentes caoliníticos y a los sesquióxidos presentes (1 meq/100g de suelo); b) una capacidad de bases intercambiables muy baja, generalmente inferior a 1 meq; c) un pH de ácido a muy ácido (4-5); y d) un grado de saturación de bases variable pero bajo, alrededor del 10 por ciento, sobre todo en el horizonte B.

Desde el punto de vista químico son suelos muy pobres, algunas veces sumamente pobres, verdaderos esqueletos minerales que juegan el papel de soporte, y donde únicamente el horizonte superior (horizonte A, a menudo muy delgado) tiene cierta fertilidad.

La presencia de materia orgánica en la superficie aumenta un poco la capacidad de intercambio, y es el único elemento que interviene para modificar la pobreza química de esos suelos; el contenido de carbono en la superficie es del orden de 0,4 por ciento. El pH es casi siempre más ácido en la superficie que en la parte inferior del perfil.

Aunque este estudio no necesariamente refleja completamente la realidad de todo el Territorio, sí es muy indicativo por representar una faja en la margen derecha del Orinoco de 200 km de largo de norte a sur y 10 km de ancho, aproximadamente, que cubre un total de 371,505 ha. En el caso específico de este trabajo, las Clases III y IV cubren el 7.59 por ciento del área, un porcentaje relativamente alto en comparación con otras áreas del Territorio.

Estudio del bioma "bosque"

El bioma "bosque" ocupa casi el 90 por ciento del Territorio. Su estudio se basó inicialmente en material de aerofotografía convencional del área comprendida entre los paralelos 4° y 6°. Posteriormente, mediante el uso de imágenes del ERTS I, se estudiaron las comunidades vegetales de la Reserva Forestal del Sipapo (4° - 6° lat. N, 65° - 67° long 0).

Entre las especies vegetales más abundantes, de acuerdo con los inventarios forestales practicados en las cuencas de los ríos Manapiare y Parucito en la Reserva Forestal del Sipapo se encuentran: temare (*Pouteria*

sp.), zapatero (*Peltogyne* sp.), salado (*Vochysia crassifolia Warm*), saladillo (*Erisma uncinatum Warm.*), majagua (*Sterculia pruriens K. Sch.*) guamo (*Inga thibaudiana D.C.*), arepito (*Macrolobium* sp.), cuajo (*Virola surinamensis Warb.*), tacamajaco (*Protium* sp.), aceite (*Copaifera pubiflora Benth.*), caro [*Enterolobium cyclocarpum, (jack.) Griseb,*], cedrito [*Trichilia propingua* (Miq.) D.C.] , ceiba [*Ceiba pentandra* (L.) Gaerth.] , coco de mono (*Eschweilera holeogyne* A.C. Smith & Beard.), congrio (*Sweetia shomburki Benth*), rosa de montaña (*Brownea* sp.), seje (*Jessenia* sp.), balatá (*Manilkara bidentata*), pendare (*Manilkara tridentata*), cucurito (*Maximiliana* sp.) y sangrito (*Vismia cayennensis*).

Entre los últimos inventarios de las áreas forestales se destaca el efectuado en 650,000 ha. en el área de San Juan de Manapiare, y el de la Reserva Forestal del Sipapo en un área de 1,215,000 ha al sur de Puerto Ayacucho, el cual se encuentra en ejecución. Está además programado el inicio del inventario forestal de la cuenca del río Catariapo. En las cercanías de Puerto Ayacucho, en Carinagua, se ha establecido un vivero forestal donde se ensayan especies autóctonas e introducidas de otras regiones de Venezuela. También se tienen parcelas de observación fenológica. Por el momento no se están llevando a cabo estudios silviculturales en el Territorio.

El Proyecto Amazonas

Como parte del denominado "Proyecto Amazonas", investigadores del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), con la colaboración del Instituto de Ecología de la Universidad de Georgia, del Instituto Max Planck de Plon, Alemania, y otras instituciones científicas norteamericanas y europeas, han venido llevando a cabo desde 1975 estudios básicos del ecosistema de selva pluvial amazónica, en el área de San Carlos de Río Negro. Estos estudios se han efectuado específicamente en bosque tipo caatinga amazónica sobre arenas podzolizadas. Se trata de un sistema altamente oligotrófico, en condiciones de alta pluviosidad y temperatura, cuyo ciclo de nutrimentos es muy eficiente para reducir al mínimo pérdidas por mineralización y lixiviación.

En el marco de este proyecto se han efectuado varios estudios. Se caracterizaron química y mineralógicamente los perfiles de suelos típicos del área, observándose correlaciones bien marcadas entre la distribución de tipos de vegetación, el microrrelieve y los tipos de suelo. Se encontró una baja discriminación en cuanto a lixiviación entre aniones y cationes, y también se comprobó una elevada velocidad de translocación vertical.

El estudio sobre reciclamiento de nutrientes en la selva pluvial confirmó las siguientes hipótesis: a) el paso principal del movimiento de nutrimentos en esas selvas es árbol-hojarasca-árbol, y el suelo juega un papel relativamente secundario en el ciclo de nutrimentos; b) la importante función que ejercen los hongos micorrízicos en la transferencia de nutrimentos desde la hojarasca a las raíces del árbol; y c) que al cortar el bosque los nutrimentos son rápidamente lavados a través del suelo porque se destruyen los mecanismos que aseguran su conservación y reciclamiento. Se efectuaron determinaciones de Ca, Mg, N, P y S en la hojarasca, en el agua de lavado del follaje y de los tallos, y en el agua del suelo en el bosque intacto. Se midió el cambio en el flujo de nutrimentos después de la tala del bosque. Se cuantificó el flujo de nutrimentos de la hojarasca a las raíces a través de la micorriza. Se midieron las tasas de nitrificación y desnitrificación, y la tasa de incorporación de nutrimentos en árboles, como también la pérdida de nutrimentos por caída de hojarasca, y se estudiaron algunos de los mecanismos que regulan la eficiencia del ciclo de nutrimentos. Se efectuaron además estudios ecofisiológicos del metabolismo de epífitas.

Las conclusiones resumidas de la investigación sobre la distribución y ciclos de nutrimentos en bosques húmedos tropicales y agrosistemas, efectuada por los investigadores del IVIC, son las siguientes: Se encuentra que el ecosistemas del bosque amazónico estudiado presenta concentraciones, cantidades, y flujos mucho menores a los correspondientes a otros bosques tropicales o no sobre substratos más ricos. Se confirma así la hipótesis de que bajo condiciones de oligotrofia, los mecanismos de conservación de nutrimentos se hacen marcadamente eficientes. Entre los mecanismos encontrados están: a) el almacenamiento del total de nutrimentos en el ecosistema tiene lugar de preferencia en la parte biótica; b) una alta proporción de estos nutrimentos en el sistema radical; c) una estrecha relación entre el sistema radical y la hojarasca que se mineraliza; d) abundancia de asociaciones micorrízicas, esclerofilia y baja herbivoria; e) retranslocación del material viejo; y f) captación de nutrimentos a partir de soluciones diluídas.

En los agroecosistemas estudiados, basados en los cultivos de café y cacao, el aporte de nutrimentos hecho por la hojarasca compensa sobradamente los que se pierden por cosecha. Mientras que en los agrosistemas basados en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), el mapuey (*Dioscorea trifida* L.), y la piña (*Ananas comosus* L. Merr.) se observó que al efectuarse el corte y la quema del bosque, la curva de nutrimentos en el suelo presenta un pico agudo, con una caída bastante rápida en los meses subsiguientes; un año más tarde aparece un incremento de Ca y Mg, posiblemente debido a la descomposición del sistema radical

del bosque, para continuar luego, según datos lisimétricos, la pérdida de nutrimentos. La caída y descomposición de hojarasca ocurren simultáneamente con la floración y la fructificación de los cultivos.

Los resultados indican que bajo las condiciones de oligotrofia de los complejos suelo-vegetación en el Amazonas, las estrategias de conservación de nutrimentos son muy complejas y estrictas, pero a la vez son sumamente frágiles. La modificación y el uso de estos ecosistemas para producción están severamente limitados no sólo por la disponibilidad de nutrimentos, sino por la fragilidad de los mecanismos de conservación de los mismos. En las plantaciónes de café y cacao la práctica de cultivo bajo sombra tiene ventajas ecológicas además de las tradicionalmente conocidas de proteger el suelo y regular la intensidad lumínica. En condiciones de baja tecnología, el mantenimiento de la fertilidad del suelo depende del ciclo de nutrimentos, en particular del que tiene lugar a través de la hojarasca.

Estudio del bioma "sabana"

El bioma sabana ocupa aproximadamente un área de 20,000 km², es decir, casi un 10 por ciento del Territorio Amazonas, y el 90 por ciento restante corresponde al bioma forestal y al bioma acuático.

En el año 1977, el Ministerio del Ambiente inició un proyecto para caracterizar el bioma sabana y determinar su potencial de producción y uso eventual. Como resultado de ese estudio, todavía no completado, se ha podido establecer al existencia en el Territorio de tres tipos de sabanas:

1. **Tipo llanero gramíneo.** Este tipo de sabana se presenta a la orilla del río Orinoco desde el Meta al Sipapo, en manchas en los alrededores de Santa Bárbara y en el Bajo y Alto Ventuari. Los suelos son arenosos en su mayor parte, pero también los hay franco-arcillosos. Las gramíneas dominantes pertenecen a los géneros *Trachipogon*, *Axonopus* y *Paspalum*. Entre las leguminosas se encuentran varias cassias, una centrosema, una eriosema y las clitorias. En estas sabanas pastan alrededor de 2000 bovinos, distribuídos en los alrededores de Puerto Ayacucho y en Cacurí. Su clima es tropical Am, con una estación seca relativamente corta. Los suelos son generalmente muy ácidos y de muy baja fertilidad.

2. **Tipo de sabana inundable.** La sabana baja permanece inundada alrededor de nueve meses al año por más de 50 cm de agua, y las gramíneas dominantes son los géneros *Paspalum* y *Andropogon*. En las partes más altas predominan las sabanas arbustiva y arboleda. Este tipo de sabana, que comprende una superficie de cerca de 4000 km², se encuentra

principalmente en los alrededores de San Juan de Manapiare, en la cuenca del Manapiare, donde los suelos son relativamente más fértiles que en el resto del Territorio. En esas sabanas pacen cerca de 1500 vacunos, la mayoría de los cuales vive en estado selvático.

3. **Tipo de sabana amazónica.** Este es el más extenso, se encuentra sobre arenas cuarzíferas, prácticamente estériles, ya que son sumamente pobres en nutrimentos. Son sabanas sin gramíneas, y las especies herbáceas están representadas entre otras por rapatáceas, ciridáceas y ciperáceas; hay además pequeños frútices y arbustos leñosos. En general se trata de una flora muy endémica y de gran diversidad específica, lo cual hace que biológicamente su estudio presente gran interés. Está situada en el medio y bajo Ventuari, en el Orinoco medio entre San Antonio y el Sipapo, y en todo el departamento de Casiquiare. Carece de potencial agrícola y ganadero.

El estudio de las áreas de sabana permitió ubicar tres importantes centros de diferenciación botánica. Se pudo determinar también la existencia de muchas especies de interés farmacéutico.

Recientemente se ha programado, en colaboración con la Universidad de Gottingen, una investigación tendiente a determinar el origen de las sabanas en el Territorio Amazonas.

Investigación agronómica

Investigaciones con especies forrajeras. Con el objeto de efectuar una mejor evaluación del potencial pecuario de las áreas de Santa Bárbara y San Juan de Manapiare, en 1976 se introdujeron 11 gramíneas forrajeras provenientes de Guasdualito (estado de Apure) en Trapichote en las cercanías de Santa Bárbara. El suelo clasificado como Typic Haplorthox, había sido deforestado a mano y quemado un año antes. Los suelos de esta área son profundos, presentan un buen drenaje, tienen una baja capacidad de intercambio catiónico, un pH de 4.3 a 4.8, y buenas características físicas. La precipitación anual en el área es de 3240 mm, siendo julio el mes más húmedo con 470 mm, y febrero el más seco con 51 mm. La región tiene un período seco bien definido de 3 a 4 meses, o sea que está en una situación intermedia entre el norte más seco y el sur más húmedo. Los pastos sembrados fueron: elefante (*Pennisetum purpureum*); gamelote (*Panicum maximum*), variedad Guinea; gamelote (*Panicum maximum*), variedad Embú; pangola (*Digitaria decumbens*); pangola (*Digitaria swazilandensis*); capin melao (*Melinis minutiflora*); pasto barrera (*Brachiaria decumbens*); pasto tannegrass (*Brachiaria* sp.); yaraguá (*Hyparrhenia*

rufa), y gamelote (*Panicum maximum*), variedad Coloniao. Las primeras siete especies siguen presentando un comportamiento excelente, después de cuatro años de sembradas, tanto en el período lluvioso como en el relativamente corto período seco. El pasto estrella, el tannegrass, el yaraguá y la variedad coloniao tuvieron solamente un comportamiento regular en comparación con las otras especies.

Investigaciones sobre caucho. En Santa Bárbara del Orinoco viene funcionando desde 1974 una estación para el estudio del caucho. En la localidad cercana de Macurumo se estableció un vivero o jardín clonal, y en Trapichote se establecieron las parcelas de ensayo en un área de 11 ha. En 1975 se introdujeron 16 variedades de *Hevea*. Tres de ellas, provenientes de la Costa de Marfil (Africa), eran de un material oriental seleccionado en Malasia, de alta producción, pero susceptibles al "mal de la hoja", enfermedad producida por el hongo *Microcyclus ulei*; las otras 13 eran brasileñas, resistentes a la enfermedad, pero de mediana producción. El material fué incialmente llevado a Caucagua (estado de Miranda), donde el procedente de Africa sufrió un ataque del hongo, posiblemente a causa del material brasileño que provenía de un área infestada (estados de Pará y Bahía). En Santa Bárbara la infección se controló el primer año con Dithane, y desde entonces no se ha vuelto a detectar. Aparentemente en el área ocurre un control ecológico debido al período seco que es desfavorable para la reproducción del hongo.

En cuanto al comportamiento general, hasta el momento las mejores variedades han sido la RRIM 600, seleccionada en Malasia, y las IAN 717 FX567, FX3844, FX3864 seleccionadas en Brasil.

Con base en los primeros resultados se ha podido establecer que en la zona de Santa Bárbara-San Fernando de Atabapo, existe un total de 80,000 ha de suelos aptos para el cultivo del caucho, ya que las condiciones climáticas del área son propicias para el control del "mal de la hoja" y para un buen desarrollo de la planta. Otras zonas potenciales, pero menos favorables por razones climáticas, son las áreas de Puerto Ayacucho, San Juan de Manapiare y del Ocamo. Actualmente la Corporación Venezolana de Guayana está estudiando un proyecto de desarrollo de 10,000 ha de caucho en la región de Santa Bárbara.

Investigaciones sobre sistemas de producción. Además de los estudios básicos sobre sistemas de agricultura migratoria en vías de ejecución por parte de los investigadores del IVIC, recientemente se llevó a cabo un inventario de las fincas en el Territorio Amazonas con fines de evaluación y para poder iniciar estudios sobre sistemas integrales de producción para el

abastecimiento de la población local principalmente. El Gobierno, por medio de la Dirección de Desarrollo Agrícola, está también promoviendo un programa de desarrollo de huertos y granjas familiares y evaluando las necesidades de asistencia técnica y de agencias de desarrollo agrícola.

Estudio de la fauna

La fauna terrestre del Territorio Federal Amazonas pertenece al reino zoogeográfico neotropical, el cual se caracteriza, en la región tropical, por una gran diversidad de especies.

Hasta el momento han sido identificadas: 1) ciento ochenta especies de mamíferos entre los cuales se encuentran: el mono negro (*Cacajao melanocephalus*), el mono capuchino (*Chiropotes satanas*), el mono ardilla (*Saimiri sciurus*), el oso hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla, Cyclopes didactylus*), la pereza (*Choloepus didactylus*), la cuspa (*Priodmtes maximus*), la ardilla (*Sciurus gilvigularis*), el picure amazónico (*Dasyprocta fuliginosa*), la tonina (*Inia geoffrensis*), la nutria (*Lutra longicaudis*), y el perro de agua (*Pteronura brasiliensis*). A éstos debe agregarse muchos otros que, además de estar ampliamente distribuidos en el resto del país, se encuentran en el Territorio Federal Amazonas, como por ejemplo el araguato (*Alouatta seniculus*), viudita o mono araña (*Ateles belzebuth*), lapa (*Agouti paca*), chiguire (*Hidrochaeris* sp.), puerco espín (*Coendu prentrensilis*), jovio (*Cerdocyon thores*), cuchicuchi (*Potos flavus*), jaguar (*Felis onca*), cunaguaros (*Felis pardalis, Felis wiedii*), danta (*Tapirus terrestris*), báquiros (*Tayassu pecari, Dicotyles tajacu*), venado (*Odocoileus virginianurs, Mazama americana*), etc.

Un grupo muy importante lo constituyen los murciélagos (Chiroptera) que reúnen a más de la mitad (alrededore de 100) de las especies de mamíferos presentes en el Territorio Federal Amazonas. Dentro de estos grupos hay especies nectívoras, insectívoras, frugívoras, pescadoras y hematófagas (*Desmodus rotundus*).

2) Seiscientos cincuenta especies de aves, hecho que convierte al Territorio Federal Amazonas en uno de los sitios con mayor diversidad de especies del mundo. Dentro de las típicas del Territorio se encuentran: gallinas de monte (*Tinamus mayor*), gallineta cuero (*Cyrturellus variegatus*), paují culo blanco (*Crax alector*), paují culo colorado (*Mitu tomentosa*), grulla (*Priphia crepitanus*), guacamaya azul-amarilla (*Ara araucana*), guacamaya roja (*Ara chloroptera*), gallito de las rocas (*Rupicola rupicola*), siete colores (*Tangara chilensis*), diostedé (*Ramphastos tacanus*), conoto verde (*Prarocoloni viridis*), moriche (*Icterus crysocephalus*) y otros.

3) Ciento cincuenta especies de anfibios y réptiles. En este grupo se encuentran elementos de la herpetofauna llanera, del alto Amazonas y de la región de Guayana, además de las especies endémicas y de las de distribución amplia. En Puerto Ayacucho se ha establecido un laboratorio donde actualmente se están estudiando 800 especímenes, representativos de 120 especies de la fauna sabanera amazónica. Característica general en todo el Territorio es la gran diversidad y la poca densidad de especies.

Recientemente se ha iniciado, con fines de conservación y producción, el estudio ecológico y de la biología de la reproducción de la más grande tortuga de agua dulce (*Arrau podocnemis expansa*), que puede llegar a pesar 40 a 50 kg, y que encuentra su habitat natural en los ríos de la región.

4) En cuanto a la fauna acuática, los estudios preliminares realizados en ríos, caños y lagunas, han permitido la identificación de un elevado número de especies. Entre las más abundantes capturadas en un estudio efectuado en los alrededores de San Fernando de Atabapo están:

Peces comestibles	**Peces ornamentales**
Cachama *(Colossama* sp.)	Aguja *(Potamorrhasis guianensis)*
Pampano *(Myloplus shomburkii)*	Vieja *(Geophagus* sp.)
Bocón *(Brycon* sp.)	Escalar *(Pterophyllum altum)*
Rayao *(Pseudoplatystoma* sp.)	Vieja *(Cichlasoma festivum)*
Palometa *(Metynnis argenteus)*	Coridora *(Corydora* sp.)
Bagre *(Rhandia* sp.)	Leporino *(Leporinos musicorum)*
Pavón *(Cichla ocellaris)*	Neón *(Hypbessobrycon* sp.)

Políticas de Desarrollo Agrícola para el Area

El estado venezolano ha demostrado un gran interés en el área amazónica, tanto por su carácter fronterizo como de reserva de recursos naturales renovables. En lugar de abrir esa región al desarrollo, mediante la construcción de una infraestructura basada en el transporte terrestre, que favorecería una emigración potencialmente masiva de pobladores, como también una potencial destrucción de los recursos naturales renovables, se ha preferido seguir una política conservacionista. Por tal motivo, cualquier plan de desarrollo de la región debe fundamentarse en estudios básicos, dirigidos tanto al inventario de los recursos como a la interpretación de las leyes que gobiernan dichos ecosistemas. Esta labor se viene cumpliendo en ambos frentes desde 1970. Hasta ahora se han trazado planes definitivos para un desarrollo agrícola del área, aunque sí se han estado y se están

explorando las posibilidades de desarrollar plantaciones de cultivos perennes como el caucho y el cacao. Además hay planes de explotación agrícola muy limitada, pero suficiente para el autoabastecimiento de productos básicos para la dieta diaria de la población local.

Una comisión interministerial está estudiando la política que guiará el desarrollo del Territorio Federal Amazonas en los próximos años, y el informe correspondiente hará parte integrante del VI Plan de la Nación, actualmente en preparación.

Bibliografía

Benacchio, S.; Comerma, J.; Figueroa, M.; Granados, F. 1977. **Informe sobre la visita a San Carlos de Río Negro y Solano del Territorio Federal Amazonas.** CENIAP, Maracay, Venezuela. 11 p.

Bery, P. 1976. **Estudio bibliográfico y taxonómico preliminar sobre palma seje.** MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 13 p.

Blancaneaux, P.; Hernández, S.; Araujo, J. 1977. **Estudio edafológico preliminar del Sector Ayacucho, Territorio Federal Amazonas, Venezuela.** División de Suelos, Ministerio de Recursos Naturales Renovables, Caracas. 120 p.

Boadas, A. 1978. **Lineamientos para el estudio y la planificación de la región sur.** MARNR-DGIIA, Caracas, Venezuela. 154 p.

Cerda, J.; Gorzula, S.; Schwarts, P.; Rivero, R. 1979. **Distribución preliminar de la fauna silvestre del Territorio Federal Amazonas.** MARNR-ZONA 10-CODESUR, Caracas, Venezuela. 71 p.

Chesney, L.L. 1979. **Programa de investigación forestal en el bosque húmedo tropical del Territorio Federal Amazonas.** MARNR-ZONA 10-CODESUR, Caracas, Venezuela. 21 p.

Comisión para el Desarrollo del Sur 1970. **Informe preliminar.** Publicación No. 1 MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 109 p.

_____. 1971. **Informe de actividades durante el año 1970.** Publicación No. 4 MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 18 p.

_____. 1972. **Informe de actividades durante el año 1971.** Publicación No. 7 MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 192 p.

_____. 1973. **Informe de actividades durante el año 1972.** Publicación No. 12 MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela.

_____. 1973. **La conquista del sur - Atlas del Territorio Federal Amazonas y Distrito Cedeño del Estado Bolívar.** MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 101 p.

Comerma, J.; Arias, L.F.; Stagno, P. 1972. **Posibilidades de desarrollo agrícola de la región amazónica.** MAC-MOP, Maracay, Venezuela. 16 p.

Folster, H. 1978. **Investigaciones sobre características físicas y relaciones hídricas de suelos inundados y semi-inundados bajo vegetación de sabana y ecotano sabana/bosque en el Territorio Federal Amazonas.** Proyecto de Investigación MARNR-Universidad de Göttingen, Caracas, Venezuela. 33 p.

_____. 1979. **Investigaciones sobre características físicas y relaciones hídricas de suelos inundados y semi-inundados bajo vegetación de sabana y ecotano sabana/bosque en el Territorio Federal Amazonas.** Informe de Avance No. 1, Proyecto de Investigación MARNR-Universidad de Göttingen, Caracas, Venezuela. 9 p.

Herrera, R. 1979. **Nutrient distribution and cycling in Amazon caatinga forest on Spodosols in Venezuela.** V International Symposium on Tropical Ecology, Kuala Lumpur, Malasia (enviado a Tropical Ecology para publicación).

_____; Jordan, C.F.; Klinge, H. Medina, E. 1978. **Amazon ecosystems - Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients.** Interciencia (Caracas, Venezuela) 3(4):223-232.

_____; Klinge, H. 1979. **Standing store of nutrients in root systems of Amazon caatinga forest: Experimental estimation of turnover times.** V International Symposium on Tropical Ecology, Kuala Lumpur, Malasia (enviado a Tropical Ecology para publicación).

Huber, O. 1977. **Investigaciones sobre ecología vegetal del bioma sabana en el Territorio Federal Amazonas.** MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 23 p.

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. 1976. **Informe Anual de actividades. Año 1975.** IVIC, Caracas, Venezuela. pp. 112-123.

_____. 1977. **Informe Anual de actividades. Año 1976.** IVIC, Caracas, Venezuela, pp. 117-118.

_____. 1978. **Informe Anual de actividades. Año 1977.** IVIC, Caracas, Venezuela. pp. 152-156.

_____. 1979. **Informe Anual de actividades. Año 1978.** IVIC, Caracas, Venezuela, 11 p. (Mimeografiado.)

_____. 1980. **Informe Anual de actividades. Año 1979.** IVIC, Caracas, Venezuela. 6 p. (Mimeografiado.)

Klinge, H., Medina, E.; Herrera, R. 1977. **Studies on the ecology of the Amazon caatinga. I. General features.** Acta Científica Venezolana 28:270-276.

Lezama, A. 1978. **Informe del comportamiento de 11 especies de pastos introducidos al Territorio Federal Amazonas.** MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 9 p.

_____. 1980. **Areas potenciales para el desarrollo de la heveacultura en el T.F.A.** Informe MARNR-CODESUR, Caracas, Venezuela. 18 p.

Ministerio de Recursos Naturales Renovables. 1979. **Proyecto de utilización de imágenes de satélite (LANDSAT) para el levantamiento y evaluación de la vegetación en el Territorio Federal Amazonas.** MARNR-DGIIA, Caracas, Venezuela. 30 p.

Mazzani, B.; Oropeza, H.; Malaguti, G. 1971. **Informe de un viaje al Territorio Federal Amazonas realizado entre los días 23 y 27 de marzo del año 1971.** Centro de Investigaciones Agronómicas, Maracay, Venezuela.

Medina E.; Delgado, M.; Troughton, J.A. Medina, J.D. 1977. **Physiological ecology of CO fixation in Bromeliaceae.** Flora (Berlín, Alemania) 177:137-152.

Morillo, F.J.; Benacchio, S.; Granados, F.J. 1972. **Visita a los Departamentos de Atabapo, Río Negro y Casiquiare del Territorio Federal Amazonas.** Centro de Investigaciones Agronómicas, Maracay, Venezuela. 41 p.

Oberti, M.C. 1977. **Zonificación preliminar de usos potenciales y de ordenamiento espacial, Territorio Amazonas.** MARNR-DGIIA, Caracas, Venezuela. 111 p.

Perrot, G. 1977. **El caucho natural en Venezuela - Situación actual y perspectivas.** MOP-CODESUR, Caracas, Venezuela. 16 p.

Sirotti, L. Malaguti, G. 1950. **La Agricultura en el Territorio Amazonas. La explotación del seje (*Jessenia bataua*). Palmera oleaginosa.** MAC, Venezuela, 103 p.

TRANARG. 1972. **Informe del estudio agrológico de reconocimiento de la zona de San Juan de Manapiare, Departamento Atures, Territorio Federal Amazonas.** TRANARG, Empresa de Aerofotogrametría, Caracas, Venezuela. 42 p.

Van Wanbeke, A. 1978. **Properties and potentials of soils in the Amazon basin.** Interciencia (Caracas, Venezuela) 3(4):233-242.

Wilhelmus, P.; Urdaneta, I.; Materano, G. 1971. **Estudio de suelos en algunas áreas en los alrededores de Puerto Ayacucho y en San Juan de Manapiare, ubicados en el Territorio Federal Amazonas.** Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 51 p.

Informes Técnicos

Investigación de Ecosistemas

Recursos de Tierras, Suelos y su Manejo en la Región Amazónica: Informe acerca del Estado de Conocimientos

Thomas T. Cochrane*
Pedro A. Sánchez**

Introducción

El propósito de este trabajo es presentar una revisión del estado actual de conocimientos de los recursos de tierras y de las propiedades del suelo en la región amazónica suramericana. Cuando se consideran los problemas y el potencial de cualquier ecosistema, la tierra es el recurso básico primordial. En el caso de la Amazonía, este enfoque es incluso más crítico toda vez que la mayor parte de sus suelos se consideran como infértiles y frágiles. Muchos investigadores conceptúan que es imposible llevar a cabo una explotación agrícola o pecuaria después de que se elimina la vegetación primaria (Gouru, 1961; Setser, 1967; Reis, 1972; Tosi, 1974; Budowski, 1976; Irion, 1978; Goodland *et al.*, 1978).

Sin embargo, desde 1926 Marbut y Manifold habían informado que los suelos bien drenados a lo largo del río Amazonas eran extraordinariamente similares a los suelos dominantes en el sureste de los Estados Unidos, donde una próspera agricultura comercial ha remplazado la agricultura migratoria durante los últimos 150 años. Existen evidencias de que la agricultura es posible en las tierras bien drenadas de la Amazonía como lo demuestran tanto datos de investigación como experiencia comercial (Alvim, 1978 a,b, 1979; Sánchez, 1977 a, b, c, d, 1979; Serrão *et al.*, 1979; Toledo y Morales, 1979).

El volumen de información sobre suelos de la Amazonía se ha incrementado rápidamente durante los últimos 15 años. La sección bibliográfica registra los trabajos a los cuales tuvieron acceso los autores, aunque en modo alguno pretende ser completa. En este trabajo se trata de sintetizar esta información.

* Especialista en Recursos de Tierras, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.
** Profesor de Edafología y coordinador, Tropical Soils Program, Department of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh, N.C. 27650, USA.

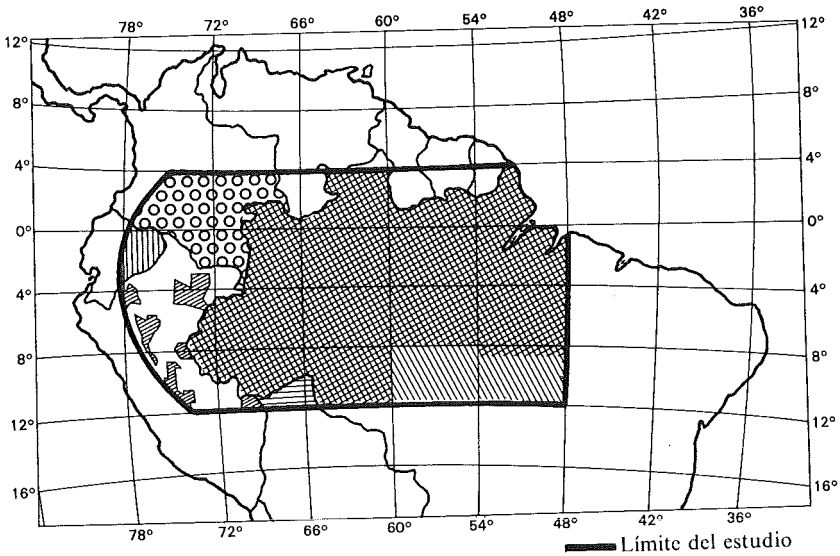
Metodología

Este trabajo se divide en dos partes: La sintésis geográfica de los recursos de tierras y la interpretación de las propiedades del suelo en función de los sistemas de explotación agrícola. La síntesis geográfica fue preparada por el primer autor como resultado del estudio de Evaluación de Recursos de Tierras del CIAT. La parte interpretativa fue preparada por el segundo autor con base en experiencias en sitios específicos. A continuación se presenta una descripción de los procedimientos.

El CIAT en colaboración con entidades nacionales*, ha estado comparando información sobre recursos de tierras de América tropical, incluyendo la Amazonía, desde mediados de 1977 (CIAT 1978, 1979, 1980; Cochrane, 1979 a, 1980; Cochrane *et al.*, 1979). Los objetivos son la formulación de guías prácticas para la selección de cultivares de pastos tanto de gramíneas como de leguminosas, fríjol, yuca, maíz y arroz para los ecosistemas de mayor importancia económica y para suministrar información general sobre producción agroforestal. La información sobre recursos de tierras se clasificó en categorías geográficamente comparables mediante la delineación de sistemas de tierras (áreas con un patrón recurrente de clima, paisaje y suelos) directamente sobre imágenes de satélite y radar. Aunque el trabajo ha sido principalmente una confrontación de la información existente, también se llevó a cabo trabajo de campo, aunque en menor proporción, a fin de llenar vacíos en los conocimientos y unificar criterios. La Figura 1 resume los principales estudios de suelos por varias organizaciones y autores cuya información se cotejó. Después de recopilar, revisar y cartografiar los datos sobre climas, paisajes y suelos, la información se codifica y se registra en un sistema computarizado de acumulación, recuperación, cartografía analítica y entrega del material impreso que facilita el análisis inmediato. Hancock *et al.*, (1979) compilaron datos climáticos que abarcaban largos períodos de tiempo de 1144 estaciones a lo largo de la América tropical, incluyendo 107 estaciones en la Amazonía. Este limitado número de estaciones implica que existen áreas extensas sin una información climática confiable a largo plazo.

La evapotranspiración potencial (ETP) se calculó para evaluar la cantidad de energía disponible para el crecimiento de las plantas y para determinar el equilibrio hídrico y las estaciones de crecimiento. Se utilizó la ecuación de Hargreaves (1977a), la cual se basa principalmente en la radiación solar y en la temperatura. El déficit de precipitación (DEF PREC) es la diferencia entre la precipitación promedio y la ETP.

* Ministerios de Agricultura de la mayoría de los países de Suramérica y el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados de EMBRAPA, Brasil.



Area cubierta por los siguientes estudios:
1) Proyecto Radambrasil, Volúmenes 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, (1974-1978); incluye 1198 perfiles de suelos completos y 877 perfiles parcialmente descritos con análisis para la evaluación de fertilidad.
2) EMBRAPA, T.B. No. 17 (1975); incluye 97 perfiles de suelos completos, más 960 análisis de muestras de la capa superficial del suelo.

Area cubierta por una parte de los estudios Nos. 2 y 3 ya mencionados.

Area cubierta por parte del estudio de Cochrane (1973). Incluye 7 perfiles de suelo, sin embargo, 30 perfiles más se encontraban disponibles en sus apuntes originales.

Area cubierta por estudios de ONERN (1967-1978). Estudios Nos. 8, 14,. 17, 26, 39, 40, 46, y 49. Incluye 195 perfiles de suelos completos.

Area cubierta por estudios de Benavides (1973) con 9 perfiles de suelos, y por Cortés *et al.*, (1973) con 19 perfiles de suelos.

Area cubierta por estudios de ORSTOM, INIAP y MAG de Ecuador con descripciones de suelos y datos químicos generalizados.

Area cubierta por estudios de suelos más generalizados, que incluyen el Vol. IV del mapa de suelos del mundo, FAO-UNESCO (1971).

Figura 1. *Principales estudios de suelos usados como fuentes de información.*

La precipitación confiable (PREC CON) refleja el nivel de probabilidad de 75 por ciento de que la precipitación ocurra, es decir, la cantidad de precipitación que será igual o mayor en tres de cada cuatro años. El índice de humedad disponible (IHD) es un índice de humedad adecuado a un nivel de probabilidad de ocurrencia de la precipitación pluvial de 75 por ciento, que se calcula dividiendo la PREC CON por la ETP. Hargreaves (1977b) recomienda que los valores del IHD menores de 0.34 definan un mes seco. No obstante, este nivel puede ser muy alto para suelos con baja capacidad de retención de humedad. La estación de lluvias se define, por lo tanto, como aquella época del año con valores del IHD mayores de 0.33. La evapotranspiración potencial total durante la estación lluviosa (ETPELL) es la suma de los valores mensuales de la ETP durante los meses de lluvia. Las temperaturas promedio durante la estación lluviosa (TPELL) fueron calculadas de una manera similar.

Los tipos de vegetación fueron identificados siguiendo el criterio de Eyre (1968) para bosques tropicales y de Eiten (1972) para sabanas tropicales. Las correlaciones entre los tipos fisionómicos de vegetación y los parámetros climáticos se efectuaron para localidades con suelos bien drenados con más de 20 años de datos climáticos. Como resultado de dicho análisis se identificaron subregiones climáticas.

El paisaje se subdividió en sistemas de tierras que se delinearon sobre imágenes de satélite y de radar de imágenes oblicuas (US Geological Survey, 1977; Proyecto Radambrasil, 1972-78). Los mapas, una vez cotejados y dibujados a una escala de 1:1.000.000, se computarizaron en unidades de 5 minutos x 4 minutos (aproximadamente 6800 ha) para que sirvieran como base para la producción de mapas temáticos. También se realizó una cantidad limitada de trabajo de campo para ayudar a establecer un criterio descriptivo uniforme y estudiar la variación de caracteres distintivos de los paisajes de los sistemas de tierras. Estas variaciones, aunque no se cartografiaron debido a las limitaciones de la escala, se describieron como facetas de tierra y se calculó la proporción de cada faceta dentro de los sistemas de tierras. De esta manera, se computarizaron las características seleccionadas de los paisajes con base en la subdivisión de las facetas de tierra. Se debe tener en cuenta que como la unidad más pequeña en los mapas fue el sistema de tierra, los mapas temáticos para una determinada característica representan la clasificación de la faceta de tierra principal a menos que se indique algo diferente.

La subdivisión de los sistemas de tierras en facetas fue muy útil en especial para llenar el vacío entre los sistemas de tierras y las unidades de suelo. Obviamente que en las facetas de tierra estarán contenidos suelos

con diferentes propiedades, pero debe aceptarse cierto nivel de generalización al hacer un inventario de los recursos de tierras. Los suelos de mayor extensión en cada faceta fueron clasificados primero dentro de la categoría de gran grupo del sistema de Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1975), y luego se describieron en función de sus propiedades físicas y químicas. El área ocupada por cada gran grupo se calculó de acuerdo a las divisiones topográficas dentro de las subregiones climáticas.

Muchas propiedades físicas y químicas de la capa superficial del suelo (0-20 cm de profundidad) y del subsuelo (21-50 cm de profundidad) fueron registradas, tabuladas y codificadas. Las propiedades físicas del suelo incluyen pendiente, textura, presencia de material grueso, profundidad, drenaje, capacidad de retención de humedad, régimen de temperatura, régimen de humedad y presencia de arcillas en expansión. Las propiedades químicas del suelo incluídas fueron: pH, por ciento de saturación de Al, Ca, Mg, K, Na intercambiables, total de bases intercambiables (TBI), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) (calculada a partir de la suma de Al, Ca, Mg, K y Na intercambiables) materia orgánica, disponibilidad de P* y en algunos casos Mn, S, Zn, Fe, Cu, B, y Mo disponibles, carbonatos libres, salinidad, presencia de "cat clays", amorfismo de rayos X e información adicional de importancia para la nutrición animal.

Los datos se tabularon de acuerdo con el sistema de Clasificación de la Capacidad de Fertilidad del Suelo (CCF) descrito por Buol *et al.*, (1975) y modificado por Sánchez *et al.* (en prensa). Los niveles de nutrimentos en el suelo se clasificaron en tres grupos para equiparar las necesidades de los cultivos: 1) adecuado para la mayoría de los cultivos; 2) inadecuado para los cultivos que requieren niveles altos de nutrimentos; y 3) inadecuado para la mayoría de los cultivos a excepción de aquellos tolerantes a niveles bajos de nutrimentos. Se debe hacer énfasis en que tanto la cantidad como la calidad de los datos disponibles varían considerablemente entre las diversas regiones. Rara vez se obtuvo información sobre elementos menores y microelementos. En consecuencia, los resultados presentados en este ensayo están sujetos a muchas modificaciones hasta que se disponga de estudios más detallados.

La interpretación de los datos generados por el Estudio de Evaluación de Tierras del CIAT fue efectuada por el segundo autor en lo referente a las propiedades del suelo, restricciones, dinámica y manejo bajo los principales sistemas agrícolas. En esta parte del informe se incorporaron los resultados de los experimentos en sitios específicos y se analizó su pertinencia.

* Los datos sobre disponibilidad de P, estimados utilizando las metodologías de Olsen, Truog, Vettori (1969) fueron aproximados a los valores del método Bray II.

Recursos de Tierras

La Figura 2 detalla el mapa de la región amazónica, un área de 484 millones de hectáreas, de acuerdo a los sistemas de tierra computarizados por el CIAT. Este proporciona una conveniente definición geográfica de la región y resume algunos de los hallazgos recientes concernientes a los climas, paisajes y suelos de la Amazonía. Este estudio cubre las tierras de América del Sur situadas entre los 4° N y 12° S de latitud al oriente de los Andes y al occidente del meridiano 48°0. Un total de 215 sistemas de tierra se identificaron en la Amazonia.

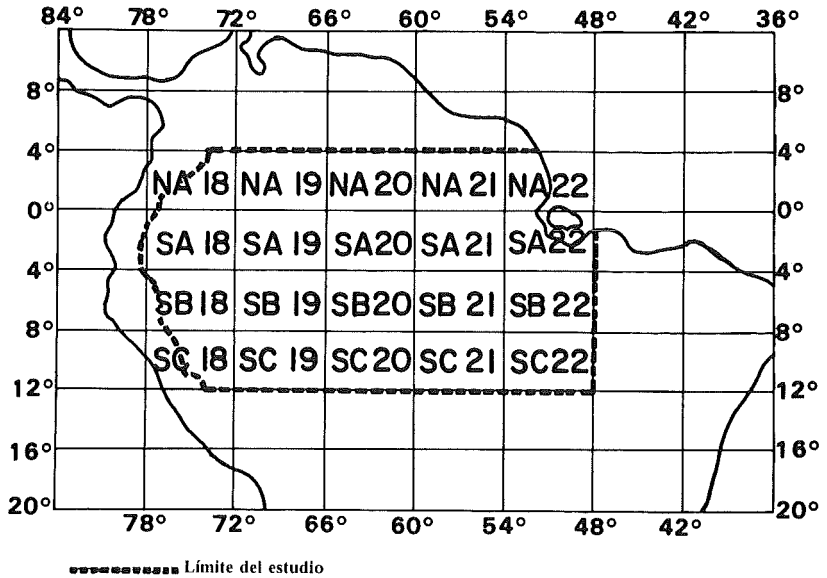


Figura 2. *Mapa del sistema de tierras del CIAT que cubre la Amazonía. Los números se refieren al mapa del mundo en una escala de 1:4.000.000.*

Clima y vegetación de las subregiones

La Figura 3 es un mapa que muestra a grandes rasgos las clases de vegetación nativa a lo largo y ancho de la Amazonía. Las principales clases que se observaron son bosques húmedos tropicales, bosques tropicales estacionales semi-siempreverdes, sabanas bien drenadas y sabanas pobremente drenadas. La Figura 4 comparada con la Figura 3 muestra la relación entre la vegetación nativa y el numero de meses secos. Es evidente que hay una buena relación general, pero el número de meses secos coincide en los bosques estacionales semi-siempreverdes y en las sabanas.

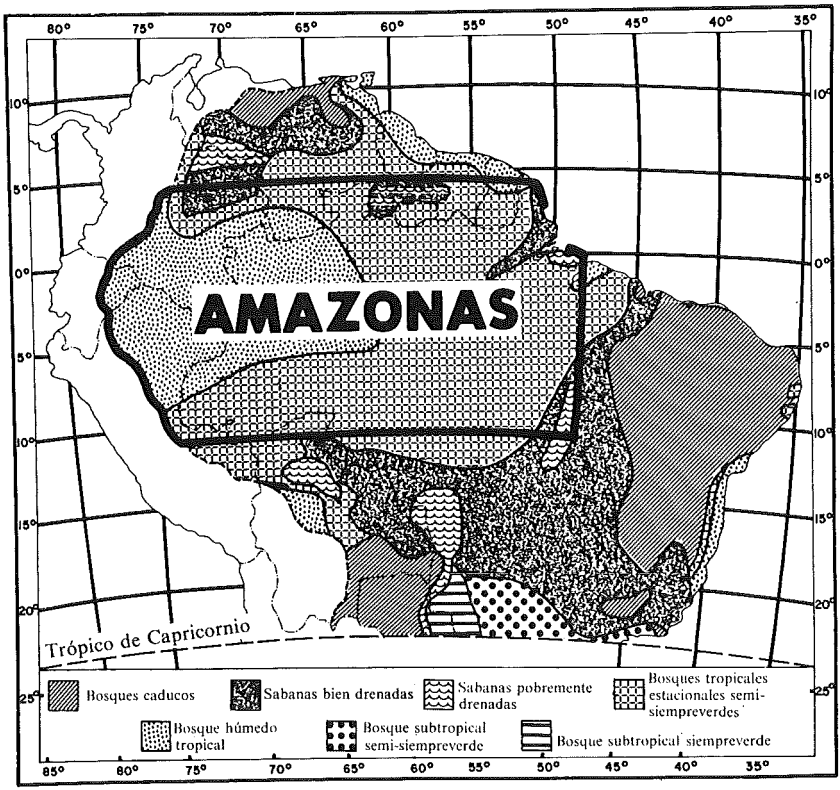


Figura 3. *Clases de vegetación natural de la cuenca amazónica.*

Esto indica que el equilibrio hídrico no explica por sí solo todas las diferencias de vegetación. Cochrane y Jones (1980) han investigado recientemente la dependencia de la vegetación de un número de parámetros climáticos en el trópico suramericano usando los datos de Hancock. Se asignó una clase de vegetación a los suelos bien drenados de cada una de las 251 localidades que contaban con datos meteorológicos para un período de más de 20 años.

Como resultado de una serie de análisis estadísticos sobre los 251 grupos de datos incluyendo la ETPLL, la TPELL, la radiación durante la estación de lluvias, el número de meses lluviosos, la humedad disponible promedio durante la estación seca, la ETP promedio anual, la temperatura promedio durante el año y la radiación promedio anual se encontró que los parámetros que mejor diferenciaban la vegetación eran la ETPLL y la TPELL.

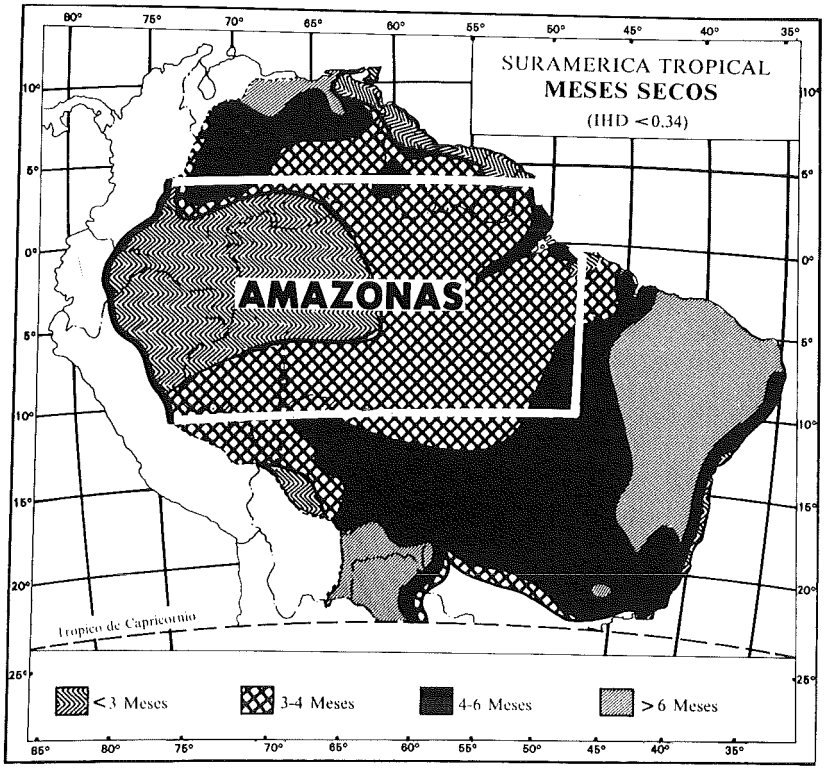
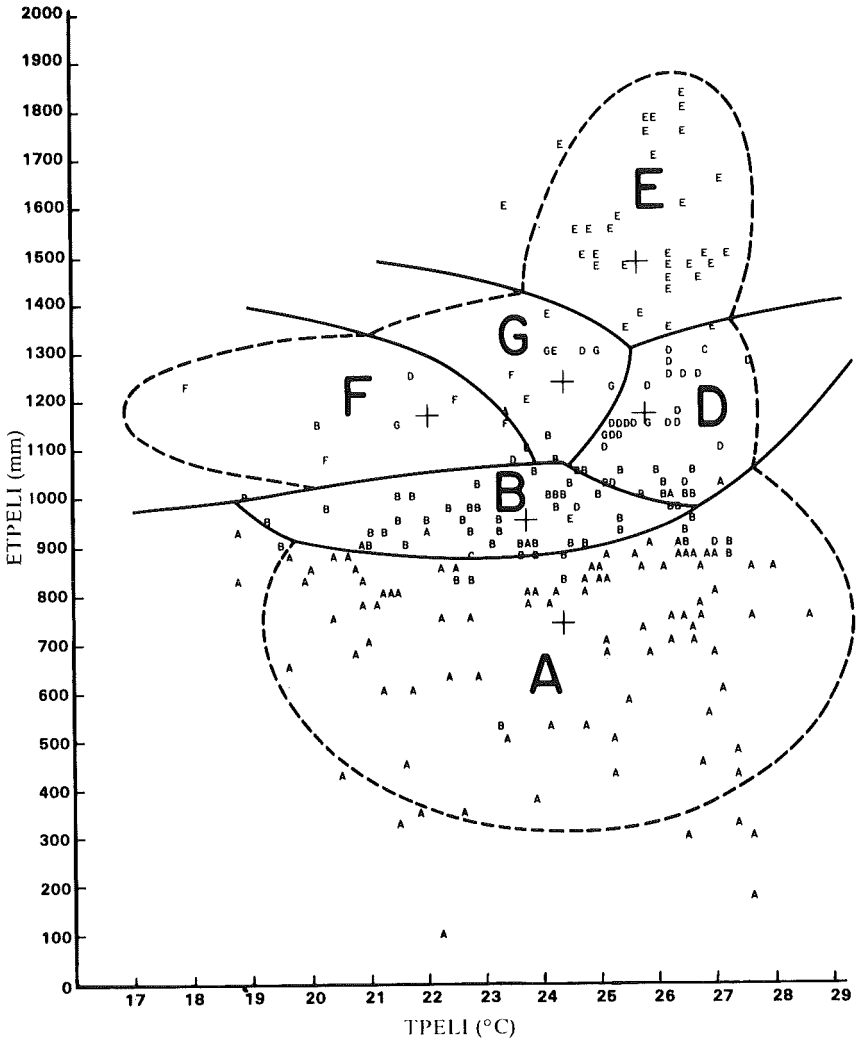


Figura 4. *Número de meses secos por año en la Amazonia.*

La TPELL y la ETPELL de los 251 grupos de datos se sometieron a análisis discriminativos, no sólo paramétricos sino también no-paramétricos y graficados en computador como lo muestra la Figura 5. El agrupamiento de las clases de vegetación puede apreciarse fácilmente. Las probabilidades posteriores de una asignación correcta recibieron los siguientes valores estimados: A, bosques caducos o deciduos, 0,91; B, sábanas bien drenadas, 0,68; D, bosques tropicales estacionales semi-siempreverdes, 0,71; E, bosques húmedos tropicales, 0,87: F, bosques subtropicales semi-siempreverdes, 0,67; y G, bosques subtropicales siempreverdes, 0,60. Utilizando la clasificación descrita por Cover y Hart (1967) e implementada por Barr *et al.* (1976), las probabilidades de una clasificación correcta fueron también altas.



A = Bosque caduco
B = Sabana bien drenada
D = Bosque estacional semi-siempreverde
E = Bosque húmedo tropical
F = Bosque subtropical semi-siempreverde
G = Bosque subtropical siempre-verde

Figura 5. *Diagrama de agrupación de las clases de vegetación en el trópico suramericano en función de la evapotranspiración potencial total y la temperatura media mensual durante la estación lluviosa.*

Nota: Las líneas continuas indican equiprobabilidad de asignación. Las líneas de rayas son elipsoides con un 95 por ciento de confiabilidad para las clases de vegetación.

Fuente: Cochrane y Jones, 1980.

Los regímenes de ETPELL de las principales zonas de vegetación se muestran en la Figura 6. Junto con la duración de la estación de lluvias y las TPELL, ellos suministran una subdivisión conveniente de la Amazonía en cuanto subregiones climáticas, descritas en el Cuadro 1. La ETPELL da un dato aproximado de la energía anual total disponible para el crecimiento de la planta cuando el suelo retiene suficiente humedad para permitir un crecimiento satisfactorio al menos durante una semana bajo los regímenes de ETP prevalecientes.

Figura 6. *Regímenes de evapotranspiración potencial total durante la estación de lluvias en la cuenca del Amazonas.*

Alrededor de un 35 por ciento de la Amazonía cae dentro de la subregión de bosque húmedo tropical, principalmente la mitad occidental de la cuenca del río. Los bosques tropicales estacionales semi-siempreverdes, caracterizados por un estrecho rango de unos ocho a nueve meses de lluvias, ocupan un 57 por ciento del área, principalmente en Brasil al oriente de Manaus. Las sabanas isohipertérmicas son praderas naturales

rodeadas por vegetación de bosques. Estas incluyen las sabanas de Boa Vista, Rupununi, Amapá y Cachimbo; los Llanos de Colombia y Venezuela se excluyen de esta región en razón de sus limitaciones geográficas. La Subregión D viene a ser parte del Cerrado brasileño, el cual difiere de los Llanos por tener un régimen de temperaturas más frío. Un total de dos millones de hectáreas de la subregión D se hallan dentro del área cartografiada pero no se tendrán en cuenta para la discusión posterior por cuanto representan el Cerrado y no la Amazonía. El Cuadro 2 muestra los datos meteorológicos de un sitio representativo de cada una de las subzonas.

Cuadro 1. **Subregiones climáticas de la Amazonia.**

Subregión	Clima*	Nombre	Millones de hectáreas
A	EPTELI > 1.300 mm Estación lluviosa > 9 meses TPELI > 23.5°C	Bosque húmedo tropical	171
B	EPTELI: 1061-1300 mm Estación lluviosa: 8-9 meses TPELI > 23.5°C	Bosque estacional semi-siempreverde	274
C	EPTELI: 900-1060 mm Estación lluviosa: 6-8 meses TPELI > 23.5°C	Sabanas (isohipertérmicas)	37
D	EPTELI: 900-1060 mm Estación lluviosa: 6-8 meses TPELI > 23.5°C	Sabanas (isotérmicas)	2
Total			484

* EPTELI = Evapotranspiración potencial total durante la estación lluviosa. Mes lluvioso: IHD>0,33.
TPELI = Temperatura promedio durante la estación lluviosa.

Al considerar las relaciones entre la ETPELL y la vegetación debe anotarse que el estrés ocasionado por la falta de humedad del suelo se describe en términos del potencial climático para suministrar y extraer humedad del suelo en una localidad dada durante un determinado período de tiempo, con base en la habilidad de los suelos bien drenados francos o arcillosos para almacenar y suministrar agua.

Subregion A: Bosque húmedo tropical
Yurimaguas, Loreto, Perú. Lat. 5°54' S; Long. 76° 5'0; Alt. 179 msnm

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. prom.	26.1	26.4	26.1	26.2	26.0	25.8	25.8	26.6	26.9	26.6	26.6	26.7	26.4
HR prom.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.	98.
% rad. solar	13.	14.	13.	13.	12.	13.	12.	12.	14.	13.	13.	12.	13.
Rad. prom.	308	309	237	287	249	263	342	324	345	379	326	309	306
Prec. prom.	214	225	212	249	177	99	90	93	159	209	210	199	2135
ETP est.	141	138	137	135	134	129	129	139	139	141	142	143	1508
Def. prec.	-73	-87	-75	-114	-43	30	39	46	-20	-68	-68	-56	-627
Prec. con	145	152	143	169	119	64	58	60	111	141	142	134	1051
IHD	1.03	1.10	1.04	1.25	.89	.50	.45	.43	.80	1.00	1.00	.94	.70

Subregión B: Bosque estacional semi-siempreverde
Manaus, AM, Brasil. Lat. 3°8' S; Long 60° 1'0; Alt. 48 msnm

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. prom.	25.9	25.8	25.8	25.8	26.4	26.6	26.9	27.5	27.9	27.7	27.3	26.7	26.6
HR prom.	88.	89.	89.	88.	81.	74.	71.	63.	67.	76.	78.	85.	79.
% rad. solar	38.	36.	37.	38.	48.	56.	59.	67.	63.	54.	51.	43.	49.
Rad. prom.	420.	415.	418.	404.	426.	441.	462.	525.	541.	509.	491.	443.	458.
Prec. prom.	276.	277.	301.	287.	193.	99.	61.	41.	62.	112.	165.	228.	2102.
ETP est.	132.	118.	131.	123.	135.	136.	149.	172.	173.	167.	155.	142.	1732.
Def. prec.	-144.	-160.	-170.	-164.	-58.	37.	88.	131.	111.	55.	-11.	-86.	-370.
Pre. con.	215.	215.	236.	224.	114.	64.	32.	15.	33.	75.	120.	174.	
IHD	1.62	1.83	1.80	1.82	1.06	0.47	0.22	0.09	0.19	0.45	0.78	1.22	

Subregión C: Sabanas
Conceição de Araguaia, Pa., Brasil. Lat. 8°15' S; Long. 49°15' 0; Alt. 90 msnm

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. prom.	25.1	24.9	25.2	25.6	25.6	25.1	24.9	26.0	26.7	25.8	25.6	25.2	25.5
H.R. prom.	88.	89.	88.	79.	65.	48.	44.	54.	70.	83.	83.	89.	73.
% rad. solar	38.	37.	38.	50.	66.	79.	82.	74.	60.	46.	45.	36.	54.
Rad. prom.	437.	431.	428.	453.	470.	488.	510.	530.	521.	479.	477.	427.	471.
Prec. prom.	253.	252.	263.	163.	60.	8.	7.	15.	64.	163.	196.	227.	1671.
ETP est.	135.	119.	132.	137.	147.	146.	156.	167.	162.	150.	144.	132.	1727.
Def. prec.	-118.	-133.	-131.	-26.	87.	138.	149.	152.	98.	-13.	-51.	-95.	56.
Pre con.	195.	194.	204.	119.	31.	0.	0.	0.	34.	119.	146.	173.	
IHD	1.45	1.63	1.54	0.87	0.21	0.00	0.00	0.00	0.21	0.79	1.01	1.31	

En los suelos que tienen menos de esta capacidad asumida para almacenar agua para las plantas, tales como spodosoles arenosos, la vegetación puede sufrir rápidamente por la falta de humedad. Tales situaciones son comunes en la cuenca del Amazonas. Como Alvim (1978) anota, las áreas de vegetación de "campirana" predominan en suelos arenosos con muy baja capacidad de retención de humedad rodeados por suelos con una capacidad de retención de humedad mayor cubiertos por bosques estacionales semisiempreverdes. Alvim y Silva (1979), en su comparación de los bosques de la Amazonía con las sabanas del centro de Brasil, también señalan el valor de los estudios sobre balance hídrico y que las diferencias en los tipos de vegetación pueden explicarse con base en las cifras anuales del balance hídrico. Esto no está en conflicto con el concepto de la ETPELL, puesto que la determinación del balance hídrico es básica para su definición.

El concepto de la ETPELL ha suministrado un nuevo enfoque en la zonificación de subregiones climáticas a lo largo de la Amazonía para producción de cultivos perennes sin irrigación. Esto conduce a un mejor entendimiento de la región y ha proporcionado una base para definir ampliamente condiciones climáticas comparables para la selección, ensayo y transferencia de las nuevas introducciones de pastos (CIAT, 1980). Estudios recientes, incluyendo los de Ranzani (1978), ayudarán a definir de una manera más precisa la habilidad de los suelos *per se* para suministrar humedad, y mejorar la estimación del balance hídrico para sistemas agrícolas específicos.

Paisaje

La región amazónica ha sido subdividida en 215 sistemas de tierra. La Figura 7 ilustra la forma como se cartografían los sistemas de tierra mediante radar de imágenes oblicuas; dicha figura corresponde a una zona a 350 km al oeste de Manaus. La Figura 8, reproducida de la codificación del computador para el Sistema de Tierras 257, muestra cómo este sistema está subdividido en varias facetas de tierra. La Figura 9 resume la topografía de la región amazónica.

Tierras pobremente drenadas. Aproximadamente un 23 por ciento del área (109 millones de ha) está pobremente drenada. El 85 por ciento del área (97 millones de ha) está cubierta por bosques y el resto por sabanas nativas. La vasta extensión de bosques deficientemente drenados, en especial aquellos situados en el noroeste, impone una barrera natural al desarrollo. Sin embargo, las tierras inundadas periódicamente o "várzeas", de los principales sistemas fluviales, a menudo tienen suelos naturalmente

fértiles, y es probable que un porcentaje cada vez mayor de esta área sea destinado a una producción más intensiva de cultivos, incluyendo arroz de fangueo, en un futuro no muy lejano. Las tierras de sabana pobremente drenadas se han utilizado exitosamente desde la época colonial para la producción de ganadería extensiva; importantes áreas están localizadas en la isla de Marajó en la boca del río Amazonas, en las planicies de Humaitá al sur de Porto Velho en Rondonia, en el Pantanal de Araguaia sobre el margen sureste de la Amazonía, en partes de las sabanas de Amapá cerca de la boca del Amazonas y en partes de las sabanas de Boa Vista en Roraima.

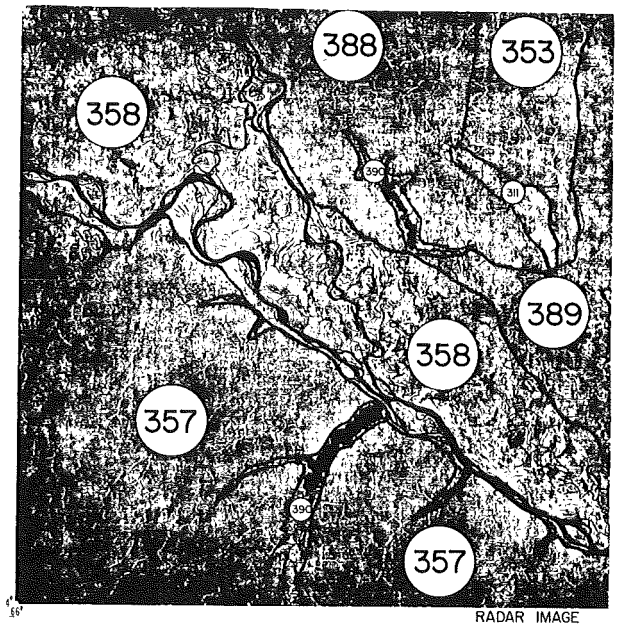


Figura 7. *Cartografía de sistemas de tierra sobre imágenes obtenidas mediante radar de imágenes oblicuas a 350 km al occidente de Manaus, Brasil.*

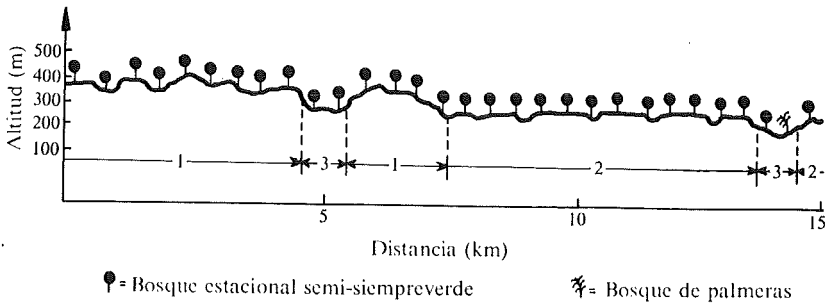


Figura 8. *Diagrama de la forma fisiográfica que muestra la subdivisión de paisajes en facetas (sistema de tierras No. 257).*

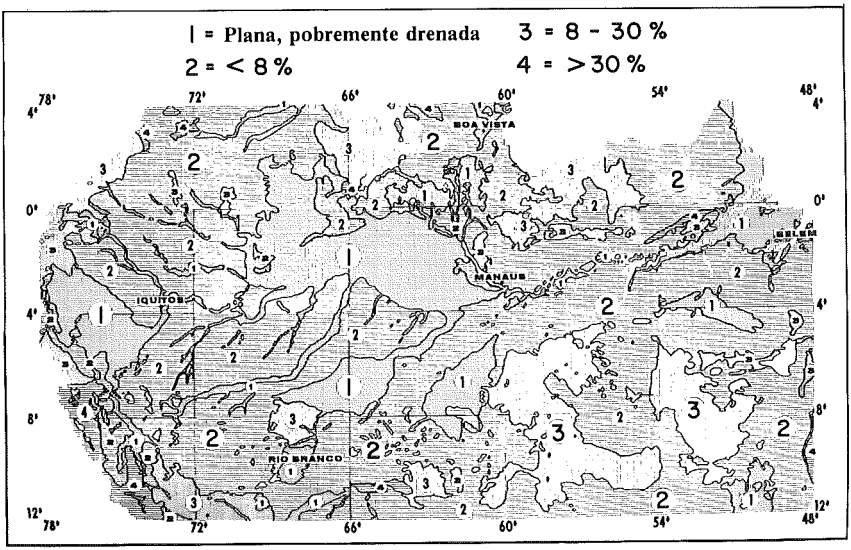


Figura 9. *La topografía de la cuenca del Amazonas.*

Tierras bien drenadas. Cerca del 77 por ciento de la región amazónica (375 millones de ha) posee un drenaje moderadamente bueno. La mayor parte (350 millones de ha) está cubierta de bosques y los 25 millones de hectáreas restantes incluyen las facetas bien drenadas de las sabanas de Amapá y Boa Vista, junto con una parte de las sabanas de Araguaia y Alcantillados hacia el sur y el este. Aproximadamente un 64 por ciento de los terrenos bien drenados (242 millones de ha) tiene pendientes menores del 8 por ciento, y 36 por ciento (133 millones de ha) tiene pendientes mayores del 8 por ciento. Las tierras relativamente planas están a menudo surcadas por pequeños arroyos. En efecto, cerca de un 88 por ciento del área total contiene arroyos permanentes a intervalos menores de 10 km y 63 por ciento a menos de 5 km.

El Cuadro 3 proporciona una clasificación de la topografía de las extensas subregiones climáticas. En la subregión A hay una proporción significativamente más alta de terrenos pobremente drenados que en el resto de la Amazonía. Aún así, el 71 por ciento de las áreas de bosques húmedos tropicales tiene buen drenaje; de este porcentaje, 79 millones de ha tienen pendientes menores de ocho por ciento. A excepción de unas pocas áreas en los piedemontes subandinos, como la región de Florencia en Colombia y cerca de las principales ciudades en la Selva Baja del Perú, la mayoría de estas tierras están aún cubiertas por vegetación nativa de bosque húmedo tropical. Las variaciones fisiográficas son comunes y

pintorescas a lo largo del estrecho piedemonte subandino. Sin embargo, a medida que se aparta del piedemonte, el terreno se torna más uniforme y ligeramente ondulado, aunque a menudo se entremezcla con zonas extensas de tierras pobremente drenadas, conocidas como "aguajales" en el Perú.

Cuadro 3. **Topografía de las subregiones climáticas de la región amazónica expresada en millones de hectáreas.**

Subregión climática	Topografía (% pendiente)				Total
	Plana pobremente drenada	Bien drenada			
		0-8%	8-30%	>30%	
	Millones de hectáreas				
A. Bosque húmedo tropical	50	79	30	12	171
B. Bosque estacional semi-siempreverde	47	142	69	16	274
C. Sabanas isohipertérmicas	12	19	4	2	37
D. Sabanas isotérmicas	0	2	0	0	2
Total	109	242	103	30	484
%	23	50	21	6	100

Sin lugar a dudas, la mayor área con terrenos bien drenados se encuentra en la subregión B particularmente en el centro, el oriente y el sur de la Amazonía. Aquí el bosque original estacional semi-siempreverde está intacto en su mayor parte, aunque áreas considerables, especialmente en Rondônia, han sido alteradas en años recientes. Cerca del 62 por ciento de estos terrenos bien drenados son relativamente planos, con pendientes menores del 8 por ciento. El paisaje de la subregión B es menos variable que los terrenos situados en la subregión A. Sin embargo, hay diferencias fisiográficas de consideración, ya que la subregión B está bastante dividida por numerosos afluentes del sistema fluvial del Amazonas. Los ríos más grandes a menudo poseen vastas vegas ribereñas o "várzeas". Al sur del río Amazonas al occidente de Manaus se encuentra una extensa área de terrenos deficientemente drenados.

Los 345 millones de hectáreas de las tierras bien drenadas de la Amazonía con pendientes menores de 30 por ciento representan una de las mayores reservas del mundo, y quizás la última, para cultivos, pastos y producción agroforestal bajo condiciones de lluvia. De aquí que las condiciones del suelo se deban estudiar cuidadosamente.

Geografía del Suelo

El Cuadro 4 muestra la distribución por áreas de los suelos de la Amazonía a nivel del orden, suborden y gran grupo. Este cuadro se considera tentativo y sujeto a cambios a medida que se disponga de estudios más detallados. Se observan siete de los 10 órdenes de suelos; únicamente los vertisoles, aridisoles e histosoles no se incluyen en este estudio (Fig. 10). La gran mayoría de los suelos fueron clasificados como oxisoles y ultisoles, y abarcan el 75 por ciento de la región. Les siguen en extensión los entisoles, con cerca del 15 por ciento, casi todos de origen aluvial y se encuentran a lo largo de la vertiente amazónica. Los cinco órdenes restantes cubren áreas relativamente pequeñas pero son localmente importantes: alfisoles (4%), inceptisoles (3%), spodsoles (2%), y molisoles y vertisoles con menos del 1 por ciento.

Cuadro 4. **Distribución de suelos en la región amazónica a nivel de gran grupo. Clasificación tentativa.**

Orden	Suborden	Gran grupo	Millones de hectáreas	% de la Amazonía
Oxisoles	Orthox	Haplorthox	137.8	28.5
		Acrorthox	67.5	14.0
		Eutrorthox	0.3	0.1
	Ustox	Acrustox	6.6	1.4
		Haplustox	4.8	1.0
		Eutrustox	2.0	0.4
	Aquox	Plinthaquox	0.9	0.2
	Total Oxisoles		219.9	45.5
Ultisoles	Udults	Tropudults	83.6	17.3
		Paleudults	29.9	6.2
		Plinthudults	7.6	1.6
	Aquults	Plinthaquults	12.2	2.5
		Tropaquults	7.1	1.5
		Paleaquults	0.7	0.1
		Albaquults	0.1	0.1
	Ustults	Rhodustults	0.5	0.1
	Total Ultisoles		141.7	29.4

Cuadro 4. **Distribución de suelos en la región amazónica a nivel de gran grupo. Clasificación tentativa (continuación).**

Orden	Suborden	Gran grupo	Millones de hectáreas	% de la Amazonía
Entisoles	Aquents	Fluvaquents	44.8	9.3
		Tropaquents	6.7	1.4
		Psammaquents	2.8	0.6
		Hydraquents	0.6	0.1
	Orthents	Troporthents	6.9	1.4
	Psamments	Quartzipsamments	5.5	1.1
	Fluvents	Tropofluvents	4.7	1.0
	Total Entisoles		72.0	14.9
Alfisoles	Udalfs	Tropudalfs	16.5	3.4
	Aqualfs	Tropaqualfs	3.3	0.7
	Total Alfisoles		19.8	4.1
Inceptisoles	Aquepts	Tropaquepts	10.6	2.2
		Humaquepts	0.5	0.1
	Tropepts	Eutropepts	4.3	0.9
		Dystropepts	0.6	0.1
	Total Inceptisoles		16.0	3.3
Spodosoles	Aquods	Tropaquods	10.5	2.2
Molisoles	Udolls	Argiudolls	2.8	0.6
	Aquolls	Haplaquolls	0.9	0.2
	Total Molisoles		3.7	0.8
Vertisoles	Uderts	Chromuderts	0.5	0.1
Total Ordenes			484.0	100.0

El Cuadro 4 muestra que el 75 por ciento de los suelos de la Amazonía está incluído en cinco grandes grupos: Haplorthox (29%), Tropudult (71%), Acrorthox (14%), Fluvaquent (9%) y Paleudult (6%).

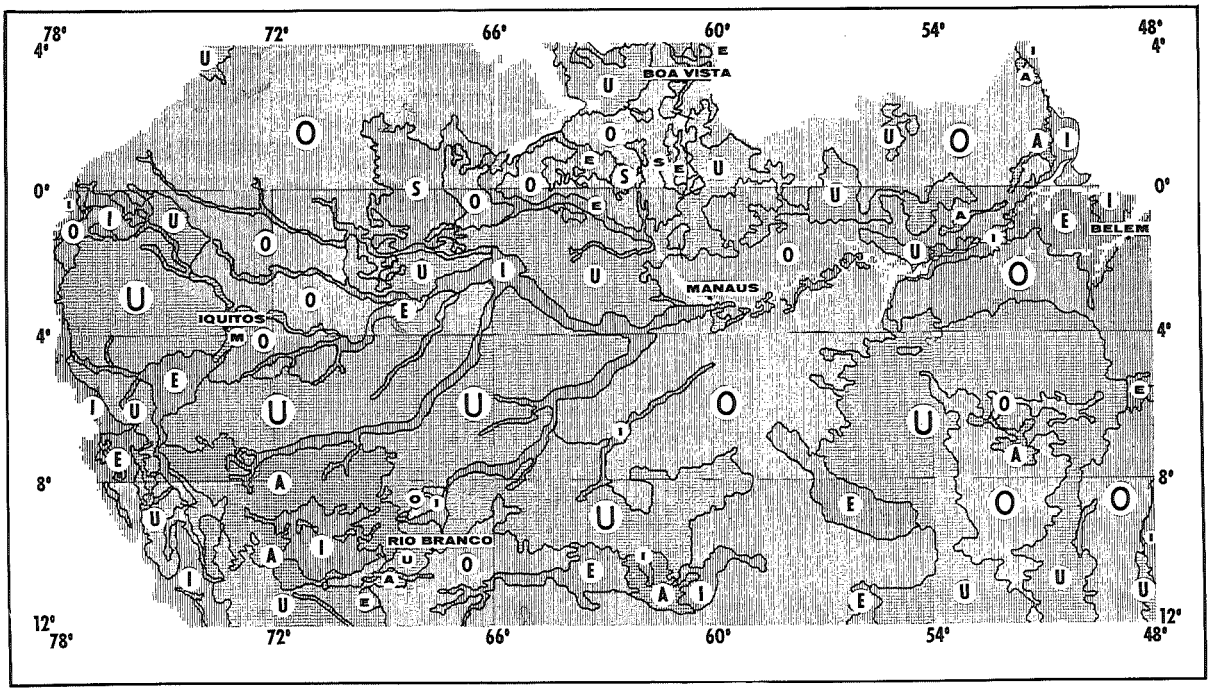


Figura 10. *Mapa de órdenes de suelos de la cuenca del Amazonas.*

Oxisoles

Los Haplorthox son oxisoles uniformes bien drenados, con una fertilidad natural muy baja pero con una buena estructura granulada. También son conocidos como Latosol Amarelo y Ferrasol Xántico en las clasificaciones brasileña y de la FAO. Muchos de ellos tienen un contenido de arcilla muy alto. Los Acrorthox son similares con la excepción de que las arcillas tienen una capacidad de intercambio catiónico más baja. Los oxisoles de la Amazonía no son, en general, buenos fijadores de P. Estos últimos están más que todo con vegetación natural, pero vastas áreas se emplean para la ganadería extensiva y cultivos permanentes.

Ultisoles

Los ultisoles son muy extensos tanto en los sitios bien drenados como en los de drenaje deficiente. Los Tropudults y Paleudults son suelos bien drenados, ácidos e infértiles, pero con menos propiedades físicas deseables que los oxisoles a causa del considerable incremento de arcilla a medida que aumenta la profundidad. También se les conoce como Red Yellow Podzolics, Acrisoles Ortìcos y Podsólicos Vermelho Amarelo. La diferencia entre estos dos grandes grupos es que la profundidad de la comba de arcillas en el subsuelo es de poca importancia agronómica.

El Cuadro 5 muestra ejemplos de Paleudults que son bastante representativos de las tierras altas con drenajes buenos o deficientes de la subregión A. La parte con suelos bien drenados es ácida, infértil y susceptible a la compactación debido al bajo contenido de arcilla. El área de suelos pobremente drenados presenta contenidos muy altos de Al intercambiable en el subsuelo que corresponden a una capa arcillosa moteada la cual es una mezcla de caolinita y montmorillonita, que a primera vista parece ser plintita, pero el análisis demuestra que no lo es (Sánchez y Buol, 1974). Algunos de estos suelos están dedicados a la agricultura migratoria en el alto Amazonas, pero la mayoría aún está cubierta por vegetación nativa.

Suelos aluviales

Los suelos de las vegas ribereñas (várzeas) aunque menos extensos, son muy importantes porque es allí donde se produce la mayor parte de los cultivos de plantas alimenticias en la Amazonía. Ellos muestran poco o ningún desarrollo del perfil y han sido clasificados como entisoles (Fluvaquents), inceptisoles y molisoles. Estos suelos son conocidos en otros sistemas de clasificación como suelos aluviales, suelos hidromórficos, Low Humic Gleys y gleysoles dístricos o eutricos.

Cuadro 5. **Muestras de pérfiles representativos de oxisoles, ultisoles y suelos aluviales extensos de la Amazonía y de spodosoles y alfisoles menos extensos pero de importancia local. Subregiones A y B únicamente.**

Profundidad del horizonte	Arcilla	Arena	pH	C org.	Intercambiables				CICE	Sat. Al
					Al	Ca	Mg	K		
cm	%	%	H_2O	%	meq/100 g					%
OXISOL[1]										
0-40	38	38	4.2	0.4	1.2	0.08	0.28	0.15	1.76	71
40-75	43	30	5.0	0.2	1.5	0.10	0.23	0.10	1.93	78
75-176	37	27	5.1	0.0	1.0	0.10	0.20	0.10	1.40	71
176-216+	38	26	5.5	0.0	1.4	0.10	0.70	0.03	1.73	81
OXISOL[2]										
0-8	76	15	4.6	2.9	1.1	1.70	0.30	0.19	3.29	33
8-22	80	12	4.4	0.9	1.1	0.20		0.09	1.39	79
22-50	84	8	4.3	0.7	1.2	0.20		0.07	1.47	82
50-125	88	7	4.6	0.3	1.0	0.20		0.04	1.24	81
125-265	89	5	4.9	0.2	0.2	0.20		0.11	0.51	39
ULTISOL[3]										
0.7	15	67	4.0	1.5	0.8	1.60	0.10	0.12	2.62	31
7-48	23	57	3.5	0.5	3.2	1.60	0.10	0.08	4.98	64
48-67	25	57	3.5	0.5	4.4	0.80	0.10	0.08	5.38	82
67-157+	29	57	3.5	0.4	5.3	0.60	0.10	0.08	6.08	87
ULTISOL[4]										
0-3	27	25	5.2	6.3	0.2	4.20	2.10	0.52	7.1	3
3-21	45	17	4.3	1.9	4.0	2.20	1.20	0.40	7.9	51
21-62	59	15	4.2	1.0	8.7	0.80	0.90	0.32	10.8	81
62+	59	21	4.1	0.5	11.6	0.40	0.70	0.24	13.1	89

[1] Perfil 3 de Ranzani, 1978; Oxisol: Tropeptic Haplustox (Latosol Amarelo) CCF; Cdaek. Km 308,8 de la carretera transamazónica, Marabá, Brasil.

[2] Perfil SBCS-4 de Camargo y Rodrígues, 1979; Oxisol: Haplic Acrorthox (Latosol Amarelo muito pesado) CCF:Caek. Estación UEPAE, EMBRAPA, Manaus, Brasil.

[3] Perfil Y-6 de Sánchez y Buol, 1974; Ultisol: typic Paleudult (Serie Yurimaguas). CCF: Laek, Estación Experimental de Yurimaguas, Perú.

[4] Perfil Pu-2 de North Carolina State University, 1973; Ultisol: Aquic Paleudult. (Serie Pucallpa) CCF: LCgh. Estación IVITA Pucallpa, Perú.

Cuadro 5. **Muestras de pérfiles representativos de oxisoles, ultisoles y suelos aluviales extensos de la Amazonía y de spodosoles y alfisoles menos extensos pero de importancia local. Subregiones A y B únicamente (continuación).**

Profundidad del horizonte	Arcilla	Arena	pH	C org.	Intercambiables				CICE	Sat. Al
					Al	Ca	Mg	K		
cm	%	%	H_2O	%	meq/100 g					%
ENTISOL[5]										
0-20	41	30	4.8	1.2	1.5	0.70	0.90	0.20	2.67	57
20-70	38	38	4.9	0.5	0.9	0.60	0.70	0.10	2.30	39
70-130	66	31	5.1	0.5	0.2	1.00	1.40	0.30	2.63	76
MOLLISOL[6]										
0-10	24	13	6.0	1.5	0.0	11.0	3.10	0.22	14.32	0
10-50	20	19	6.1	0.8	0.0	10.4	3.60	1.52	15.52	0
50-120+	10	36	6.3	0.4	0.0	6.8	2.30	0.20	4.78	0
SPODOSOL[7]										
0-3	2	89	3.8	6.3	5.4		0.30	0.16	5.86	92
3-25	2	95	4.4	0.5	0.7		0.10	0.04	0.84	83
25-50	2	94	5.0	0.1	0.1		0.10	0.02	0.12	83
50-90	1	98	5.1	0.0	-		0.10	0.01	0.11	-
90-105	5	93	3.7	1.1	3.0		0.10	0.04	3.14	96
105-125	9	91	4.7	2.2	2.9		0.10	0.03	3.03	96
125-165	16	76	5.6	0.8	0.4		0.10	0.03	0.53	75
ALFISOL[8]										
0-20	48	34	5.9	1.5	0.0	5.59	1.20	0.16	6.95	0
20-40	57	24	5.8	1.1	0.0	4.40	0.62	0.06	5.00	0
40-60	69	19	6.0	0.6	0.0	2.62	0.58	0.04	3.24	0
60-80	62	16	5.9	0.5	0.0	2.30	0.82	0.04	3.16	0
80-100	71	15	6.1	0.4	0.0	2.18	1.06	0.04	3.28	0

[5] Perfil p. 146-147 en FAO-UNESCO. 1971; Entisol: Fluvaquent (Gley Pouco Humico), CCF: Cgh. Vega Ribera Río Cupixi, Amapá, Brasil.

[6] Perfil 1-4 de Sánchez y Buol, 1974; Molisol: Fluventic Haplaquoll (Aluvial) CCF: Lg. Restinga (Vega Ribereña) Río Amazonas 30 km E. de Iquitos, Perú.

[7] Perfil SBCS 2 de Camargo y Rodrígues, 1979: Arenic Tropaquod (Podzol Alico). CCF: Sgaek. Km 4.5 de BR-174 SUFRAMA. Manaus, Brasil.

[8] Perfil IPEAN 9142/46 de Falesi, 1972. No se suministró el subgrupo (el perfil tiene propiedades de los subgrupos Rhodic, Ultic y Oxic Paleustalf), Alfisol: Arthoxic Rhodic paleustalf (Terra Roxa Estruturada Eutrófica) CCF: Cd. Km 218.0 carretera transamazónica cerca de Altamira, Brasil.

La inundación periódica es el principal factor limitante pero es difícil de prever porque los niveles del río están sujetos a la influencia de las lluvias de los Andes y de otras cuencas distantes.

En el Cuadro 5 se presentan dos ejemplos: un entisol de Amapá en Brasil y un molisol en las orillas del Amazonas cerca de Iquitos, Perú. Hay una gran diferencia en la fertilidad natural, debido a las fuentes de sedimentos, una característica muy variable de los suelos de "várzeas" y "barriales"*. En consecuencia, no se puede generalizar que los suelos aluviales amazónicos son siempre de una fertilidad natural alta.

Spodosoles

Otro orden de suelos digno de atención son los spodsoles, conocidos también como podzoles, Ground Water Podzols y Giant Tropical Podzols, incluyendo sus variantes más profundos como Psamments. Estos suelos se desarrollan a partir de materiales arenosos gruesos y se encuentran en lugares predecibles, especialmente en el norte de la Amazonía lejos de las vegas ribereñas. Su vegetación de bosque natural, llamada "campinarana", refleja el estrés por falta de humedad de la estación seca *versus* la condición de drenaje deficiente en la estación húmeda (en las clases hidromórficas), y es mas baja y mas abierta que la que se encuentra en los oxisoles y ultisoles. El Proyecto Radambrasil (1972-78) recientemente identificó extensas áreas de spodsoles a lo largo de las cabeceras del río Negro. El color de este río se debe en gran parte a que el agua al pasar a través de los spodsoles arrastra ácidos orgánicos. El Cuadro 5 muestra un ejemplo cerca al bosque Dücke próximo a Manaus. Como son extremadamente infértiles y muy susceptibles a la erosión es preferible dejar estos suelos en su estado natural. Desafortunadamente, los spodsoles han recibido más atención científica de la que merecen en razón del área que ocupan (2.2 por ciento de la Amazonía), en particular en relación con el ciclo de nutrimentos. Es por eso que la investigación sobre spodsoles tropicales publicada en la literatura internacional (Klinge, 1965, 1967, 1975; Stark, 1978; Sombroek, 1979) debe tenerse presente pero bajo ninguna circunstancia debe extrapolarse a los oxisoles y ultisoles dominantes.

Suelos fértiles bien drenados

Desafortunadamente sólo un 6 por ciento de la Amazonía tiene suelos bien drenados con una fertilidad natural relativamente alta. Estos son clasificados principalmente como Tropudalfs y Paleustalfs (Terra Roxa Estruturada), Eutropepts (Cambisoles Eutricos), Tropofluvents (aluviales

* Términos brasileño y peruano, respectivamente, para designar las zonas a lo largo de los ríos sujetas a inundación periódica. (Nota del editor.)

bien drenados), argiudoles (Chernozems), Eutrustox y Eutrorthox (Terra Roxa Legítima) y Chromuderts (vertisoles). Sin embargo, ellos representan un total de 31 millones de hectáreas y donde se encuentran, la agricultura permanente tiene mayores probabilidades de éxito, particularmente en los suelos de Terra Roxa, los cuales aunan una fertilidad natural alta y propiedades físicas excelentes. El Cuadro 5 muestra un ejemplo de una Terra Roxa Estruturada cerca de Altamira, Brasil. Muchas de las plantaciones de cacao prósperas están localizadas en dichos suelos. Estos magníficos suelos están localizados cerca de Altamira, Porto Velho y Rio Branco en Brasil, y en el oriente ecuatoriano asociados con depósitos volcánicos relativamente recientes.

Peligro de las lateritas o plintitas

La extensión de suelos con plintita en el subsuelo (Plinthaquox, Plinthaqualts, Plinthudults) es limitada. Abarcan cerca de 21 millones de ha o un 4 por ciento de la Amazonía. Este punto es digno de énfasis, dadas las amplias generalizaciones de que los suelos amazónicos una vez desprovistos de su vegetación natural se transformarán irreversiblemente en laterita o plintita endurecidas. Estos tres grandes grupos son los únicos suelos donde el fenómeno se puede presentar, pero como la plintita blanda está en el subsuelo, el suelo tiene que ser removido por la erosión antes de que la plintita pueda endurecerse. No obstante, como estos suelos son característicos de áreas planas, pobremente drenadas, la erosión probablemente no será extensa.

Los afloramientos de laterita dura mezclada algunas veces con materiales del suelo, se presentan en lugares geomórficamente predecibles en lugares de la Amazonía geológicamente afectados por los escudos de la Guayana y del Brasil. Estos afloramientos son aprovechables como materiales para la construcción de carreteras a muy bajo costo. La carencia de plintita o laterita en áreas del alto Amazonas no afectadas por los escudos Precámbricos es una gran limitación para la construcción de vías y otro tipo de obras. Muchos subsuelos pobremente drenados de estas áreas tienen un color moteado semejante al de la plintita, pero son mezclas de arcillas minerales en relaciones de 1:1 y 2:1 (Sánchez y Buol, 1974; Tyler *et al.*, 1978).

Los suelos en relación con las subregiones climáticas y la posición topográfica

El Cuadro 6 provee una estimación de área ocupada por los grandes grupos de acuerdo a las subregiones climáticas y a las subdivisiones topográficas.

Cuadro 6. Distribución de los grandes grupos según las subregiones climáticas y la posición topográfica. Los porcentajes indican la pendiente (se excluye la subregión D que abarca 2,51 millones de ha).

Orden y Gran Grupo	Area total	Subregión A-Bosque húmedo				Subregión B-Bosque estacional semi-siempreverde				Subregión C- Sabanas			
		Drenaje pobre	Bien drenada			Drenaje pobre	Bien drenada			Drenaje pobre	Bien drenada		
			0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%
	millones de hectáreas												
Oxisoles													
Haplorthox	134.8	-	33.0	16.7	6.2	-	49.8	20.2	5.1		3.6	0.3	-
Acrorthox	67.5	-	1.7	1.3	0.8	-	31.6	22.0	5.7	-	3.5	0.8	0.1
Acrustox	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-		5.2	1.2	0.2
Haplustox	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-		3.1	0.8	0.9
Eutrustox	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-		1.4	0.6	-
Plinthaquox	0.9	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-
Eutrorthox	0.3	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-
Total	216.9	-	34.7	18.0	7.0	0.9	81.7	42.2	10.8	-	16.8	3.7	1.2
%	100	-	17	8	3	1	36	19	5		8	2	1
Ultisoles													
Tropudults	83.0		21.2	2.4	0.1		40.8	14.9	3.6	-	-	-	-
Paleudults	29.9		7.9	1.0	-		15.0	6.3	0.6	-	-	-	-
Plinthaquults	12.2	5.6	3.5	0.2	-	0.5	0.1	-	-	2.2	0.1	-	-
Plinthudults	7.6	4.9	1.3	0.3	-	0.1	0.3	-	-	-	0.7	-	-
Tropaquults	7.1	0.8	0.1	-	-	6.2			-	-	-	-	-
Paleaquults	0.7	-	-	-	-	0.5	0.2	-	-	-	-	-	-
Rhodustults	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	0.1	-
Albaquults	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-
Total	141.1	11.3	34.0	3.0	0.1	7.3	56.4	21.2	4.2	2.3	1.1	0.1	-
%	100	8	24	2	-	5	40	15	3	2	1	-	-
Entisoles													
Fluvaquents	46.1	21.7	-	-	-	23.6	-	-	-	0.8	-	-	-
Troporthents	6.9	-	0.7	2.0	3.8	-	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-
Tropaquents	6.1	-	-	-	-	0.6		-	-	5.5	-	-	-
Quartzipsamments	5.5	-	-	-	-	-	4.5	0.5	-	-	0.5	-	-
Tropofluvents	4.7	-	2.0	-	-	-	2.2	0.1	-	-	0.4	-	-
Psammaquents	2.8	2.3	-	-	-	0.1	-	-		0.4	-	-	-
Hydraquents	0.6	-	-	-	-	0.5		-	-	0.1	-	-	-
Total	72.7	24.0	2.7	2.0	3.8	24.8	6.7	0.7	0.2	6.8	0.9		

Cuadro 6. **Distribución de los grandes grupos según las subregiones climáticas y la posición topográfica. Los porcentajes indican la pendiente (se excluye la subregión D que abarca 2,51 millones de ha) (continuación).**

Orden y Gran Grupo	Subregión A-Bosque húmedo					Subregión B-Bosque estacional semi-siempreverde				Subregión C-Sabanas			
		Drenaje pobre	Bien drenada			Drenaje pobre	Bien drenada			Drenaje pobre	Bien drenada		
			0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%
	millones de hectáreas												
Alfisoles													
Tropudalfs	6.6		0.2	-	-		4.5	1.7	0.2	-	-	-	-
Tropaqualfs	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3			
Total	9.9		0.2				4.5	1.7	0.2	3.3			
%	100		2				46	17	2	33			
Inceptisoles													
Tropaquepts	10.6	4.2			-	6.0			-	0.4		-	-
Eutropepts	4.3		3.2	0.9	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Dystropepts	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-		0.6	-	-
Humaquepts	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-
Total	16.0	4.2	3.2	0.9	0.2	6.0				0.9	0.6		
%	100	26	20	6	1	37				6	4		
Spodosoles													
Tropaquods	10.5	8.4		-	-	2.1		-	-	-	-	-	-
Molisoles													
Argiudolls	2.8	-	1.4	1.2	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-
Haplaquolls	0.9	0.6	-	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-
Vertisoles													
Chromuderts	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	14.7	9.0	1.9	1.2	0.1	2.4	0.2						
%	100	61	13	8	1	16							

* Incluye los subgrupos aquico y aérico.

De este cuadro puede deducirse que la alta proporción de ultisoles y oxisoles en la subregión A (bosques húmedos tropicales) en comparación con la subregión B (bosques tropicales estacionales semi-siempreverdes) está asociada con las áreas de drenaje deficiente donde los ultisoles húmedos son abundantes. En los terrenos con buen drenaje de la subregión A, la relación de ultisoles a oxisoles es casi idéntica a la de la subregión B (0.36 comparado con 0.38 en la subregión B). Los dos grandes grupos principales de los ultisoles en las subregiones A y B, los Tropudults y Paleudults, se encuentran en casi igual proporción en ambas subregiones. Por otro lado, la proporción de los grandes grupos de oxisoles más comúnmente encontrados en ambas regiones, Haplorthox y Acrorthox, varía considerablemente. La extensión de los Acrorthox con una capacidad de intercambio catiónico muy baja (1,5 meq/ 100 g de arcilla) es mucho mayor en la subregión B que en la subregión A.

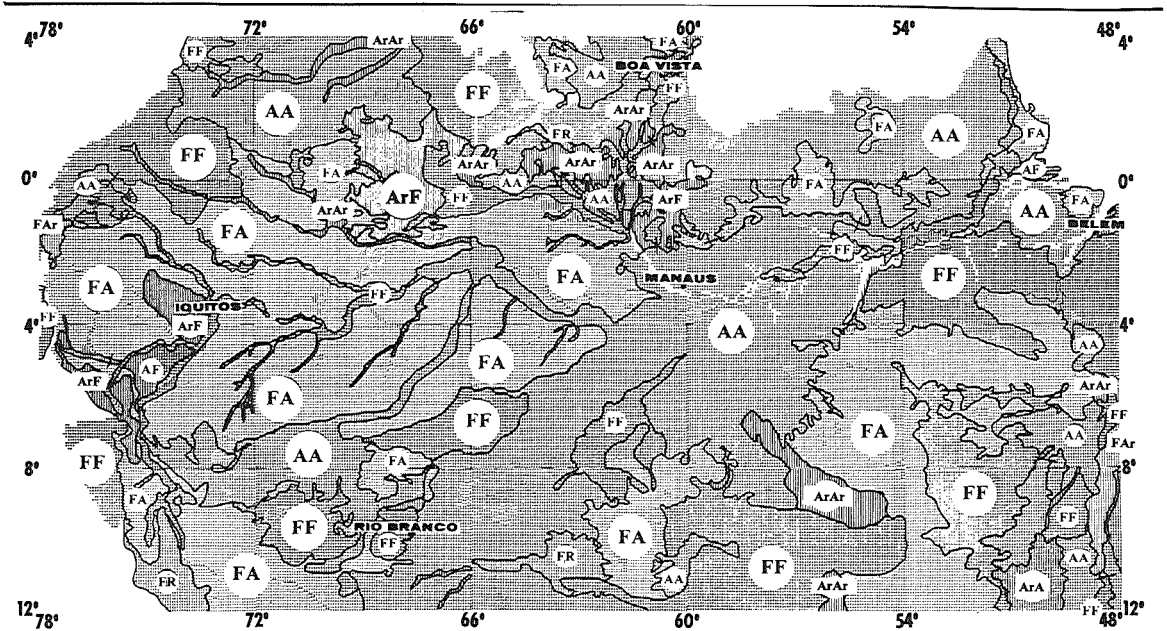
Propiedades Físicas de los Suelos

Textura del suelo

La Figura 11 es un mapa de la textura del suelo a una profundidad de 50 cm basado en computador de acuerdo al criterio de la CCF. El Cuadro 7 muestra la información tabulada con base en las subdivisiones climática y topográfica. La clase de textura más extensa en la capa superficial del suelo es la franca (18-35% de arcilla) y las más extensas en el subsuelo son las texturas franca (F) y arcillosa (A) (35% de arcilla). Estas F y FA juntas representan el 72 por ciento de los suelos de la Amazonía. Les siguen los perfiles arcillosos uniformes (A) con un 21 por ciento del área; el resto se divide entre los suelos poco profundos sobre rocas (R) y otras combinaciones de texturas. Las clases arcillosa y franca sobre roca (AR y FR) indican que hay una barrera física para el desarrollo de las raíces a 50 cm o menos en sólo un 0.4 por ciento de la región. Las texturas arenosas (Ar) en la capa superficial del suelo constituyen una minoría en la Amazonía.

Peligro de erosión

El Cuadro 7 también suministra una síntesis de las clases de pendientes en la Amazonía. Cerca de un 72 por ciento de la región tiene pendientes suaves (de 0 a 8%). La topografía es ondulada (pendientes de 8-30%) en el 21 por ciento de la Amazonía y escarpada (pendientes mayores del 30%) en el restante 7 por ciento de la región. Los cambios de textura en los primeros 50 cm del suelo, tales como FA, FA y AAr, hacen que los suelos sean susceptibles a la erosión, particularmente en las pendientes pronunciadas.



AA = "+" AF = "@" AR = "$" FA = "•" FF = "*" FR = "<" FAr = "⁘" ArA = "%"

ArF = "O" ArAr = "|"

Nota: Ar = Arenosa; F = Franca; A = Arcillosa; R = Rocosa

Figura 11 *Textura del suelo según el sistema de Clasificación de la Capacidad de Fertilidad (CCF) en la cuenca del Amazonas.*

La primera letra de la clave se refiere a la capa superficial del suelo (0-20 cm) y la segunda al subsuelo (21-50 cm).

Cuadro 7. **Distribución por clases de texturas de los suelos de la región amazónica según las subdivisiones climáticas y topográficas, de acuerdo al sistema de clasificación de la capacidad de fertilidad.**

Clases de texturas según la CCF	Subregión A- Bosque húmedo				Subregión B-Bosque estacional semi-siempreverde				Subregión C- Sabanas				Total	% de la Amazonía
	Drenaje pobre	Bien drenada			Drenaje pobre	Bien drenada			Drenaje pobre	Bien drenada				
		0-8%	8-30%	>30%		0-8%	8-30%	>30%		0.8%	8-30%	>30%		
	Millones de hectáreas													
F (franca)														
FA (franca sobre arcillosa)	16.8	33.9	16.5	9.1	27.9	37.8	27.5	6.9	1.3	9.6	2.4	1.2	190.9	40
A (arcillosa)	18.5	35.7	8.5	1.2	7.2	51.4	21.5	4.3	2.8	0.6	0.2	0.2	152.1	32
Ar (arenosa)	2.9	6.6	4.9	2.0	7.7	43.9	15.8	4.6	4.7	5.4	0.9	-	99.4	21
ArF (arenosa sobre franca)	4.7	1.5	-	-	2.7	4.9	0.5	-	0.4	1.1	0.1	-	15.9	4
FA (franca sobre arenosa)	5.2	1.6	-	-	1.3	4.5	1.5	-	0.4	0.5	-	-	15.0	3
ArA (arenosa sobre arcillosa)	0.6	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	1.3	0.4	-	2.7	-
AR (arcillosa sobre roca)	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-	-	-	2.1	-
FR (franca sobre roca)	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.1	-	-	0.1	0.5	1.0	-
AF (arcillosa sobre franca)	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.2	-	0.3	-	-	0.7	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5	-
Total	48.7	79.3	29.9	12.3	47.0	142.9	67.1	16.1	12.2	18.8	4.1	1.9	480.3	100
%	10	16	6	3	10	30	14	3	2	4	1	-	100	

El Cuadro 7 muestra que 39 millones de ha (8% de la Amazonía) tienen suelos con cambio de textura severos en pendientes mayores del 8 por ciento o suelos poco profundos (FR y AR). Los suelos profundos, clasificados en su mayoría como ultisoles o alfisoles, son generalmente muy susceptibles a la erosión a menos que estén protegidos por una cubierta vegetal durante los períodos de lluvias fuertes. En la parte restante de la Amazonía los peligros de erosión no son graves gracias a la combinación generalmente favorable de la profundidad con pendientes suaves y suelos de textura uniforme. Entre las tres subregiones climáticas, la región de bosques estacionales B tiene la proporción más alta de suelo altamente erosionable (10%), en comparación con un 6 por ciento en la región de bosques húmedos A y solamente un 3 por ciento en la región de sabanas C.

Estas afirmaciones no implican que la erosión carezca de importancia en la Amazonía ya que todos los suelos pueden erosionarse como resultado de una mala administración, y la erosión laminar comúnmente ocurre en oxisoles y ultisoles bien drenados casi planos. La mayoría de las cárcavas que muchos autores han observado en sus viajes a la Amazonía son causadas por obras de ingeniería civil más que por la agricultura (e.g., caminos, alcantarillados y sistemas de drenaje mal construídos en las ciudades, etc.). Esta situación podría cambiar drásticamente, sin embargo, si se tala el bosque y no se remplaza rápidamente por otra cubierta vegetal. Esto rara vez sucede en las regiones de bosques de la Amazonía ya que cuando los cultivos o pastos sucumben, las malezas y los rebrotes secundarios de los bosques generalmente crecen rápidamente. Sin embargo, las cárcavas a lo largo de los senderos del ganado en praderas sobrepastoreadas han creado una situación cada vez más preocupante.

Relaciones de humedad y suelo

La definición de los grandes grupos de suelos y su extensión (Cuadro 6) permite calcular la importancia relativa de los regímenes de humedad del suelo en la Amazonía como se definen en la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1975). Cerca del 75 por ciento de la región tiene un régimen de humedad del suelo údico o perúdico, lo que significa que el subsuelo permanece húmedo durante 9 o más meses del año; aproximadamente un 23 por ciento del área tiene un régimen aquico, lo que indica condiciones de anegamiento durante al año en algunas partes del suelo; y el 3 por ciento restante tiene un régimen de humedad del suelo ústico, o sea que el subsuelo está seco por más de 90 pero menos de 180 días consecutivos durante el año.

La situación de humedad no es tan clara como estas cifras lo sugieren porque la subregión B, que cubre la extensión más grande de la Amazonía, incluye regiones con regímenes de humedad del suelo tanto údicos como

ústicos en suelos bien drenados. Ranzani (1978) en estudios detallados sobre el equilibrio hídrico del suelo realizados cerca del extremo de la subregión B (Marabá, Pará) clasificó los suelos bien drenados como ústicos.

Es pertinente señalar que la mayoría de los suelos en la subregión B están expuestos a la falta de humedad temporal pero aguda durante tres o cuatro meses del año, lo que sin duda afecta el crecimiento de las plantas. La estación seca claramente definida en las sabanas agudiza esta situación en los suelos bien drenados de la subregión C. Incluso en los suelos de la subregión A, con un régimen de humedad definitivamente údico, el estrés ocasionado por la falta de humedad temporal ocurre esporádicamente y afecta severamente cultivos como maíz y arroz de secano (Bandy, 1977). O sea que aparentemente las plantas en crecimiento en la mayoría de los suelos bien drenados de la Amazonía pueden sufrir de deficiencia de agua durante parte del año.

En comparación con otras muchas áreas de bosque tropical, las propiedades físicas de la mayoría de los suelos de la Amazonía son buenas. El predominio de cascajo grueso en la capa superficial del suelo con plintita en la parte inferior en gran parte del Africa Occidental equivalente a la subregión B constituye una de las mayores limitaciones para el desarrollo de la agricultura permanente en esta vasta región (Lal *et al.*, 1975). Este impedimento virtualmente no existe en la Amazonía, aun cuando si hay restricciones físicas de importancia tales como drenaje pobre en un 23 por ciento de la región, severo peligro de erosión en el 8 por ciento, y estrés por sequía temporal en general; no obstante, las propiedades físicas de los suelos amazónicos pueden considerarse favorables.

Propiedades Químicas del Suelo

En el caso de las propiedades químicas ocurre exactamente lo contrario. La gran mayoría de los suelos amazónicos son ácidos y con baja fertilidad natural cuando no han sido perturbados. Como se mencionó previamente, sólo el 8 por ciento de la región tiene suelos con un alto contenido de bases y una fertilidad relativamente alta. Los principales obstáculos químicos de los suelos de la región son la acidez, la deficiencia de P, la baja capacidad de intercambio catiónico efectiva, y una amplia deficiencia de N, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn y, ocasionalmente, de otros nutrimentos (Sánchez y Cochrane, 1980). El Cuadro 8 muestra el área cubierta por éstos y otros parámetros de fertilidad en la Amazonía. El Cuadro 9 separa los datos de la capa superficial del suelo de acuerdo a las subregiones climáticas y a las posiciones topográficas. El Cuadro 10 interpreta esta información en función de las unidades de la CCF.

Cuadro 8. **Resumen de los parámetros de fertilidad seleccionados en la Amazonia.**

Parámetro y rango	Capa superficial del suelo (0-20 cm)		Subsuelo (21-50 cm)	
	millones de ha	%	millones de ha	%
pH del suelo:				
<5.3	392.2	81	398.9	82
5.3-7.3	91.2	19	84.7	18
% de materia orgánica				
>1.5	43.9	9	405.2	84
1.5-4.5	357.8	74	77.8	16
>4.5	81.9	17	0.4	-
% de saturación de Al				
0-10	81.8	17	96.2	20
10-40	37.9	8	49.8	8
40-70	78.4	16	39.4	8
> 70	285.3	59	298.0	61
Ca intercambiable (meq/100g)				
>0.4	222.5	46	349.4	72
0.4-4.0	159.7	33	81.3	7
>4.0	101.2	21	52.8	11
Mg intercambiable (meq/100g)				
>0.2	185.6	38	356.8	74
0.2-0.8	185.8	38	84.7	18
>0.8	112.1	23	42.1	9
K intercambiable (meq/100g)				
>0.15	298.8	62	439.1	91
0.15-0.30	113.7	24	37.9	8
>0.30	71.1	15	6.5	1
CICE (meq/100g)				
<4	80.0	17	193.4	40
4-8	238.5	49	210.1	44
>8	165.2	34	80.1	16
Disponibilidad de P (ppm)				
<3	276.9	57	414.6	86
3-7	159.1	33	54.6	11
>7	47.7	10	14.4	3
Fijación de P				
Alta (>35 arcilla y % de F_2O_3 libre/% de arcilla >0,15	77.3	16	-	-
Baja	406.3	84	-	-

Cuadro 9. ticas de la Amazonía.

Parámetro y rango	Subregión A- Bosque húmedo tropical				Subregión B- Bosque estacional semi-siempreverde				Subregión C- Sabanas			
	Drenaje pobre	Bien drenada 0-8%	Bien drenada 8-30%	Bien drenada >30%	Drenaje pobre	Bien drenada 0-8%	Bien drenada 8-30%	Bien drenada >30%	Drenaje pobre	Bien drenada 0-8%	Bien drenada 8-30%	Bien drenada >30%
	Millones de hectáreas											
pH (en H_2O)												
<5.3	29.1	64.2	23.2	10.9	21.0	128.8	63.6	15.1	10.0	16.5	3.3	1.2
5.3 - 7.3	20.6	14.9	6.6	1.2	25.7	13.0	3.3	0.8	2.2	2.1	0.6	0.6
% de materia orgánica												
>4.5	16.9	12.8	2.9	0.4	14.4	15.7	5.8	1.3	8.2	1.4	0.5	0.7
1.5 - 4.5	31.5	65.6	25.8	10.1	26.1	109.3	50.3	13.3	3.7	14.7	3.0	0.2
<1.5	1.2	0.6	1.1	1.6	6.2	16.7	10.8	1.2	0.2	2.4	0.3	0.9
% de saturación de Al												
>70	22.8	60.1	19.7	6.0	14.4	90.7	49.4	10.6	1.7	7.0	1.6	0.9
40 - 70	5.0	2.8	2.5	2.5	3.1	33.7	13.2	4.0	2.5	5.9	0.9	0.6
10 - 40	2.8	2.1	1.0	2.3	6.3	5.3	1.2	0.7	6.3	4.6	1.1	0.1
<10	18.9	14.0	6.6	1.2	22.9	12.0	3.1	0.5	1.7	10.2	0.3	0.1
Ca intercambiable (meq/100g)												
>4.0	19.2	14.9	7.9	2.8	22.4	18.9	7.0	2.5	5.1	0.9	0.1	0.0
0.4 - 4.0	19.3	30.5	4.9	3.4	12.3	39.5	25.1	7.1	3.1	6.4	1.7	1.4
<0.4	11.1	33.6	17.0	5.9	12.0	83.4	34.7	6.3	4.0	11.2	2.1	0.4
Mg intercambiable (meq/100g)												
>0.8	19.0	13.9	8.5	5.1	21.2	23.4	9.5	0.3	7.5	1.4	0.1	0.0
0.2 - 0.8	18.8	31.9	4.5	1.2	16.2	56.7	28.0	6.8	1.3	11.3	2.5	0.8
<0.2	11.7	33.2	16.8	5.8	9.3	61.6	29.3	6.0	3.4	6.0	1.3	1.0
K intercambiable (meq/100g)												
>0.3	16.0	7.7	3.4	4.2	20.5	12.9	2.9	0.6	2.9	0.5	0.0	0.0
0.15 - 0.3	11.9	19.1	5.8	1.1	6.9	29.1	15.5	4.1	5.5	6.7	1.8	0.9
<0.15	21.7	52.3	20.6	6.8	19.3	99.7	48.5	11.2	3.7	11.4	2.1	0.9
CICE (meq/100g)												
>8	33.9	30.5	8.7	3.5	31.1	34.1	10.8	3.3	7.5	2.0	0.1	0.0
4 - 8	15.9	47.9	20.3	8.3	12.3	77.1	38.4	10.9	1.4	2.7	0.8	0.7
<4	0.8	0.7	0.8	0.3	3.3	30.5	17.6	1.6	3.2	13.9	3.0	1.2
P disponible (ppm)												
>7	19.8	7.5	0.4	0.0	14.0	5.2	0.7	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0
3 - 7	24.9	34.7	7.4	5.3	21.5	33.6	16.1	2.5	1.5	6.2	1.9	1.1

Cuadro 10. **Extensión en área de las combinaciones de modificadores de la clasificación de la capacidad de fertilidad para los suelos de la Amazonia.**

Combinación de modificadores de la CCF*	Millones de hectáreas	% de la Amazonia
ak	100.2	20.7
a	62.4	12.9
aik	55.7	11.5
eak	32.2	6.7
ninguno	32.1	6.6
h	24.8	5.1
ea	15.4	3.2
hk	15.1	3.1
gak	14.5	3.0
gh	13.7	2.8
ga	12.8	2.7
ehi	9.8	2.0
ghk	7.2	1.5
d	4.6	1.0
geak	3.9	0.8
daei	4.1	0.9
gak	2.6	0.6
dehk	2.6	0.5
ai	2.6	0.5
k	2.1	0.4
hi	1.8	0.4
dea	1.8	0.4
ehk	1.9	0.4
eai	1.9	0.4
deaik	1.7	0.3
gea	0.7	0.2
gai	0.7	0.2
dehik	0.6	0.2
deak	0.5	0.1
eaik	0.4	-
dh	0.4	-
dai	0.3	-
deh	0.3	-
gehk	0.2	-
geh	0.2	-
dak	0.1	-
Totales	432.1	100

* a = toxicidad de Al, k = bajas reservas de K, i = alta fijación de P por el Fe, e = baja CICE, h = Al ácido pero no tóxico, g = drenaje pobre, d = estación seca.

Acidez del suelo

Los Cuadros 8 y 9 muestran que el 81 por ciento de la región amazónica tiene valores de pH del suelo inferiores a 5.3 en su estado natural, lo que indica no sólo una reacción ácida, sino también, la probable presencia de niveles tóxicos de Al intercambiable para muchas especies de plantas. La proporción de suelos ácidos es menor en las topografías casi planas, pobremente drenadas (55%) lo que sugiere una extensión igual de suelos ácidos y no ácidos para estas tierras.

La toxicidad de Al en las plantas es la consecuencia principal de la alta acidez del suelo. Las distintas especies y cultivares pertenecientes a una especie difieren en su tolerancia al Al; ésta se expresa en función del porcentaje crítico de saturación de Al. Las plantas muy sensibles al Al sufren con niveles de 10 a 60 por ciento de saturación de Al y este rango se indica con el modificador "h" en el Cuadro 10. En general, cuando hay un 60 por ciento de saturación de Al o más en los 50 cm de la capa superficial del suelo se considera que éste presenta toxicidad de Al. Tales suelos tienen el modificador "a" en el sistema CCF. El Cuadro 10 muestra que 315 millones de hectáreas, o el 73 por ciento de los suelos amazónicos, presentan toxicidad de Al en su estado natural. La Figura 12 muestra una impresión efectuada por computadora de los niveles de saturación de Al en Rondônia.

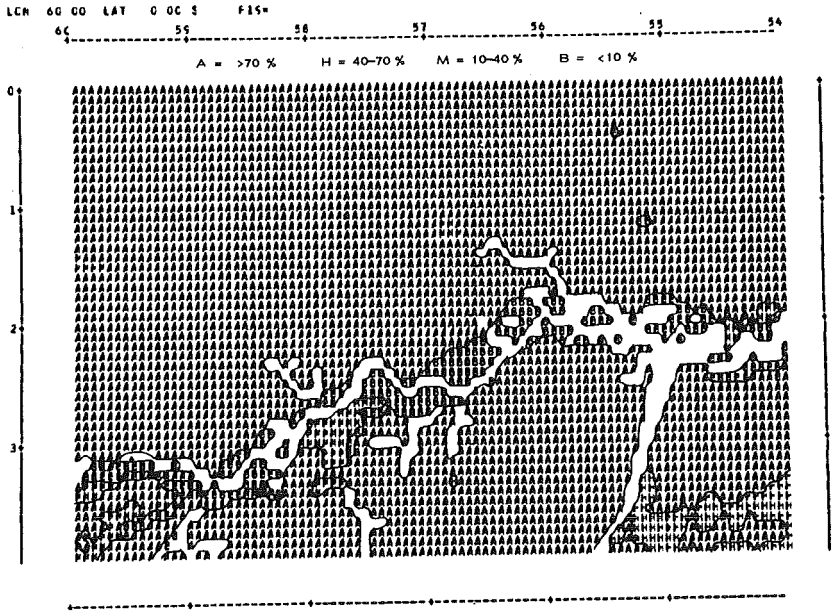


Figura 12. *Porcentajes de saturación de Al en la capa superficial del suelo (Mapa SA-21).*

El desmonte y la quema de bosques cambian esta situación gracias al contenido de bases de la ceniza. Este aspecto se discutirá más adelante en la sección de dinámica del suelo. Es pertinente señalar que se deben efectuar pruebas de suelo después del desmonte si se va a quemar a fin de estimar las necesidades de cal para cultivos y cultivares específicos. El método de Kamprath que consiste en aplicar 1.6 ton/ha de equivalente de $CaC0_3$ por miliequivalente de Al extraíble con KCl para neutralizar la mayoría de Al intercambiable de la capa superficial del suelo, da buenos resultados en algunos suelos ácidos de la Amazonía (North Carolina State University, 1973-1978; Sánchez, 1977 a, b, c, d). Usando la fórmula de Cochrane *et al.* (1980) recientemente publicada, pueden calcularse las tasas recomendadas para plantas de diferentes niveles de tolerancia a la saturación de Al *per se* cuando se van a cultivar en el mismo suelo. Esta fórmula toma en cuenta los niveles de Ca y Mg intercambiables presentes en el suelo y permite estimar el nivel deseado de saturación de Al para especies vegetales específicas.

En la Amazonía existen depósitos de cal pero la mayoría no están bien caracterizados, y aquellos en operación producen más que todo cal apagada para fines de construcción. Los depósitos de cal son abundantes a lo largo de la margen oriental de los Andes y en el Cerrado de Brasil. El transporte es el principal factor limitante, y en muchos casos el problema de la acidez del suelo tiene que ser resuelto por otros medios que se describen en una sección posterior. Para la producción agrícola de cultivos intensivos, sin embargo, el encalado es probablemente necesario. Aunque el encalado elimina la toxicidad del Al solamente en la capa superficial del suelo, también disminuye los niveles de saturación de Al en el subsuelo después de uno a dos años en ultisoles amazónicos bien drenados (Villachica y Sánchez, en prensa).

Deficiencia de fósforo

El Cuadro 8 muestra que el 90 por ciento de los suelos de la Amazonía tiene niveles de P disponibles en la capa superior del suelo menores de 7 ppm, de acuerdo con el método Bray II. La Figura 13 muestra la distribución de los niveles de P disponibles en la misma área que la Figura 12. Puesto que el nivel crítico generalmente reconocido para este método en los oxisoles y ultisoles del Brasil es de 10 ppm de P para cultivos, se puede afirmar que casi todos los suelos amazónicos no proveen el P necesario para la mayoría de los cultivos anuales.

Afortunadamente, esta vasta deficiencia de P no va acompañada de una capacidad general alta para fijar P. Los Cuadros 8 y 10 muestran que solamente el 16 por ciento de la Amazonía tiene suelos con un potencial alto para la fijación de P, como lo define el modificador "i" de la CCF.

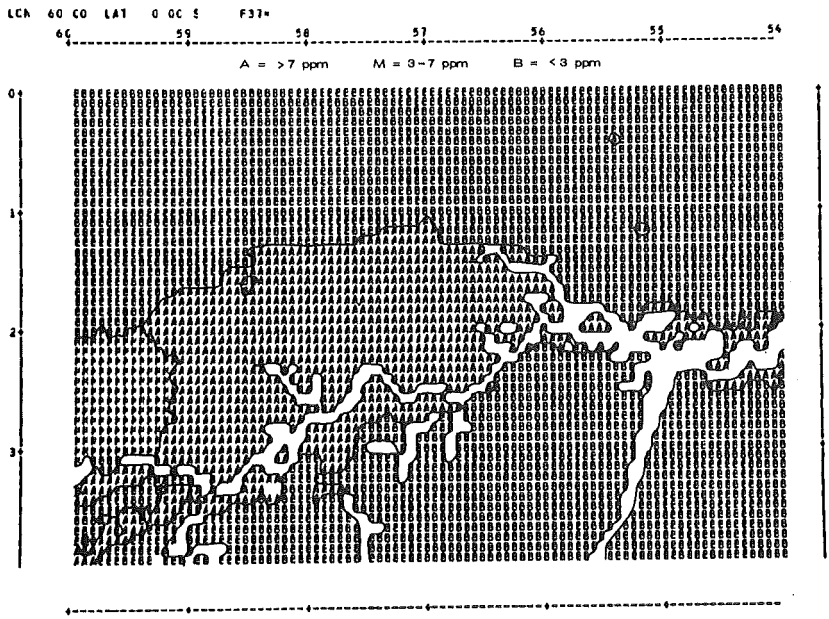


Figura 13. *Niveles de fósforo en la capa superficial del suelo, (Mapa SA-21).*

Unicamente las capas superficiales del suelo con más del 35 por ciento del contenido de arcillas y con una proporción alta de óxidos de hierro presentes se consideran como fijadoras de altas cantidades de P, lo que significa que éstas requieren más de 100 kg/ha de este elemento para corregir la deficiencia de P en muchos cultivos (Sánchez y Uehara, 1980; Sánchez *et al.*, en prensa). Esta situación se limita en gran parte a oxisoles y ultisoles arcillosos y entre ellos solamente a aquellos que tengan la notación "Ci" en el sistema CCF. Las isotermas de absorción de P de algunos ultisoles francos y arenosos de Perú y Brasil confirman que su capacidad de fijación es baja (North Carolina State University, 1973; Dynia *et al.*, 1977). En consecuencia, la fijación alta de P no es un problema muy frecuente en la Amazonía aunque si es localmente importante. El uso de especies y cultivares tolerantes a niveles bajos de P es una alternativa viable para reducir la necesidad de fertilización fosfatada en suelos deficientes en P.

Bajas reservas de potasio

Cerca del 56 por ciento de la Amazonía (242 millones de ha) tiene suelos con bajas reservas de K como lo indica el modificador "k" en el Cuadro 10. La proporción de suelos con niveles insuficientes de K es un poco más alta

como se muestra en el Cuadro 9. Aunque la quema aumenta el nivel de K disponible, este efecto es de corta duración; en consecuencia, el K es una restricción económica importante en cerca de la mitad de la Amazonía.

Baja capacidad de intercambio catiónico efectiva

La baja CICE es una restricción importante del suelo debido a la susceptibilidad de los nutrimentos móviles a la lixivación a partir de los perfiles y el peligro de crear graves desequilibrios entre cationes tales como K, Ca y Mg. Los cuadros 8 y 10 muestran que 64 millones de ha (15% de la Amazonía) presentan estos problemas en la capa superficial del suelo y 192 millones de ha (40%) en el subsuelo. La baja CICE es más común en las subregiones B y C, y ocurre principalmente en oxisoles arcillosos (Acrorthox y Acrustox), ultisoles de textura arenosa y spodosoles. En ultisoles peruanos se han registrado pérdidas por lixivación rápida y serios desequilibrios en la relación K-Mg (Villachica, 1978; Villachica y Sánchez, en prensa).

Deficiencias de otros nutrimentos

La región amazónica es un paraíso para científicos interesados en las deficiencias de nutrimentos. En ultisoles de Yurimaguas, por ejemplo, se han registrado deficiencias de todos los elementos nutritivos esenciales en cultivos anuales, excepto Mn, Fe y Cl (Villachica y Sánchez, en prensa). Además de las deficiencias de N, P y K, las más comunes parecen ser las de Mg, S y Zn. La información limitada en esta materia, sin embargo, impide efectuar una estimación geográfica del lugar donde ocurren deficiencias específicas y su relación con las propiedades del suelo.

Los síntomas de deficiencias de nutrimentos se observan frecuentemente en cultivos anuales o perennes, pastos y aun en plantaciones forestales en toda la Amazonía. Los autores a menudo han observado síntomas de deficiencia de K, Mg y Zn en una amplia variedad de plantas, además de las deficiencias de N y P comunes a todas. En "várzeas" a lo largo del río Jari en el oriente del Amazonas se han observado deficiencias de S (Wang *et al.*, 1976). Es mucho el trabajo que falta por realizarse a fin de identificar tales impedimentos. Es necesario efectuar pruebas de suelos y métodos de análisis de plantas más efectivos, así como ensayos de campo con fertilizantes.

Limitaciones que se presentan simultáneamente

El Cuadro 10 muestra que varios de estos impedimentos suceden conjuntamente en las mismas facetas de tierra, según lo definen las diversas

combinaciones de indicadores de la CCF. Solamente cerca del 7 por ciento de la Amazonía no presenta mayores limitaciones de fertilidad. El resto muestra varias combinaciones de toxicidad de Al (a), acidez pero no toxicidad de Al (h), baja capacidad de intercambio catiónico efectiva (e), bajas reservas de K (k), alta fijación de P (l), drenaje deficiente (g) y una estación seca de tres meses (d). Las combinaciones más frecuentes incluyen toxicidad de Al, bajas reservas de K, baja CICE y alta fijación de P. El Cuadro 5 muestra ejemplos de estas combinaciones para siete perfiles clasificados de acuerdo al sistema CCF.

Manejo de Suelos

Las secciones anteriores ilustran la gran variabilidad en las propiedades del suelo encontradas en la región amazónica y algunos de los problemas más comunes. El manejo del suelo incluye la manipulación de las propiedades del suelo y de las prácticas agrícolas para poder producir cultivos eficientemente. Los principios para tratar los obstáculos enumerados previamente son universales; por ejemplo, los aspectos químicos básicos son los mismos en la Amazonía que en Alaska. El manejo de estas propiedades para fines agronómicos, sin embargo, es específico para cada lugar y situación. La especificación del lugar incluye las propiedades de ese suelo en particular y otros atributos de la tierra para la finca en cuestión. La especificación de la situación incluye los cultivos que se van a producir y la estructura socioeconómica de la región lo que para la Amazonía generalmente significa agricultura de colonización y dificultades de logística y transporte.

La investigación sobre manejo de suelos en la Amazonía es supremamente limitada y tradicionalmente se ha centrado en un uso específico de la tierra tal como cultivos anuales, pastos, cultivos perennes o silvicultura. Esta sección resume los resultados de que disponían los autores. La mayor parte proviene de una revisión similar preparada hace menos de un año (Sánchez, 1979). En la actualidad existen otros proyectos en marcha pero los resultados todavía no están disponibles.

Métodos de desmonte

La elección de los métodos de desmonte es el primer paso y probablemente el más decisivo por la forma como afecta la futura productividad de los sistemas de labranza. Varios estudios comparativos realizados en la Amazonía confirman que los métodos de desmonte que incluyen quema son superiores a los diferentes tipos de desmonte mecánicos debido al valor fertilizante de la ceniza, la compactación del

suelo causada por el buldózer* y el desplazamiento de la capa superficial del suelo con el desmonte mecanizado.

Aumento de nutrimentos por la adición de cenizas

La determinación directa del contenido de nutrimentos de la ceniza en la región amazónica se efectuó después de quemar un bosque secundario de 17 años en un ultisol en Yurimaguas, Perú. Los datos de Seubert *et al.* (1977) presentados en el Cuadro 11 muestran los efectos benéficos de las cenizas sobre las propiedades químicas del suelo (Figura 14), lo que permitió obtener rendimientos consistentemente más altos en una amplia variedad de cultivos durante los dos primeros años después del desmonte (Cuadro 12).

Cuadro 11. **Contribución de nutrimentos de la ceniza y del material parcialmente quemado en un ultisol de Yurimaguas, Perú, después de la quema de un bosque de 17 años.**

Elemento	Composición	Adiciones totales (kg/ha)
N	1.72%	67
P	0.14%	6
K	0.97%	38
Ca	1.92%	75
Mg	0.41%	16
Fe	0.19%	7.6
Mn	0.19%	7.3
Zn	132 ppm	0.3
Cu	79 ppm	0.3

Fuente: Seubert *et al.*, 1977.

La variabilidad en la cantidad de ceniza y en su contenido de nutrimentos se debe a las diferencias en suelos, técnicas de desmonte y a la proporción de biomasa del bosque realmente quemado. Silva (1979) estimó que sólo un 20 por ciento de la biomasa del bosque era realmente convertida en ceniza cuando se quemó un bosque virgen en un ultisol al sur de Bahía, Brasil. No obstante, fuera de la Amazonía propiamente dicha, las propiedades del suelo, el patrón de lluvias y la vegetación nativa de este estudio son muy similares a la subregión A. Silva también analizó la composición de las cenizas adyacentes a especies de árboles individuales y observó grandes variaciones (0.8 - 3.4% de N, 0-14 ppm de P disponible, 0.06-4.4 meq de Ca/100 g, 0.11-21.03 meq de Mg/100 g, y 34-35 meq de K/100 g). Esta información sugiere la presencia de ciertas especies que pueden acumular nutrimentos específicos.

* Tractor con cuchilla frontal fija, inclinable, o giratoria. Se seguirá empleando el término "buldózer" consagrado por el uso. (Nota del editor.)

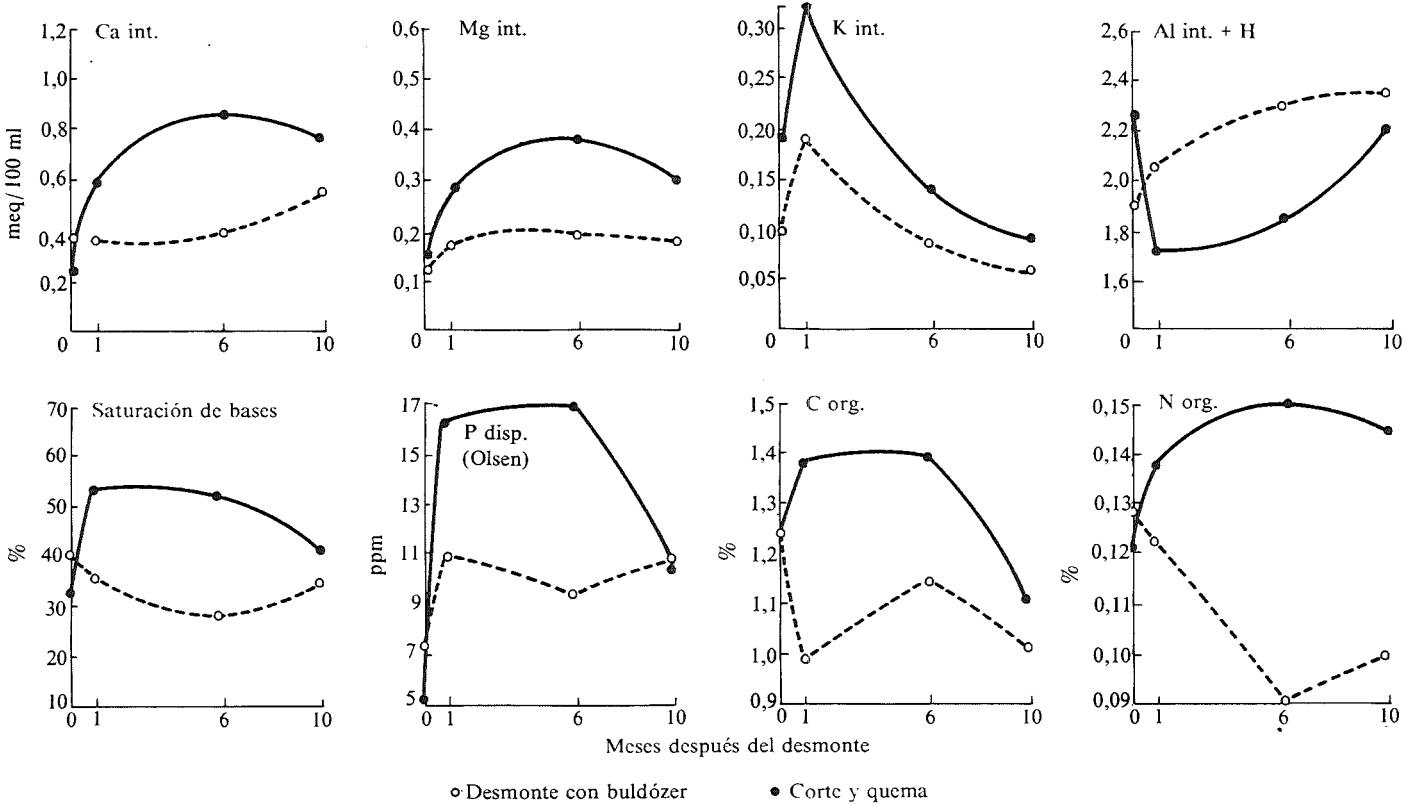


Figura 14. *Efecto de dos métodos de desmonte sobre cambios en las propiedades de la capa superficial del suelo (0-10 cm) en un Paleudult típico de Yurimaguas, Perú.* (Fuente: Seubert **et al.**, 1977.)

Cuadro 12. **Efecto de los métodos de desmonte sobre los rendimientos de los cultivos en Yurimaguas. (El rendimiento es el promedio del número de cosechas indicadas entre paréntesis.)**

Cultivos	Nivel de fertilidad*	Corte y quema	Con buldózer	Buldózer y quema
		---- ton/ha** ----		%
Arroz de secano (3)	O	1.3	0.7	53
	NPK	3.0	1.5	49
	NPK cal	2.9	2.3	80
Maíz (1)	O	0.1	0.0	0
	NPK	0.4	0.04	10
	NPK cal	3.1	2.4	76
Soya (2)	O	0.7	0.2	24
	NPK	1.0	0.3	34
	NPK cal	2.7	1.8	67
Yuca (2)	O	15.4	6.4	42
	NPK	18.9	14.9	78
	NPK cal	25.6	24.9	97
Panicum maximum (6 cortes al año)	O	12.3	8.3	68
	NPK	25.2	17.2	68
	NPK cal	32.2	24.2	75
Rendimientos relativos promedios	O			37
	NPK			47
	NPK cal			48

* 50 kg/ha de N, 172 kg/ha de P, 40 kg/ha de K, 4 ton/ha de cal.

** Rendimientos en grano del arroz, maíz, y soya; rendimiento de raíces frescas de la yuca y producción anual de materia seca de *Panicum maximum*.

Fuente: Seubert *et al.*, 1977.

El valor fertilizante de la ceniza parece ser de menor importancia en el suelo fértil. Cordero (1964) observó que los incrementos en la disponibilidad de P y K resultantes de quemar un entisol de pH 7 en Santa Cruz, Bolivia, no aumentaron los rendimientos del cultivo. Los suelos tenían ya un alto contenido de estos elementos.

La información adicional sobre la composición de las cenizas para diferentes suelos y métodos de desmonte contribuirá a aumentar significativamente el conocimiento de la dinámica del suelo. Sin embargo,

además del valor nutricional de la ceniza, el grado de incorporación de la misma en la capa superior del suelo también es importante. En los alrededores de Manaus, los agricultores migratorios prefieren desmontar ultisoles francos o arcillosos muy pendientes, en vez de las áreas casi planas de los oxisoles arcillosos. Esto se debe a que las cenizas no quedan bien incorporadas en los oxisoles ("Latosol Amarelo textura muito pesada"), mientras que aparentemente esto no es problema en los ultisoles menos arcillosos.

Compactación del suelo

El uso convencional del buldózer tiene el efecto claramente perjudicial de compactar el suelo, particularmente los ultisoles arenosos y francos. Se han registrado reducciones significativas en las tasas de infiltración, en los incrementos en densidad por unidad de volumen y en las disminuciones en la porosidad en los suelos de Surinam (Van de Weert, 1974), Perú (Seubert *et al.*, 1977) y Brasil (Schubart, 1977; Silva, 1979). El Cuadro 13 muestra las disminuciones en la infiltración en los últimos tres sitios mencionados. El método de desmonte y quema tuvo poco efecto en las tasas de infiltración pero el buldózer las disminuyó drásticamente. Las comparaciones entre las localidades son difíciles debido a las diferencias en las medidas de tiempo usadas en la evaluación.

Cuadro 13. **Efectos del desmonte con buldózer en la disminución de las tasas de infiltración en ultisoles de Yurimaguas, Perú, Manaus y Barrolandia, Bahía, Brasil.**

Método de desmonte	Yurimaguas	Manaus	Barrolândia
	---------- cm/hora ----------		
Bosque no perturbado	-	15	24
Corte y quema (1 año)	10	-	20
Buldózer (1 año)	0.5	-	3
Corte y quema y 5 años en praderas	-	0.4	-

Fuente: Seubert *et al.*, 1977; Schubart, 1977; Silva, 1978.

Remoción de la capa superficial del suelo

La tercera consideración importante es el grado de remoción de la capa superior del suelo no por la cuchilla del buldózer que normalmente no toca

el terreno, sino al arrastrar troncos y árboles arrancados de raíz. Aunque no hay datos cuantitativos disponibles, es frecuente la remoción de la capa superior en los lugares altos y la acumulación en los bajos. El mejor rebrote de vegetación de bosque cerca a las hileras de material arrancado sugiere que la remoción del subsuelo puede causar importantes reducciones en el rendimiento (Sánchez, 1976). Por ejemplo, Lal *et al.* (1975) observaron en Nigeria que los rendimientos de maíz disminuyeron en 50 por ciento cuando se removieron los 2.5 cm superiores de un alfisol. No se dispone de datos similares para oxisoles y ultisoles amazónicos.

Métodos alternos de desmonte

Los efectos negativos del desmonte con buldózer ya son mejor conocidos por agricultores y organizaciones de desarrollo. Los créditos del gobierno para las operaciones de desmonte mecanizado en gran escala han sido fuertemente reducidos en la región amazónica brasileña desde 1978. La práctica de destruir completamente el bosque en lugar de aprovecharlo por lo menos parcialmente antes de quemarlo también se está debatiendo. Silva (1979) ha suministrado los primeros cálculos cuantitativos de los posibles beneficios de dicha práctica. El comparó los dos extremos (corte y quema, y buldózer) con la remoción de los árboles vendibles primero y luego el corte y la quema de los restantes. Con este último sistema se mantuvieron las ventajas de la quema sobre la fertilidad del suelo sin que hubiera diferencias significativas en relación con el método convencional de corte y quema y se logró un aumento considerable de ingresos. La poca diferencia se debe probablemente a la baja proporción de la biomasa total que realmente se quema.

Otras alternativas consisten en la limpieza mecanizada seguida por la quema, usando dos buldózeres que arrastran una cadena pesada, o máquinas trituradoras de árboles, las cuales literalmente caminan sobre los árboles talados. Con la última alternativa se logra una quema mas uniforme (Toledo y Morales, 1979). En el caso del sistema de arrastre de cadena, los troncos restantes se pueden apilar después de la quema. Estas operaciones combinadas permiten aprovechar el valor fertilizante de la ceniza, pero todavía producen cierto grado de compactación y de remoción de la capa superficial del suelo. Indudablemente el sistema tradicional de corte y quema es el mejor a menos que se esté dispuesto a recurrir a prácticas de fertilización y labranza para compensar las pérdidas de fertilidad y por compactación del suelo. La misma situación ocurre cuando se desmontan los bosques en ultisoles al sureste de los Estados Unidos, pero el problema se resuelve con insumos adicionales. El segundo autor considera que muchos de los fracasos en las operaciones en gran escala de las que ha sido testigo tanto en la región amazónica como en las áreas de

transmigración de Indonesia pueden atribuirse directamente a métodos inadecuados de desmonte.

Dinámica del suelo después del desmonte

Después del desmonte y quema de un bosque tropical se presentan los cambios siguientes en las propiedades del suelo durante el primer año: 1) Grandes pérdidas por volatilización del N y S de la biomasa como consecuencia de la quema; 2) el contenido de materia orgánica del suelo disminuye con el tiempo hasta que se alcanza un nuevo equilibrio en uno o dos años; 3) el pH de los suelos ácidos aumenta y la saturación de Al disminuye, debido al contenido de nutrimentos de la ceniza. Estos cambios se invierten gradualmente con el tiempo pero su duración varía según las propiedades del suelo; 4) las temperaturas de la superficie del suelo aumentan, y los regímenes de humedad fluctuan más por cuanto más radiación solar entra en contacto con la superficie del suelo (Sánchez, 1976).

Las generalizaciones anteriores varía de un lugar a otro. La mayoría de la información disponible se basa en el muestreo de sitios cercanos para los cuales se asume una determinada edad después del desmonte, confundiendo de este modo las dimensiones de tiempo y espacio e incrementando la ya gran variabilidad de dichas muestras de suelo. La literatura de este tipo disponible hasta 1976 ya ha sido resumida (Sánchez 1973, 1976). Afortunadamente se están llevando a cabo estudios sobre la dinámica del suelo en función del tiempo: en Yurimaguas, Perú; Manaus, Belém, y Barrolandia, sur de Bahía, en Brasil; y Cararé-Opón, en Colombia. Casi todos, sin embargo, se limitan a lo que sucede durante el primer año, pero algunos dan información hasta 13 años después del desmonte. A pesar de esto ilustran las diferencias que ocurren en la dinámica del suelo.

Materia orgánica en el suelo

De Las Salas y Folster (1976) estimaron que se perdían 25 kg/ha de C y 673 kg/ha de N hacia la atmósfera cuando un bosque virgen de un oxisol pobremente drenado en el Magdalena Medio en Colombia era talado y quemado. Ellos midieron los cambios de la biomasa antes y después de la quema, antes de las primeras lluvias. No se dispone de cifras comparables para los ecosistemas amazónicos que permitan determinar si estas pérdidas son representativas. No obstante, las pérdidas por volatilización responden por sólo 11 a 16 por ciento del C total del ecosistema, y por cerca de 20 por ciento del N total (De las Salas, 1978). En consecuencia, las afirmaciones de que la mayor parte del C y del N en la vegetación son volatilizados por la quema merecen un cuidadoso examen. Otro factor desconocido es si una

proporción de los elementos volatilizados regresa o no a las areas cercanas a través de la lluvia.

La influencia de la quema sobre la primera capa delgada rica en materia orgánica que incluye la interfase hojarasca-capa superficial del suelo, también fue determinada por De Las Salas (1978). La proporción C/N de este material aumentó de 8 a 46 en cinco meses, lo que indica que en las pérdidas por volatilización había gran cantidad de N.

La literatura tiene información contradictoria acerca de las pérdidas de materia orgánica del suelo cuando se inicia la fase de cultivos. Las pérdidas más grandes ocurrirán en suelos con los contenidos más altos de materia orgánica original (Sánchez, 1976). No obstante, este efecto es atenuado por el contenido de arcilla de la capa superior del suelo. Por ejemplo, Turenne (1969, 1977) encontró una relación inversa entre las pérdidas de C orgánico y los contenidos de arcillas en oxisoles de la Guayana Francesa.

Otro efecto supuestamente nocivo de la quema es una reducción en la actividad microbiológica del suelo. El estudio de Silva (1979) en el sur de Bahía indica que no hubo diferencias significativas en la flora de hongos causadas por varios grados de quema, pero hubo una disminución en la población de bacterias y actinomicetos durante los primeros 30 días después de la quema convencional. La Figura 15 muestra la actividad de descomposición de la celulosa en función del tiempo después de la quema. La quema en realidad tuvo un efecto estimulante sobre la microflora que descompone la materia orgánica, debido probablemente al aumento de P y de otros nutrimentos, y a las temperaturas más altas del suelo resultantes de la exposición directa de la capa superior del suelo a la luz del sol. Sin embargo, no sucedió lo mismo con el desmonte con buldózer debido probablemente a la remoción de la capa superficial del suelo y a la compactación. El efecto de la esterilización parcial en la quema convencional puede explicar la actividad microbiológica más baja durante los primeros 25 días después de la quema.

La dinámica del C orgánico durante los primeros cuatro años de cultivo continuo de arroz de secano en un ultisol de Yurimaguas, Perú, se presenta en la Figura 16. Hay un incremento real en el contenido de C orgánico inmediatamente después de la quema, probablemente como resultado de la contaminación de la ceniza. La situación se torna estable durante los primeros seis meses, después de este incremento, seguida por una marcada reducción después de la primera cosecha de arroz, y finalmente alcanza un equilibrio durante el primer año. La tasa anual de descomposición durante

el primer año es del orden de 30 por ciento, pero esta tasa disminuye y la tendencia se invierte durante el segundo año de cultivo cuando los niveles de fertilidad son altos (Villachica, 1978). Esta aguda tasa de descomposición produjo un incremento considerable de N inorgánico en la capa superficial del suelo durante los primeros seis meses en Yurimaguas (80 kg de N/ha en los 50 cm superiores), el cual desapareció rápidamente como consecuencia de la lixiviación y/o de la absorción por el cultivo (Seubert *et al.*, 1977). Esta abundancia de N probablemente contribuye a la exuberancia del crecimiento inicial del primer cultivo después de la quema.

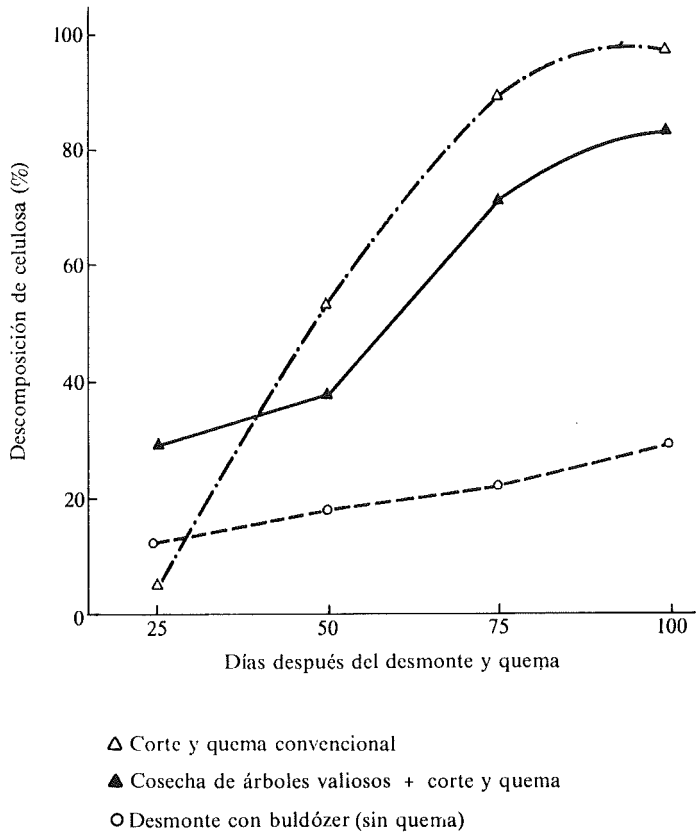


Figura 15. *Efectos de la intensidad de la quema sobre la actividad microbiana medida con base en la tasa de descomposición de la celulosa en función del tiempo transcurrido después de la quema de un bosque húmedo en un ultisol del sur de Bahía, Brasil.*

(Fuente: Adaptada de Silva, 1979).

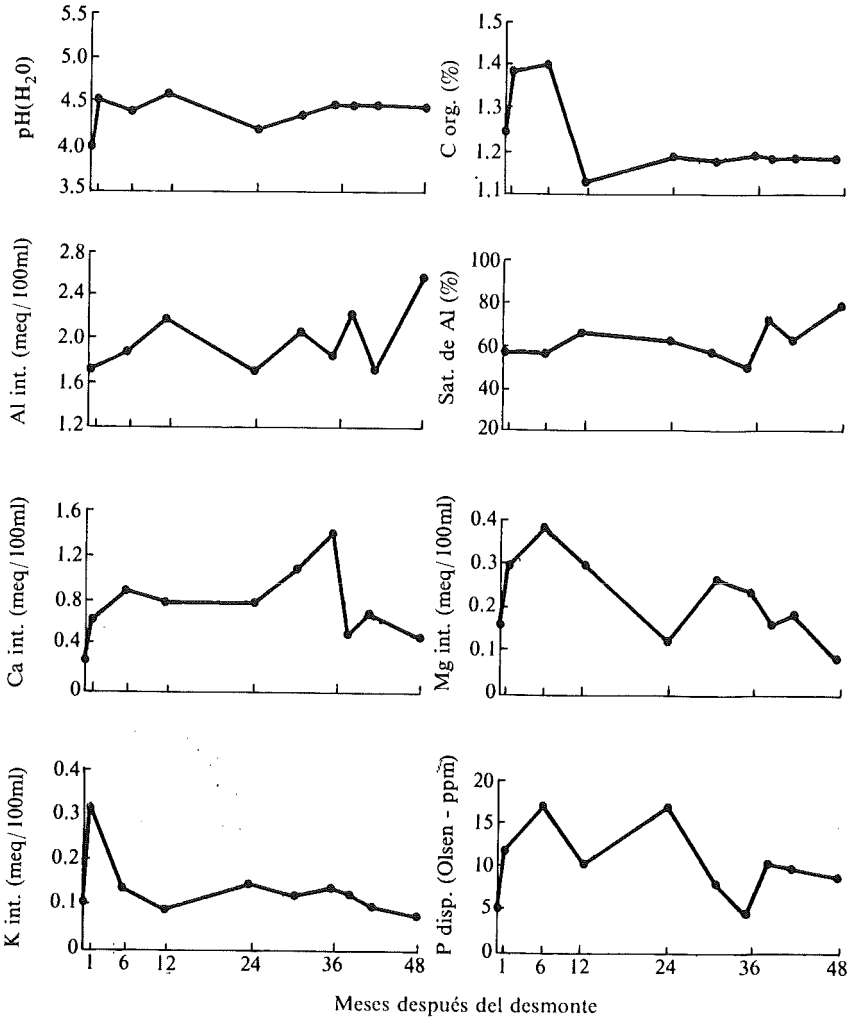


Figura 16. *Cambios en las propiedades químicas en un ultisol cultivado continuamente con arroz de secano (8 cosechas), sin fertilización, en Yurimaguas (1972-76).* Fuente: Información tomada del Seubert *et al.* (1977) y Villachica y Sánchez (en prensa).

Turenne (1969, 1977) hizo valiosas observaciones sobre la dinámica de la materia orgánica durante la fase de barbecho en barbechos de edad conocida en oxisoles de la Guayana Francesa. El observó que a comienzos del segundo año de bosque en barbecho, la proporción C/N de la capa superficial del suelo empezó a decrecer mientras que la composición de ácido flúvico de la materia orgánica aumentó, indicando el comienzo de un

proceso de enriquecimiento de N. Turenne también observó que la capa de hojarasca se restableció por sí misma después de cuatro años de descanso y que fabricó tanta materia orgánica en 10 años como la que se encuentra en un bosque de 11 años.

La Figura 17 muestra los resultados de un estudio en función del tiempo y el espacio llevado a cabo por De las Salas y Folster (1976) en Carare-Opón, Colombia. Inicialmente se notó un descenso agudo en C orgánico y N, pero la curva comenzó a ascender durante el segundo año y superó los niveles del bosque virgen en el barbecho de 16 años. Una pradera de 16 años compuesta de una mezcla de *Hyparrhenia rufa, Panicum maximum* y otras especies de gramíneas, produjo niveles de C orgánico y N iguales a los del bosque virgen. Aunque esta comparación es limitada debido a las posibles variables y al pequeño tamaño de la muestra (dos parcelas en cada tratamiento), debe arrojar duda en cuanto a las aseveraciones sobre los efectos nocivos de las praderas de gramíneas en los contenidos de materia orgánica en las regiones del bosque húmedo tropical.

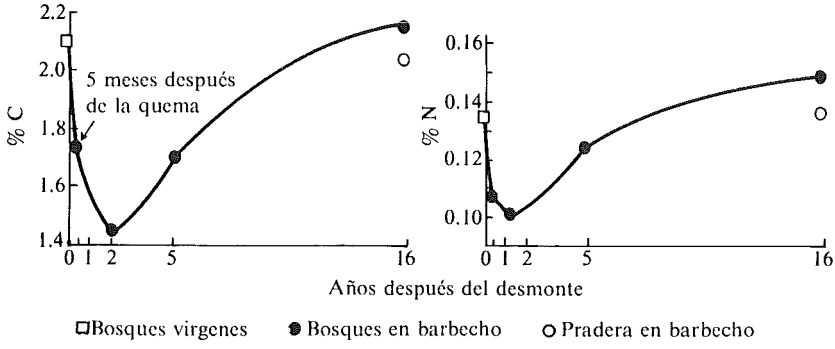


Figura 17. *Estado de la materia orgánica en la capa superficial del suelo (0-10cm) en un bosque del Cararé — Opón en el Valle del Magdalena Medio, Colombia, en sitios cercanos, de edad y tipo de vegetación conocidos. (Suelo Aérico Ochraquox con 3.8 de pH; 3000 mm de precipitación.)* Fuente: Adaptada de De las Salas y Folster (1976), y De las Salas (1978) .

Cambios en la acidez del suelo y en la disponibilidad de nutrimentos

Los cambios en las propiedades de la capa superficial del suelo antes del desmonte y durante el primer muestreo después de la quema en los que el tiempo y las muestras fueron debidamente tomados en varios estudios se resumen en el Cuadro 14. Este cuadro muestra las tendencias generales y las desviaciones que allí se originan. Los valores de pH del suelo aumentan después de la quema, pero no llegan a ser neutros. Los niveles de Ca + Mg intercambiables se duplican o triplican, pero hay una variación significativa entre las parcelas adyacentes en el mismo suelo como lo

demuestran los dos sitios en Yurimaguas. Esta diferencia se atribuye a un nivel inicialmente alto de bases en la Chacra II y a una quema más completa. Los contenidos de K intercambiable también aumentaron pero el efecto es de corta duración a causa de la lixiviación rápida. Esto probablemente explica por qué no hubo aumentos en el K intercambiable en la Chacra II en Yurimaguas y en las localidades de Belém, en las cuales se tomaron muestras a los tres y 12 meses después de la quema. El Al intercambiable disminuyó en cantidades proporcionales al incremento del Ca + Mg intercambiables lo que sugiere un efecto directo del encalado. El lugar más fértil al sur de Bahía constituye la única excepción a esta afirmación. Salvo un caso, la saturación de Al disminuyó a niveles más bajos de los considerados como críticos (60%).

Cuadro 14. **Resumen de los cambios en las propiedades físicas de la capa superficial del suelo antes y poco después de la quema de bosques tropicales en ultisoles y oxisoles de la Amazonia.**

Propiedad del suelo	Tiempo	Yurimaguas[1] (2 sitios) I	Yurimaguas[1] (2 sitios) II	Manaus[2] (x̄ 7 sitios)	Belém[3] (x̄ 60 sitios)	Barrolândia[4] Bahía (1 sitio)
Meses después de la quema:		1	3	0.5	12	1
pH (in H_2O)	Antes	4.0	4.0	3.8	4.8	4.6
	Después	4.5	4.8	4.5	4.9	5.2
Ca + Mg interc.	Antes	0.41	1.46	0.35	1.03	1.40
(meq/100g)	Después	0.88	4.08	1.25	1.97	4.40
	Δ	0.47	2.62	0.90	0.94	3.00
K interc.	Antes	0.10	0.33	0.07	0.12	0.07
(meq/100g)	Después	0.32	0.24	0.22	0.12	0.16
	Δ	0.22	(0.07)	0.15	0.00	0.09
Al interc.	Antes	2.27	2.15	1.73	1.62	0.75
(meq/100g)	Después	1.70	0.65	0.70	0.90	0.28
	Δ	(0.59)	(1.50)	(1.03)	(0.72)	(0.45)
Saturación de	Antes	81	52	80	58	34
Al (%)	Después	59	12	32	30	5
Disp. de P (ppm)	Antes	5	15	-	6.3	1.5
(Olsen en Perú	Después	16	23	-	7.5	8.5
NC en Brasil)	Δ	11	8	-	1.2	7.0

Calculado con base en datos de:

[1] Seubert *et al.*, 1977; y Villachica y Sánchez (en prensa).
[2] Brinkmann y Nascimento, 1973.
[3] Hecht (datos inéditos).
[4] Silva, 1978.

El P disponible, generalmente considerado el nutrimento más limitante, también aumenta con la quema, superando el nivel en barbecho, pero de nuevo con una variación considerable según el sitio. Aparte de estas diferencias no hay duda de que la fertilidad de los suelos ácidos aumenta considerablemente después de la quema.

Patrón de deterioro de la fertilidad

Estas relaciones empiezan a invertirse por si solas con el tiempo. La Figura 14 ilustra los cambios ocurridos en los primeros 10 meses después de la quema en Yurimaguas. Silva (1979) registró resultados casi idénticos al sur de Bahía, Brasil. El N inorgánico (no mostrado) y el K son los primeros elementos que se agotan, mientras que los otros disminuyen más lentamente.

La Figura 16 muestra la tendencia de cuatro años en parcelas sin fertilizar en Yurimaguas con dos cosechas de arroz de secano por año. Los rendimientos de las tres primeras cosechas fueron del orden de 1.2 ton/ha, disminuyendo a 0.5 ton/ha en la cuarta cosecha y a cantidades insignificantes en adelante (Bandy, 1977). El suelo era tan infértil que no se observaron casi malezas. Su superficie había sido compactada por la exposición a la lluvia, ya que el deficiente crecimiento del arroz no proporcionaba una cubierta adecuada.

Los agricultores migratorios rara vez continúan cosechando el mismo terreno por períodos tan largos. Normalmente, abandonan sus tierras cuando estiman que las bajas en rendimiento en la siguiente cosecha serán del 50 por ciento (Sánchez, 1976). La Figura 18 ilustra las posibles épocas en que ésto podría suceder en suelos diferentes y con diferentes cultivos. En los molisoles fértiles de Petén, Guatemala, sólo se siembran dos cosechas de maíz porque el control de malezas es el principal factor limitante. En los alfisoles fértiles, pero pobremente drenados de Yurimaguas, se pueden producir más de tres cosechas consecutivas de arroz de secano si las malezas son controladas. En los infértiles pero bien drenados ultisoles de la misma localidad, sólo se puede contar con dos cosechas de arroz o yuca y una rotación de arroz-maíz-soya (en un año). Según la Figura 18, es evidente que el control de malezas es el principal factor limitante en los suelos más fértiles, mientras que el descenso en la fertilidad es la causa principal de los bajos rendimientos en los ultisoles ácidos.

Mantenimiento de la fertilidad del suelo con cultivos anuales

Experiencia de los agricultores en la selección de los mejores suelos: Altamira. Una estrategia directa para retardar el patrón de bajas en los rendimientos es la selección de mejores suelos. Morán (1977) cita un excelente ejemplo que muestra el ingenioso criterio de selección de una

clase de agricultores migratorios cerca de Altamira, a lo largo de la carretera transamazónica del Brasil. Los caboclos* seleccionan sitios con árboles de troncos delgados tales como Acaí (*Euterpe aleracea*), babacú (*Orbignya martiana*) y morocó (*Bauhinia macrotachia*). Los colonos o nuevos pobladores, atraídos por los proyectos de colonización del gobierno, buscan los bosques vírgenes con árboles de troncos gruesos tales como acapú (*Vouacapona americana*), caju-açú (*Anarcadium giganteum*) y jaraná (*Holopyxidium jarana*). Después de un año de prácticas similares de corte y quema, las condiciones químicas del suelo de los caboclos eran muy superiores a las de los colonos (**Cuadro 15**). Esto sugiere que a los caboclos les fue posible identificar áreas de alfisoles por medio de la vegetación, mientras que los nuevos pobladores seleccionaron los ultisoles y oxisoles. Los caboclos cultivaron más que todo yuca, en tanto que los colonos sembraron arroz, maíz y fríjol, todos sin fertilización.

* Indios brasileños mestizos o puros. (Nota del editor.)

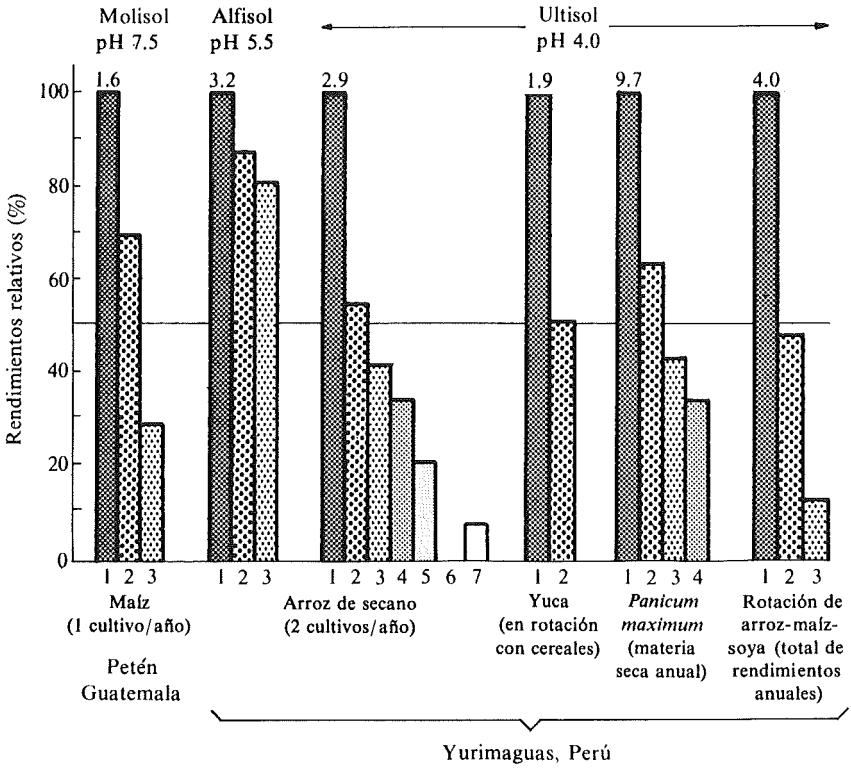


Figura 18. *Patrón de descenso en rendimientos en varios sistemas de agricultura migratoria sin fertilización.* (Fuente: Adaptada de Sánchez, 1976).

Cuadro 15. **Propiedades de la capa superficial del suelo (0-10 cm) en los suelos seleccionados por los caboclos y colonos cerca de Altamira, Pa., Brasil. Promedio de tres muestras tomadas un año después de la tala y quema.**

Tipo de agricultor	Arbol indicador (ancho del tronco)	Color del suelo húmedo	pH	C org. %	Dispon. de P (N.C.) (ppm)	Al	Ca	K	CICE	Satur. de Al %
						intercambiables meq/100g				
Caboclo	Ancho	10 YR 4/4 -3/2	6.2	1.7	26	0	7.1	0.1	8.2	0
Colono	Delgado	7.5 YR 4/5 -3/3	4.3	2.3	2	5.5	1.1	0.2	6.8	81

Fuente: Morán, 1977.

Como resultado de la acertada selección de suelos y de cultivos adaptados, los agricultores tradicionalmente migratorios duplicaron sus ingresos en relación con los de los colonos (Morán, 1977). Aunque las especies indicadoras probablemente varían en otras regiones, este es un buen ejemplo de experiencia acumulada como un medio para aumentar la producción. Una cuantificación de estas diferencias con base en las especies de árboles mediante análisis químico sería muy útil.

Producción intensiva continua de cultivos: Yurimaguas

Los requisitos de fertilidad para la producción continua de cultivos en un ultisol de Yurimaguas después de la limpieza y quema de un bosque secundario de 17 años han sido investigados desde 1972 usando una variedad de sistemas de cultivo y de tasas de fertilización (North Carolina State University 1973, 1974, 1975, 1976; Sánchez 1977 a,b,c; Bandy, 1977; Villachica, 1978; Valverde *et al.*, 1979). La secuencia de las limitaciones de nutrimentos en su orden de aparición se describen en el Cuadro 16. En él se muestra el dinamismo del sistema y se explican los bajos rendimientos obtenidos sin fertilización. Los incrementos en rendimientos de la séptima cosecha en adelante se deben a la identificación y solución de estos problemas de fertilidad. Un plan de fertilización para esta situación se presenta en el Cuadro 17. La fertilización de mantenimiento como tal empieza en el segundo año, con el respaldo de un programa de análisis de suelos.

Este plan de fertilización es costoso (cerca de US$875/ha/año) pero los rendimientos son altos. Bandy (1977) muestra que el plan es rentable con una ganancia neta de US$2.90 por cada dolar invertido en fertilizantes y cal a precios de 1978 en Yurimaguas para la rotación arroz-soya-maní. Estos cálculos incluyen el alto costo del transporte de los fertilizantes desde áreas industriales al otro lado de los Andes.

Cuadro 16. **Epoca de aparición de las limitaciones en fertilidad en una rotación de arroz de secano-maíz-soya, después de la quema de un bosque secundario en un ultisol en Yurimaguas, Perú.**

Meses después del desmonte	Problema
1	Incrementos iniciales en pH, en N, P, K, Ca, Mg, S, inorgánicos y en micronutrimentos. Disminución de la saturación de Al por debajo de niveles tóxicos. Efecto de las cenizas.
2	Suministro de N inorgánico agotado. Aparición de síntomas de deficiencia de N. K intercambiable por debajo del nivel crítico de 0.2 meq/100 g. Aparición de síntomas de deficiencia de K.
10	Se completa la descomposición del C orgánico a un nuevo nivel de equilibrio. Se incrementa la saturación de Al, excediendo el nivel de toxicidad del 60% para maíz y soya. P disponible por debajo del nivel crítico (12 ppm de P vía método de Olsen). El Mg llega a ser crítico a 0.2 meq/100 g para soya y a 0.4 para maíz.
12	El encalado a un pH de 5.5 y las aplicaciones de 80-26-80 kg/ha de NPK por cultivo, excepto N para la soya, aumentan los rendimientos.
	Las aplicaciones de K solucionan la deficiencia de K pero crean un desequilibrio cuando la proporción K/Mg es menor de 1.2. Se necesitan aplicaciones de Mg. La deficiencia de B es evidente.
	El S, Cu y Mo probablemente son limitantes (el S se volvió limitante inmediatamente después del desmonte en las parcelas donde se utilizó buldózer). La deficiencia de Mo depende del contenido de Mo de la semilla.
24	La remoción de nutrimentos por los cultivos agota cada vez más el suelo. Las tasas de N, P, K y Mg tienen que aumentarse.
48	Aparecen deficiencias de Zn.

Fuente: Villachica, 1978, Villachica y Sánchez (en prensa).

Cuadro 17. **Esquema sugerido para el mantenimiento de la fertilidad para la producción de cultivos intensivos en Yurimaguas. Tres cultivos al año: arroz, maíz y soya o preferiblemente arroz, maní y soya.**

Meses después del desmonte	Número de cosechas	Fertilización
0	1	Desmonte mediante corte y quema. Siembra de arroz de secano enano sin fertilización. Rendimiento de 3 ton/ha. Análisis de suelos próximos a la recolección para determinar saturación de Al.
5	2	Aplicación de cal dolomítica a 1 x Al intercambiable, incorporándola con tractor manual. Aplicación de 50 kg/ha de P como superfosfato simple para corregir deficiencias de P y S, y 60 kg/ha de K. Si no se dispone de cal dolomítica añadir 30 kg/ha de Mg por cultivo.
12 en adelante	5	Aplicaciones de mantenimiento (kg/ha cultivo) de 50 P, 50-80 K, Mg para conservar la relación K:Mg cerca de 1:2 kg de B y 1 g de Mo/kg de semilla. Las tasas de N deben ser de 80 para arroz, 120 para maíz y nada para soya y maní. Análisis de suelo cada 6 meses para verificar la toxicidad de Al, y los contenidos de P, K, Mg y micronutrimentos. Aplicar 2 kg/ha de Cu cada tres cosechas.
24	9	Puede ser necesario añadir más cal. Observe si el contenido de Zn está decayendo a niveles críticos.

Fuente: Villachica, 1978; Sánchez, 1979.

Producción continua de cultivos con un nivel bajo de insumos: Yurimaguas

Los altos requerimientos de fertilizantes previamente descritos limitan la adopción de un sistema intensivo en áreas con crédito y fertilizantes fácilmente disponibles, así como con un sistema de mercadeo adecuado. Otras estrategias fueron también investigadas para un sistema continuo de cultivos con costos más bajos. Una es la obtención de cinco cosechas al año por medio del cultivo intercalado de relevo de yuca, maíz, soya y maní, los cuales producen 30 por ciento más de rendimiento por año que el sistema de monocultivo (Wade, 1978; Bandy, 1977; Sánchez, 1977 a, b). Otro es el uso de kudzú (*Pueraria phaseoloides*) como cubierta protectora o como abono verde. Los tratamientos con kudzú en cualesquiera de las dos formas, produjeron rendimientos de soya, maní, caupí y arroz de secano del orden de 80 a 90 por ciento de aquellos logrados en parcelas fuertemente fertilizadas con adiciones de abono orgánico para cinco cultivos continuos.

Los análisis económicos de éstas y otras combinaciones, incluyendo el uso del sistema tradicional arroz-yuca-plátano-barbecho, citado por Cate y Coutu (1977), muestran que el ingreso anual neto de una pequeña finca familiar en Yurimaguas puede llegar a US$6000 asumiendo una inversión de capital de US$1000 prorrateada a tres años. Para alcanzar este nivel de ingresos se requieren siete ha de cultivos continuos por año. Este nivel de ingreso familiar compite muy favorablemente con el promedio anual de ingresos de US$750 para una familia rural en el área de Yurimaguas y de US$1500 para el 25 por ciento de las familias de las "barriadas" (barrios bajos) de Lima, en su mayoría inmigrantes de las áreas rurales del Perú.

Mantenimiento de la fertilidad del suelo bajo pasturas

La producción pecuaria basada en pastos es la principal actividad en la tierra desmontada en la hoya del Amazonas, y una gran fuente de controversia particularmente en Brasil. Hay cerca de 3,7 millones de hectáreas de praderas cultivadas en áreas de bosque en la Amazonía, de acuerdo a cálculos de Kirby (1976) y Serrão *et al.* (1979). La mayoría son de *Panicum maximum* sin fertilizar y tienen una capacidad de carga de 1 UA/ha con una producción de cerca de 100 kg/ha de ganancia de peso vivo anual. Después de los primeros tres o cuatro años, la productividad de los potreros empieza a decaer, hay invasión de rebrotes secundarios y el potrero lentamente cambia a bosque secundario de barbecho. Serrão *et al.* (1979) estiman que el 20 por ciento del área sembrada de pastos en la región amazónica brasileña está en algún estado de degradación. Esto ha suscitado serias dudas acerca del valor de este importante sistema agrícola

en la Amazonía (Goodland e Irwin, 1975; Schubart, 1977; Fearnside, 1978). El gobierno brasileño ha suspendido los créditos para el desmonte de nuevas tierras para pastos y está concentrando sus esfuerzos en adecuar las praderas degradadas.

Una serie de estudios realizados principalmente en el área de Paragominas a lo largo de la carretera Belém-Brasilia, en el norte de Mato Grosso y cerca a Belém, ha brindado interesante información acerca de la dinámica del suelo con el transcurso del tiempo en la producción de pastos (Falesi, 1976; Baena, 1977; Serrão *et al.*, 1979; Fearnside, 1978; Hecht, 1978). Las muestras de suelo fueron tomadas en praderas de edad conocida en varias fincas. Aunque el tamaño de la muestra es pequeña, se emplea el método de tiempo y espacio confundidos y la variabilidad es alta, en estos estudios se observa una tendencia muy clara: Los pastos retardan la tasa de descenso de la fertilidad, manteniendo constante por varios años los beneficios de la quema, particularmente un pH alto del suelo, la eliminación de la toxicidad de Al, con niveles altos de Ca y Mg durante los primeros cuatro a cinco años y contenidos de P satisfactorios. Serrão *et al.* (1979) atribuyen este descenso a la deficiencia de N y P, y a la mala adaptación de *Panicum maximum* a este ambiente.

La Figura 19 resume los datos de un oxisol arcilloso de Paragominas y de un oxisol franco del norte de Mato Grosso. Los datos sugieren un grado notable de reciclamiento de nutrimentos y de mantenimiento de la fertilidad del suelo bajo pastos en el oriente de la Amazonía. Las observaciones sobre productividad animal indican que su descenso está asociado con la disminución de los niveles de P disponibles por debajo de 4 ppm. Serrão *et al.* (1979) afirman que la velocidad de este descenso es más rápida en suelos arcillosos que en los francos. Puesto que la fijación de P en oxisoles y ultisoles aumenta como una función del contenido de arcilla de la capa superficial del suelo y de los óxidos de Fe (Sánchez y Uehara, 1980), no es sorprendente que los oxisoles arcillosos muestren más pronto síntomas de degradación de los pastos que los oxisoles francos. Como *Panicum maximum* responde muy fuertemente a la fertilización fosfórica, tampoco es sorprendente que tienda a desaparecer y que sea ahogado por rebrotes forestales. Serrão y asociados encontraron que las cargas animales excesivamente altas también aceleraban la degradación de las praderas.

Una mirada a la Figura 19 sugiere que estas praderas son periódicamente quemadas como lo indican los marcados incrementos en los contenidos de bases y P disponible. También muestra una gran variabilidad entre localidades.

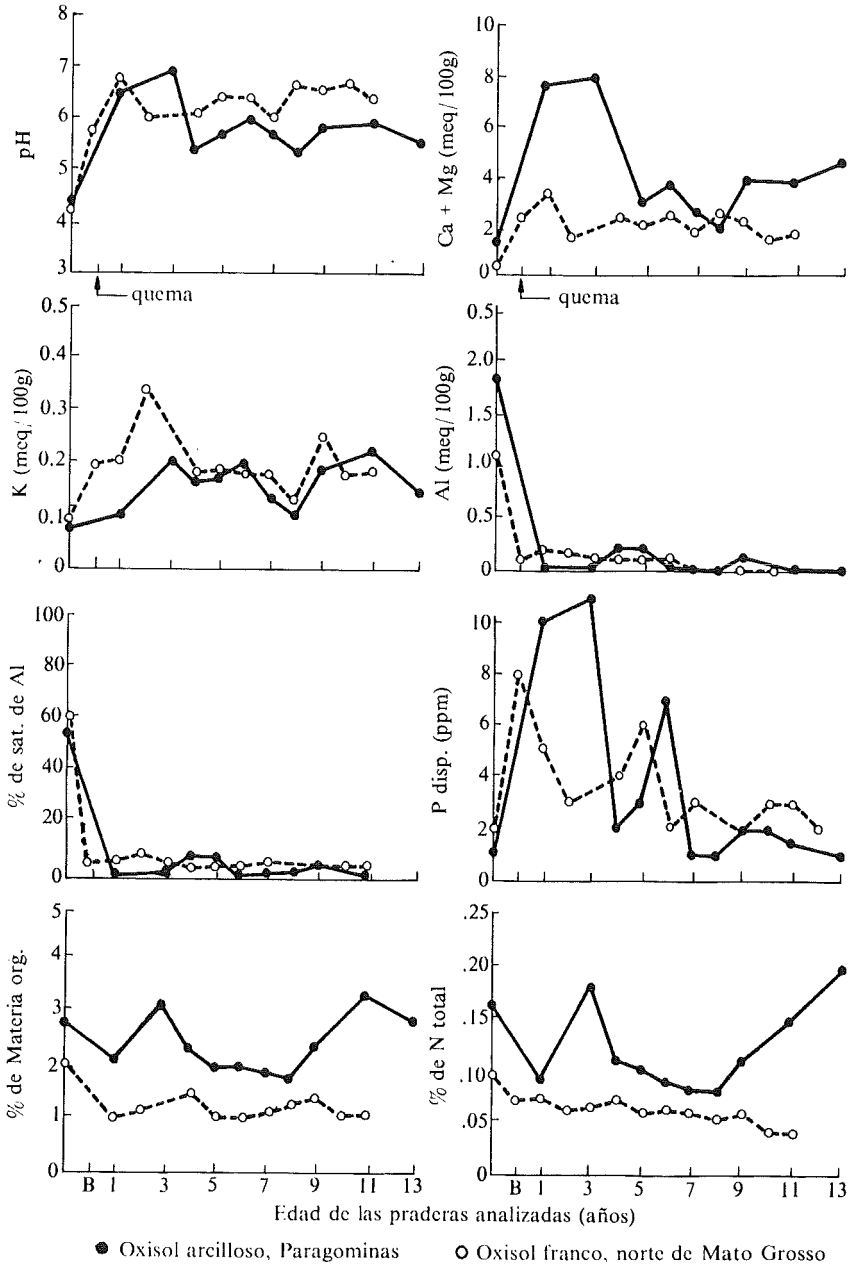


Figura 19. *Cambios en las propiedades de la capa superficial del suelo en praderas de* **Panicum maximum** *de edad conocida en el oriente amazónico. (Las muestras fueron tomadas simultáneamente.)* (Fuente: Adaptada de Serrão *et al.*, 1979).

La solución a esta situación aparentemente irremediable es muy sencilla: Limpiar los rebrotes forestales ("juquira") a mano, quemar la pradera y distribuir al voleo 25 kg/ha de P, la mitad como superfosfato simple y la otra como roca fosfórica. Cuando Serrão *et al.* (1979) aplicaron estas medidas a una pradera degradada de 13 años en Paragominas, la composición botánica cambió de un 77 por ciento de malezas y rebrotes de bosque a un 92 por ciento de *Panicum maximum*. Experimentos en marcha sugieren que las ganancias de peso vivo de los animales aumentarán en igual proporción.

Todavía hay dudas acerca de la persistencia del *Panicum maximum* regenerado, puesto que sus requerimientos de fertilidad son relativamente altos, y se desconoce si los otros nutrimentos diferentes de P y S (los cuales fueron aplicados en el superfosfato simple) llegarán a ser limitantes. Los más preocupantes son el N y el K, con niveles de K cerca del nivel crítico. Se está estudiando la adaptación de especies de gramíneas que requieren niveles más bajos de P, como *Brachiaria humidicola* y *Andropogon gayanus,* y la introducción y prueba de persistencia para especies de leguminosas tales como *Pueraria phaseoloides, Desmodium ovalifolium* y muchas otras (CIAT, 1980). Un factor limitante adicional es la tolerancia de especies de pastos a ataques serios de insectos y enfermedades en la Amazonía, como el insecto salivazo en *Brachiaria decumbens* y la antracnosis en *Stylosanthes guianensis.*. Es interesante anotar que el valor forrajero de los rebrotes de algunas especies forestales es considerable, de acuerdo a estudios recientes de Hecht (1979).

En el occidente amazónico, en la región de bosques estacionales semisiempreverdes de Pucallpa, Perú, Toledo y Morales (1979) encontraron que las praderas de gramíneas y leguminosas fertilizadas con 22 kg de P/ha/año como superfosfato simple han persistido al menos por tres años, produciendo cerca de 377 kg/ha de peso vivo anual con una carga de 3 animales/ha, en mezclas de *Hyparrhenia rufa* y *Stylosanthes guianensis.* Sin la leguminosa, las praderas que recibieron una fertilización similar produjeron un máximo de 149 kg/ha de ganancias de peso vivo al año, con una carga de 2.1 animales/ha.

Estos datos son alentadores ya que ellos indican un potencial muy alto para la producción ganadera con un mínimo de insumos en praderas de la selva amazónica. Datos del Brasil también sugieren un nivel significativo de reciclamiento de nutrimentos en praderas con manejo extensivo. Las marcadas diferencias en el descenso de la fertilidad entre los datos de los cultivos mostrados en las Figuras 17 y 19 probablemente reflejan algo más que el efecto del reciclamiento de nutrimentos por los animales en pastoreo. El área de Paragominas tiene un régimen de humedad de suelo

ústico o casi ústico con un período seco de cuatro meses, típico de la subregión B. La contribución de la ceniza puede ser mayor puesto que la quema es más intensa. La estación seca también puede disminuir las pérdidas por lixivación e incluso aumentár el flujo de nitratos, K y otros cationes durante este período. Además, los agricultores queman las malezas y los rebrotes de forraje cada dos o tres años en Paragominas, lo cual facilita el reciclamiento de P y de bases. La situación en Pucallpa es similar a la de Paragominas y Manaus en cuanto a los ciclos de cosechas, pero desafortunadamente no se dispone de datos acerca de la dinámica de suelos de Pucallpa.

El mantenimiento de la fertilidad del suelo bajo pastos tropicales no es un descubrimiento nuevo. Un estudio similar en el tiempo y en el espacio realizado por Bruce (1965) después del desmonte en un bosque húmedo tropical en South Johnstone, Queensland, Australia, muestra un descenso en el contenido de materia orgánica de la capa superficial del suelo con *Panicum maximum* sin fertilizar, pero el mantenimiento total del C orgánico original de la capa superficial y de los niveles de N en praderas de *Panicum maximum* y *Centrosema pubescens,* fertilizadas hasta por 16 años (Figura 20). Los datos de un estudio de una pradera de 16 años en Carare-Opón, Colombia, también indican que los pastos pueden aumentar el nivel de materia orgánica del suelo de manera similar que el período de barbecho en la agricultura migratoria.

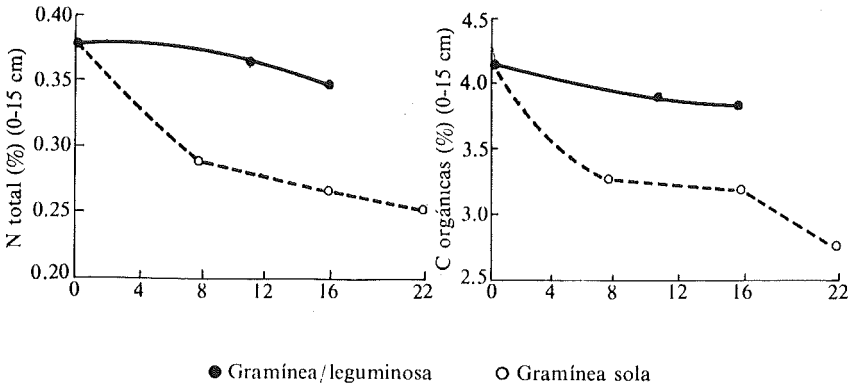


Figura 20. *Efectos a largo plazo de praderas de pasto guinea* (**Panicum maximum**) *sin fertilizar, con y sin* **Centrosema pubescens**, *sobre la materia orgánica de la capa superficial del suelo después del desmonte de un bosque húmedo en South Johnstone, Australia.* (Fuente: Adaptada de Bruce, 1965).

Mantenimiento de la fertilidad del suelo bajo cultivos permanentes y silvicultura

En estos sistemas el ciclo original de nutrimentos entre el bosque virgen y el suelo es remplazado por otro ciclo de nutrimentos. Los datos cuantitativos sobre este tema son escasos, pero hay evidencia de plantaciones comerciales prósperas tal como las de *Gmelina arborea* en Jari, Brasil. La única información disponible al respecto son evidencias de un incipiente reciclamiento de nutrimentos en varios cultivos permanentes en un estudio de Silva (1979) en el sur de Bahía. El Cuadro 18 muestra un incremento en los contenidos de bases intercambiables en los 5 cm superiores del suelo 34 meses después de la quema. El incremento es más marcado en las plantaciones jóvenes de palmas de aceite con una cobertura de *Pueraria phaseoloides,* seguida por pastos y, en menor grado, en el cultivo intercalado de yuca y banano que precede a la plantación de cacao.

Aparentemente no existe información sobre el manejo de suelos en los sistemas agroforestales en la Amazonía (Sánchez, 1979). Este es un vacío evidente que debe ser llenado, interrumpiendo así el patrón actual de estudios de los suelos amazónicos en relación con una sola clase de uso.

Cuadro 18. **Efectos de los sistemas de cultivo en el contenido de bases intercambiables en la capa superficial del suelo 34 meses después del desmonte de un bosque húmedo virgen en un ultisol al sur de Bahía (30 meses después de la siembra de cultivos y 18 después de la siembra de pastos).**

Sistema	Meses después del desmonte	Suma de bases intercambiables (Ca + Mg + K) (meq/100g)
Bosque húmedo vírgen	0	1.15
Después de la quema	1	2.09
Caucho - kudzú	34	2.60
Yuca - banano	34	2.80
Pastos	34	4.00
Palma oleaginosa-kudzú	34	4.50
DMS 0,05	34	2.00

Fuente: Silva, 1979.

Conclusiones

Existe una estrecha relación entre las clases de vegetación y los regímenes de ETPELL en la región amazónica. Esto indica que a menos que haya cambios climáticos sustanciales, cualquier fragilidad (en el sentido de

tierras desmontadas que no se convierten de nuevo en bosques al abandonarlas) probablemente se limitará a áreas de transición entre sabanas bien drenadas y bosques estacionales semi-siempreverdes. La mayoría de las tierras bien drenadas son apropiadas para la producción de cultivos y pastos y para la silvicultura. Si se usan para la producción de pastos, uno de los problemas previsibles será la dificultad de controlar los rebrotes de las especies forestales. La ETPELL es una buena herramienta para definir subregiones climáticas para cultivos perennes y producción de pastos en los trópicos.

A medida que los suelos de la región amazónica llegan a ser mejor conocidos en términos de su distribución geográfica, morfología, clasificación y, en menor grado, manejo, se deben considerar muchas generalizaciones acerca de su comportamiento. El patrón de variabilidad de los suelos entre las diferentes subregiones climáticas y posiciones topográficas puede servir como base para un desarrollo ordenado. Aunque la información sobre cómo manejar estos suelos surge principalmente de unos cuantos campos experimentales, estos datos permiten que quienes toman las decisiones seleccionen dentro de un sistema de tierra, aquellos suelos que son aptos para la producción continua anual de cultivos para un nivel específico de uso de insumos, y los más adecuados para la producción de pastos, cultivos permanentes o agro-forestales. Además, es posible identificar suelos como los spodosoles los cuales es preferible dejarlos en su estado natural.

La información disponible muestra claramente que la mayoría de los suelos de la Amazonía no tienen limitaciones insalvables para la producción agrícola desde un punto de vista técnico. Más evidencias sobre este punto se presentan en otros trabajos de esta conferencia. Las principales restricciones son químicas y éstas pueden obviarse mediante la fertilización y el uso de especies y cultivares tolerantes a algunas de las principales limitaciones del suelo. Las aseveraciones sobre la imposibilidad de cultivar estos suelos en forma continua, los peligros de la conversión laterítica y la erosión catastrófica son claramente exageradas. Es evidente, sin embargo, que sin una adecuadà tecnología de manejo de suelos los sistemas agrícolas nuevos fracasarán, como sucedió con el trasplante directo del sistema de producción de *Panicum maximum* del sur del Brasil al Amazonas. Es necesario, por lo tanto, desarrollar una tecnología apropiada. Aunque hay varios proyectos de valor en la Amazonía que están generando dicha tecnología, el esfuerzo total es muy pequeño comparado con la magnitud de la labor.

La comparación de Marbut y Manifold (1926) sobre la similaridad de los suelos bien drenados de la Amazonía con los ultisoles del sureste de los

ados Unidos ha soportado la prueba del tiempo. La última región olucionó de la agricultura migratoria a un cultivo continuo durante el lo pasado, pero la carencia de una adecuada tecnología ocasionó una sta erosión en la región de piedemonte de los Estados Unidos. Muchos de os suelos tienen actualmente una vegetación de bosque secundario pero oductiva. Los científicos agrícolas pueden contribuir a prevenir una uación similar en la Amazonía mediante el desarrollo y la transferencia ortunos de la tecnología apropiada sobre manejo de suelos.

gradecimientos

Los autores desean agradecer la contribución de los ingenieros Luis evedo, CPAC-EMBRAPA, Brasil, y Luis F. Sánchez y Jorge Porras del AT, por el estudio computarizado de recursos de tierras de América pical, el cual se utilizó ampliamente en la compilación de este informe.

Bibliografia

Aero Service Corporation, Philadelphia. 1972. **Levantamiento de radar del Territorio Federal Amazonas.** CODESUR, Ministerio de Obras Públicas, Venezuela.

Alvim, P.T. 1972. **Desafío agrícola da região Amazônica.** Ciencia e Cultura 24:437-443.

———. **The balance between conservation and utilization in the humid tropics, with special reference to the Amazonia of Brazil.** *In:* Prance, G.T.; Elias, T.S. (eds.) Extinction is forever. pp.347-352. New York Botanical Garden, N.Y. [en portugués: Ciencia e Cultura 30(1):9-16, 1978; en español: Desarrollo Rural en las Americas 8:187-194, 1976].

———. 1978a. **A expansão da fronteira agrícola no Brasil.** CEPLAC, Itabuna, Bahia.

———. 1978b. **Perspectivas de produção agrícola na região amazônica.** Interciencia 3(4): 243-249.

———. 1979. **Agricultural production potential of the Amazon region.** *In:* Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics, CIAT, Cali, Colombia. pp. 13-23.

——— ; da Silva, J.E. 1979. **Comparação entre os cerrados e a região Amazônica em termos geoecológicos.** *In:* V Simpósio sobre o Cerrado. Brasilia, Brasil (en impresión).

Amaral Filho, Z.B.; Rego, R.S., dos Santos, P.L. *et al.* 1975. **Estudo detalhado dos solos de uma area do Municipio de Bragança.** Inst. Desevn. Económico Social Pará. Série monografias No. 19. IDESP, Belém, PA, Brasil. 93 p.

Anderson, A. 1972. **Farming in the Amazon: The devastation technique.** Saturday Review 15(40):61-64.

Baena, A.R.C. 1977. **The effect of pasture (*Panicum maximum*) on the chemical composition of the soil after clearing and burning a typical tropical highland forest.** M.S. thesis, Iowa State Univ., Ames, Iowa, Estados Unidos.

Bandy, D.E. 1977. **Manejo de suelos y cultivos en sistemas de agricultura permanente en la selva amazónica del Perú.** *In:* FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenamiento y Conservación de Suelos, Lima, Perú.

———; Benites, J. 1977. **Proyecto internacional de suelos tropicales, Yurimaguas.** Ministerio de Alimentación, Lima, Peru. 32 p.

Barr, H.J.; Goodnight, T.M.; Sull, J.P.; Helwing, J.T. 1976. **A user's guide to SAS '76.** Statistical Analysis Service, Inc., Raleigh, N.C., Estados Unidos. pp. 184-185.

Bastos, T.X. 1972. **Zoneamento agrícola da Amazônia. II. Estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira.** Inst. Pesq. Agropec. Norte Bol. Téc. 54:68-122.

Beek, J.; Bennema, J. 1966. **Soil resources expedition in western Brazil.** FAO World Soil Resources Report 22. Roma, Italia. 77p.

———; Bramao, L. 1969. **Nature and geography of South American soils.** Biogeography and Ecology in South America. Junk N.V. Publisher, La Haya, Países Bajos. Vol 1:82-112.

Benavides, S.T. 1973. **Mineralogical and chemical characteristics of some soils of the Amazonia of Colombia.** Tesis de Ph.D., North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos. 216 p.

Bennema, J. 1975. **Soil resources of the tropics with special reference to the Brazilian Amazon forest region.** *In:* Simpósio sobre Ecofisiología de Cultivos Tropicais (Manaus). CEPLAC, Itabuna, BA, Brasil. Vol 1:1-47.

Bersier, A. 1979. **Etude petrographique d'echantillons de roche et de gravier provenant des environs de Jenaro Herrera (Perou).** Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suiza. 30 p.

Blacameaux, P.; Pouyllau, M.; Hernandez, S.; Araujo, J. 1976. **Estudio pedogeomorfológico sobre las formaciones graníticas de la región de Puerto Ayacucho, Territorio Federal Amazonas.** IV Congreso Venezolano de la Ciencia de Suelo, Agosto 22-27, Maturín, Venezuela.

Blasco, M. 1968. **Información preliminar de los suelos del Amazonas colombiano.** Anal. Edafol. Agrobiol. 27:47-55.

———. 1970. **Formas del fósforo en los suelos del Amazonas colombiano.** Anal. Edafol. Agrobio. 29:643-648.

Bertoni, J. 1967. **A conservação do solo na Amazonia.** *In:* Simpósio sobre a Biota Amazonica (Belém). Conselho Nacional de Pesquisa, Rio de Janeiro, Brasil. Vol. 17:69-77.

Brinkmann, W.L.F.; de Nascimento, J.C. 1973. **The effects of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary region of Central Amazonia.** Turrialba 28:284-290.

Bruce, R.C. 1965. **Effect of *Centrosema pubescens* on soil fertility in the humid tropics.** Queensland J. Agr. Anim. Sci. 27:221-226.

Budowski, G. 1976. **La conservación del medio ambiente. Conflicto o instrumento para el desarrollo?** Ciencia Interamericana 17(1):2-8.

Buol, S.W.; Sánchez, P.A.; Cate, R.B.; Granger, M.A. 1975. **Soil fertility capability classification.** *In:* Bornemisza, E. y Alvarado, A. (eds.) Soil management in tropical America. North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos. pp. 126-141.

———; Sánchez, P.A.; 1978. **Rainy tropical climates: Physical potential, present and improved farming systems.** Proc. 11th Int. Soil Sci. Congress (Edmonton) 2:292-312.

Camargo, M.N.; Falesi, I. 1975. **Suelos del Planalto Central y la carretera transamazónica del Brasil.** *In:* E. Bornemisza y Alvarado, A. (eds.) Manejo de suelos en la América Tropical. North Carolina State University, Raleigh, N.C., Estados Unidos. pp. 25-44.

———; Rodrigues, T.E. (eds.). 1979. **Guía de execusão.** XVII Congreso Brasileiro de Ciencia do Solo (Manaus). Servico Nacional de Levantamento de Conservação de Solos, Rio de Janeiro, Brasil. 71 p.

Cate, R.B.; Coutu, A.J. 1977. **Interpretación económica de los datos agronómicos de Yurimaguas en la selva amazónica del Perú.** *In:* FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenamiento y Conservación de Suelos en América Latina, Lima, Perú.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. **Annual Report 1977.** Beef Program. CIAT, Cali, Colombia. pp. A7-10.

_____. 1979. **Annual Report 1978.** Beef Program. CIAT, Cali, Colombia. pp.B5-B11.

_____. 1980. **Annual Report 1979.** CIAT, Cali, Colombia. 101 p.

Cochrane, T.T. 1973. **El potencial agrícola de las tierras de Bolivia: Un mapa de sistemas de tierra.** Min. de Agricultura, La Paz.

_____. 1979a. **An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of tropical America for beef cattle production.** *In:* P.A. Sánchez y L.E. Tergas (eds). Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. 1-12.

_____. 1979b. **Agricultural ecosystem characterization in Tropical America.** *In:* I Conferencia sobre Ensayos Regionales de Pastos Tropicales. Reunión de Trabajo. CIAT, Cali, Colombia (en impresión).

_____. 1979c. **Manganese and zinc deficiencies in sugarcane grown in Entisols near Santa Cruz, Bolivia.** Trop. Agric. (Trinidad) 56(3):219-224.

_____; Porras, J.A.; Azevedo de G., L., Jones; P.G.; Sánchez, L.F. 1979. **An explanatory manual for CIAT's computerized land resource study of tropical America.** CIAT, Cali, Colombia, 131 p.

_____; Jones, P.G. 1980. **Clima e vegetação na America do Sul Tropical. Um estudo computarizado dos recursos das terras.** *In:* Anais do XXXI Congreso Nacional de Botánica. Ilheus/Itabuna, Brasil (en impresión).

_____; Salinas, J.G.; Sánchez, P.A. 1980. **An equation for liming acid mineral soils to compensate for Al tolerance.** Trop. Agric. 59:133-140.

Correa, P.R.S. *et al.* 1976. **Levantamento esploratório dos solos de parte do Territorio de Roraima e parte do Estado de Amazonas.** Anais 15 Congr. Bras. Ciencia Solo (Campinas) pp. 317-320.

Cordero, A. 1964. **The effect of land clearing on soil fertility in the tropical region of Santa Cruz, Bolivia.** M.S. thesis, Univ. of Florida, Gainesville, Fla., Estados Unidos.

Cover, T.M.; Hart, P.E. 1967. **Nearest neighbour pattern classification. IEEE Transactions on Information Theory.** Vol. IT-13:21-27.

Cruz, E.; de Sousa, G.F.; Bastos, J.B. 1971. **Influência de adubação NPK no milho em Terra Roxa Estruturada, Altamira, Zona do Rio Xingú.** IPEAN Serie: Fertilidade do Solos 1(3):1-17.

Custode, E.; Sourdat, M. 1978. **Suelos del nororiente. Características físico-químicas y su fertilidad.** Ministerio de Agricultura y Ganadería -Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Quito, Ecuador. 28p.

Day, T.H.; dos Santos, W. 1962. **Levantamento de solos e classificação dos terras-Fazenda São Salvador, Marajó, Pará.** Bol. Tec. Inst. Agron. Norte. 42:57-76.

Drosdoff, M.; Quevedo, F.; Zamora, C. 1960. **Soils of Peru.** Proc. 7th Inter. Congress of Soil Sci. (Madison) 4:97-104.

Dynia, J.F.; Moreira, G.N.C.; Bloise, R.M., 1977. **Fertilidade de solos da região da Rodovia Transamazônica. 2. Fixação de fósforo em Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada Latossólica.** Pesq. Agropec. Bras. 12:75-79.

Eiten, G. 1972. **The cerrado vegetation of Brazil.** Botan. Rev. 38(2):201-341.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa esquemática dos solos das regiões norte, meionorte e centro-oeste do Brasil. 1975. Texto explicativo.** Divisão de Pesquisa Pedológica. Bol. Tex. 17, Rio de Janeiro, Brasil.

El Swaify, S.A. 1977. **Susceptibilities of certain soils to erosion by water.** *In:* Greenland, D.T. y Lal, R. (eds). Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. Wiley, New York. pp. 71-77.

Estrada, J.A. 1971. **Mineralogical and chemical properties of Peruvian acid tropical soils.** Tesis de Ph.D., Department of Soil Science, University of California, Riverside, University Microfilms, Inc., Ann Arbor, Mich.

Eyre, S.R. 1968. **Vegetation and soils: A world picture.** 2nd Edition. Arnold Publishers, Ltd., Londres. pp. 195-258.

Falesi, I.C. 1964. **Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da Estrada de Ferro do Amapá: Trecho km. 150-171.** Bol. Tec. Pesq. Agropec. Norte (45):1-53.

_____. 1966. **O estado atual dos conhecimentos dos solos da região Amazônica brasileira.** Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias do Norte, Belém. 30 p.

_____. 1970. **Solos de Monte Alegre.** IPEAN Serie: Solos da Amazônia. 2(1):1-127.

_____. 1972. **O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira.** Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 54:17-67.

_____. 1972. **Solos da Rodovia Transamazônica.** Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 55:1-196.

_____. 1974. **O solo da Amazônia e sua relação com a definição de sistemas de produção agrícola.** *In:* IICA; Reuniao do grupo interdisciplinar de trabalho sobre directrizes de pesquisa agrícola para a Amazônia. EMBRAPA, Brasilia, Brasil. Doc. 2, 17 p.

_____. 1976. **Ecossistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira.** Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropico Úmido, EMBRAPA. Belém, Brasil. CPATU Bol. Tec. 1. 193 p.

_____; dos Santos, W.H.; Vieira, L.S. 1964. **Os solos da Colônia Agrícola de Tomé-Açu.** Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 44:1-93.

_____; Cruz, E.S.; da Silva, B.N.R.; Araujo, J.V. *et al.* 1967. **Contribução ao estudo dos solos de Altamira (região fisiográfica do Xingu).** IPEAN Circ. 10, Belém, Brasil.

_____; Vieira, L.S.; da Silva, B.N.R.; Cruz, E.S. *et al.* 1967. **Solos da Estação Experimental de Porto Velho, Rondônia.** IPEAN Serie Solos da Amazônia 1:1-99.

_____; Viera, L.S.; da Silva, B.N.R.; Rodrigues, T.E. *et al.* 1970. **Levantamento de reconhecimiento dos solos da colônia agrícola Paes de Carvalho, Alenquer, Pará.** IPEAN Serie Solos da Amazônia. 2(2):1-150.

FAO-UNESCO. 1971, 1975. **Soil map of the world.** Vol. IV-South America. UNESCO, Paris.

Fassbender, H.W. 1977. **Ciclos de elementos nutritivos en ecosistemas forestales tropicales y su transformación con la agricultura rotativa.** *In:* FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenación y Conservación de Suelos en América Latina. Lima, Perú.

_____; N. Díaz. 1970. **Contenido y formas de fósforo de algunos suelos de la región amazónica del Estado de Maranhão.** Turrialba 20:372-374.

Fearnside, P.M. 1978. **Estimation of carrying capacity of human populations in a part of the Transamazonic highway colonization area of Brasil.** Tesis de Ph.D., Univ. of Michigan, Ann Arbor, Mich., Estados Unidos.

Fittkau, E.J.; Klinge, H. 1973. **On biomass and trophic structure of the Central Amazonian forest ecosystem.** Biotropica 5(1):2-14.

Flores, S.; Alvarado, A.; Bornemisza, E. 1978. **Caracterización y clasificación de algunos suelos del bosque amazónico peruano.** Iquitos. Turrialba 28:99-103.

Friedman, I. 1977. **The Amazon basin, another Sahel?** Science 197:7

Fundação Joao Pinheiro. 1975. **Levantamento de reconhecimento de solos, da aptidão agropastoril, das formações vegetais e do uso da terra em área de Territorio Federal de Rondônia.** Belo Horizonte, Brasil. 171 p.

Gama, J.R.N.; Lopes, D.N.; Rêgo, R.S.; dos Santos, P.L. *et al.* 1975. **Estudo detalhado dos solos de uma área do Municipio de Maracaná.** Inst. Desen. Económico-Social Pará. Belém, Brasil. Ser. Monografías 18. 87p.

Goodland, R.J.A.; Irwin, H.S. 1975. **Amazon Jungle: Green Hell to Red Desert?** Elsevier, Amsterdam. 155p.

_____; Irwin, H.S.; Tillman, G. 1978. **Ecological development for Amazonia.** Ciencia e Cultura. 30(3):275-289.

Gourú, P. 1961. **The tropical world: Its social and economic conditions and its future status.** Third edition translated by E.D. Laborde. Longmans, Londres.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1977. **Breve diagnóstico agro-socio-económico de la región oriental, para la ubicación de un centro experimental agropecuario del INIAP.** Quito, Ecuador. 67 p.

Irion, G. 1978. **Soil infertility in the Amazonian rainforest.** Naturwissenschaften 65:515-519.

Jordan, C.F. 1975. **Nutrient cycling in an Amazonian rainforest.** *In:* Abstracts 2nd Int. Symposium on Environmental Biogeochemistry.

Kawano, K.; Sánchez, P.A.; Nureña, M.A.; Vélez, J. 1972. **Upland rice in the Peruvian jungle.** *In:* Rice Breeding, International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas. pp.637-643.

Kirby, J. 1976. **Agricultural land use and settlement of Amazonia.** Pacific Viewpoint 15:105-132.

Kirk, M.; Bravo, O. 1974. **Mapa del estudio de suelos a gran visión. Margen sur del Río Orinoco entre San Fernando de Atabapo y Santa Bárbara del Orinoco, Territorio Federal Amazonas.** Ministerio de Agricultura, División de Edafología, Caracas, Venezuela.

Klinge, H. 1968. **Litter production in an area of the Amazonian terra firme forest. Part II. Mineral nutrient content of the litter.** Amazoniana 1:303-310.

———. 1971. **Matéria orgánica e nutrientes na mata de terra firma perto de Manaus.** Acta Amazónica 1(1):69-72.

———. 1975a. **Bilanzierung von Hauptanah-rostoffen im Okosystem tropischer Regenwald (Manaus) - Vorlaufige Daten.** Biogeographica 7:59-99.

———. 1975b. **Root mass estimation in lowland tropical rainforest of central Amazonia, Brazil. III. Nutrients in fine roots from giant humus podsols.** Trop. Ecol. 16:28-39.

———; Rodrigues, W.A. 1968. **Litter production in an area of terra firme forest. I. Litter fall, organic carbon and total nitrogen contents.** Amazoniana 1:287-302.

———; Rodrigues, W.A. 1971. **Matéria orgánica e nutrientes na mata de terra firme perto de Manaus.** Acta Agron. (Manaus) 1(1):69-72.

Lal, R.; Kang, B.T.; Moorman, F.R.; Juo, A.S.R.; Moomaw, J.C. 1975. **Problemas de manejo de suelos y posibles soluciones en Nigeria Occidental.** *In:* Bornemisza, E. y Alvarado, A. (eds) Manejo de Suelos en América Tropical. North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos. pp. 380-417.

Lathrop, D. W. 1970. **The Upper Amazon.** Praeger, New York. 265 p.

Leao, A.C.; Carvalho Filho, R.; 1977. **Solos da área do Projeto Burareiro, Rondônia.** Itabuna, BA, Brasil. CEPLAC Bol. Tec. 52, 31 p.

Lima, J.J. de; Corsini, P.C.; Politano, W. 1978. **Water balance in a toposequence of soils localized in the State of Acre.** Científica 5(6):53.

Loczy, L. 1967. **Paleogeography and history of geological development of the Amazon basin.** Jb. Geol. B.A. (Austria) 106:449-502.

López, C.E. 1979. **Nutritional requirements for *Panicum maximum* production in the Amazon jungle of Peru.** Tesis de Ph.D., North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos.

Marbut, C.F.; Manifold, C.B. 1925. **The topography of the Amazon Valley.** Geogr. Rev. 15:617-643.

_____; Manifold, C.B. 1926. **The soils of the Amazon Basin in relation to agricultural possibilities.** Geogr. Rev. 16:414-442.

McNeil, M. 1964. **Lateritic soils.** Sci. Amer. 211(5):96-102.

Miller, E.V.; Coleman, N.T. 1952. **Colloidal properties of soils from western equatorial South America.** Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16:239-244.

Moorman, F.R.; van Wambeke, A. 1972. **The soils of the lowland rainy tropical climates, their inherent limitations for food production and related climatic restraints.** Trans. 11th Congr. Int. Soc. Soil Sci. (Edmonton) 2:292-312.

Morán, E.F. 1977. **Estratégias de sobrevivência: O uso de recursos ao longo da rodovia Transamazônica.** Acta Amazônica 7:363-379.

Moreira, G.N.C.; de S. Britto, D.P.P.; Dynia, J.F.; Bloise, R.M. 1977. **Fertilidade de solos da região da Rodovía Transamazonica. 3. Ensaios de adubação.** Pesq. Agropec. Bras. 12:81-89.

Muro, J.C. 1966. **Naturaleza y fertilidad de los suelos de la región tropical húmeda en el Perú.** Reunión Internacional sobre los Trópicos Húmedos de América Latina, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú. p. 18.

National Academy of Sciences. 1977. **World food and nutrition study: The potential contribution of research.** National Research Council, Washington, D.C., Estados Unidos. pp. 88-90.

Navas, J.; Munévar, F.; Ponce, J. 1977. **Utilización del bosque húmedo tropical: Levantamiento detallado, caracterización y clasificación taxonómica de perfiles de suelos seleccionados de la Intendencia del Caquetá.** ICA Programa Nacional de Suelos. Tibaitatá, Colombia. Informe de Progreso 44.

_____; Múnera, F.; Perea, J. 1977. **Utilización del bosque tropical: Erodabilidad y manejo de algunos suelos amazónicos.** ICA. Programa Nacional de Suelos, Tibaitatá, Colombia. Informe de Progreso 46.

_____; Munévar, F.; Perea, J. 1977. **Utilización del bosque húmedo tropical. Transformaciones de la materia orgánica y el nitrógeno en suelos bajo diferentes sistemas. Efecto de las quemas en las propiedades del suelo. Aporte de nutrimentos para la hojarasca del bosque.** ICA, Programa Nacional de Suelos, Tibaitatá, Colombia. Informe de Progreso 52.

Nicholaides, J.J. 1978. **Crop production systems on acid soils in humid tropical America.** *In:* D.W. Thorne y M.D. Thorne (eds.) Soil, Water and Crop Production. Avi. Pub. Co., Wesport, Conn., E.U. pp. 243-277.

Nortcliff, S.; Thornes, J.B.; Waylen, M.J. 1979. **Tropical forest systems: A hydrological approach.** Amazoniana 6(4):557-568.

North Carolina State University. 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979. **Research on Tropical Soils - Annual Reports.** Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, N.C., Estados Unidos.

Nureña, M.A.; Sánchez, P.A. 1970. **Cultivo continuo de arroz secano en la Selva Baja del Perú.** Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 25. CRIA I, Lambayeque, Perú.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1966. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona del Rio Pachitea.** ONERN, Lima, Perú.

_____. 1967. **Estudios de suelos de la zona de Yurimaguas (Reconocimiento sistemático).** ONERN, Lima, Perú.

_____. 1967. **Estudio del potencial de los recursos naturales de la zona del río Camisea.** ONERN, Lima, Perú. 46 p.

_____. 1968. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona del Río Tambo-Gran Pajona.** ONERN, Lima, Perú. 340 p.

_____. 1969. **Inventario de estudios de suelos del Perú (Segunda aproximación).** ONERN, Lima, Perú.

_____. 1970. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona Villa Rica - Puerto Pachitea.** ONERN, Lima, Perú. 450 p.

_____. 1972. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de los ríos Inambari y Madre de Dios.** ONERN. Lima, Perú, 369p.

_____. 1975. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos.** ONERN, Lima, Perú 333p.

_____. 1976. **Inventario y evaluación de los recursos de suelos y forestales de la zona Cencapa-Alto Marañón.** ONERN, Lima, Perú. 107p.

_____. 1977. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona Iberia-Iñapari.** ONERN, Lima, Perú, 376p.

_____. 1978. **Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona Pucallpa-Abujao.** ONERN, Lima, Perú, 261p.

Pazos, P.; Vicura, L.; Legarda, L.; Arias, A. 1978. **Propiedades físicas de algunos suelos del Putumayo, Amazonas Colombiano.** Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 16p.

Peters, W.; Urdaneta, I.; Materano, G.; Alvillar, E. 1971. **Estudio de suelos en algunas áreas en los alrededores de Puerto Ayacucho y en San Juan de Manapiare, ubicados en el Territorio Federal Amazonas.** Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 47p.

Ponte, N.T.; Libonati, V.F. 1964. **Influência do esterco de curral e da calagem na produção de feijão vigna Latossolo Amarelo, da região de Belém.** IPEAN Circ. 9. 19p.

———; Thomas, M.C.; Libonati, V.F., 1971. **Experimento de adubação em arroz de sequeiro.** B. Esc. Agron. Amaz. (Belém) 4:5-13.

Poullau, M.; Blancaneaux, P. 1976. **Inventario geomorfológico del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolivar. Cuenca del Ventuari y Orinoco medio.** IV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Agosto 22-27, Maturín, Venezuela.

Projeto Radambrasil. 1972-1978. **Levantamiento da Região Amazônica.** Vols. 1-12. Ministerio das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Rio de Janeiro, Brasil.

———. 1974. **Levantamento de recursos naturais.** Folha 5B-22-Araguaia. Vol. 4 Ministerío das Minas e Energía. Río de Janeiro, Brasil. 405p.

———. 1974. **Levantamento de recursos naturais.** Folha 5A.22. Belém. Vol. 5. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 408p.

———. 1974. **Levantamento de recursos naturais.** Folha NA/NB.22-Macapá. Vol. 6, Ministerio das Minas e Energia, Rio de Janeiro, Brasil. 389p.

———. 1975. **Levantamento de recursos naturais.** Folha 5B.21. Tapajós. Vol. 7. Ministerio das Minas e Energia, Río de Janeiro, Brasil. 409p.

———. 1975. **Levantamento de recursos naturais.** Folha NA.20-Boa Vista. Vol. 8. Ministerio das Minas e Energia, Río de Janeiro, Brasil. 426p.

———. 1975. **Levantamento de recursos naturais.** Folha. Na. 21. Tumucumaque. Vol. 9. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 360p.

———. 1976. **Levantamento de recursos naturais.** Folha. SA.21. Santarém. Vol. 10. Ministerio das Minas e Energia, Río de Janeiro, Brasil. 510p.

———. 1976. **Levantamento de recursos naturais.** Folha Na. 19. Pico da Neblina. Vol. 11. Ministerio das Minas e Energia, Río de Janeiro, Brasil. 374p.

———. 1976. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SC. 19-Río Branco. Vol. 12. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 458p.

———. 1977. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SB/SC. 18-Javari-Contamana. Vol. 13. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 413p.

———. 1977. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SA. 19. ICA. Vol. 14. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 446p.

———. 1977. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SB. 19. Jurva. Vol. 15. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 430p.

———. 1978. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SC. 20. Porto Velho. Vol. 16. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 663p.

_____. 1978. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SB.20. Purus. Vol. 17. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 558p.

_____. 1978. **Levantamento de recursos naturais.** Folha SA.20-Manaus. Vol. 18. Ministerio das Minas e Energía, Río de Janeiro, Brasil. 623p.

Ranzani, G. 1978. **Alguns solos da Transamazônica na região de Marabá.** Acta Amazonica 8:333-335.

_____. 1979. **Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA.** Acta Amazonica (en impresión).

Rego, R.S.; Vieira, L.S.; do Amaral Filho, Z.P.; dos Santos P.L. *et al.* 1974. **Estudio detalhado de uma área de municipio de Capitao Poço.** Inst. Desenv. Economico-Social Pam. Cadernos paraenses 9. 119 p.

Reis, A.C.F. 1972. **O impacto amazônico na civilização brasileira: a Transamazônica e o desafío dos tropicos.** Ed. Paralelo, Río de Janeiro.

Richards, P.W. 1977. **Tropical forests and woodlands.** Agro-Ecosystems 3:225-238.

Rodrigues, T.E.; da Silva, B.N.R.; Araujo, J.V.; Falesi, I.C. *et al.* 1971. **Solos da área do projeto de colonização do Alto Turi, norte do Río Turiaçu.** IPEAN Serie: Solos da Amazônia 3(1):1-110.

_____; Morikawa, I.K.; dos Reis, R.S.; Falesi, I.C. *et al.* 1971. **Solos do distrito agropecuario de Suframa.** Trecho km 30-79. Manaus. IPEAAOc Serie Solos 1(1):1-99.

_____; dos Reis, R.S.; Morikawa, I.K.; Falesi, I.C. *et al.* 1972. **Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc.** Bol. Tec. Inst. Pesq. Agro. Amaz. Ocid. 1(1):1-63.

_____; Baena, A.R.C.; Lopes, E.C.; Bastos, J.B. *et al.* 1973. **Solos da área para implantação do projeto seringueira.** SAGRI-SUDHEVEA. IPEAN, Belém, Brasil. 96p.

_____; Baena, A.R.C. 1974. **Solos da rodovia PA-02, trecho km. 65 ao km. 111, Tome-Açú-Paragominas.** Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 59:1-88.

_____; Morikawa, I.K.; dos Reies, R.S.; Freire, E.M.S., *et al.* 1974. **Levantamento semidetalhado dos solos da Estação Experimental de Tracuateua.** Bol. Tec. Pesq. Agropec. Norte 58:89-146.

_____ ; da Silva, B.N.R.; Falesi, I.C.; dos Reis, R.S. *et al.* 1974. **Solos da rodovia PA-70; trecho Belém-Brasilia, Marabá.** Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 60:1-192.

Sakamoto, T. 1960. **Rock weathering on "terras firmes" and deposition on "varzeas" in the Amazon.** J. Fac. Sci. Tokyo Univ. Sec. II 12(2):155-216.

Salas, G. De las. 1978. **El sistema forestal Carare-Opón.** CONIF. Ser. Tec. 8. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Bogotá, Colombia.

_____; Folster, M. 1976. **Bioelement loss on clearing a tropical rainforest.** Turrialba 26(2):179-186.

Sánchez, P.A. (ed). 1973. **A review of soils research in tropical Latin America.** N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 219.

———. 1976. **Properties and management of soils in the tropics.** Wiley, New York. 619p.

———. 1977a. **Alternativas al sistema de agricultura migratoria en América Latina.** *In:* FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenación y Conservación de Suelos en América Latina. Lima, Perú.

———. 1977b. **Advances in the management of Oxisols and Ultisols in Tropical South America.** *In:* Proceeding Int. Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. Society of Soil Science and Manure, Tokyo. pp.535-566.

———. 1977c. **Manejo de suelos tropicales en la Amazonía suramericana.** Suelos Ecuatoriales 8:1-11.

———. 1977d. **Manejo de solos da Amazônia para produção agropecuária intensiva.** Bol. Inf. Soc. Bras. Ciencia Solo 2(3):60-63.

———. 1979. **Soil fertility and conservation considerations for agroforestry systems in the humid tropics of Latin America.** *In:* Mongi, H.O. y Huxley, P.A. (eds.): Soils Research in Agroforestry. ICRAF OOle. Inst. Council. Res. Agrofor., Nairobi, Kenya. pp.79-124.

———. 1980a. **A legume-based pasture production soil management strategy for the acid infertile soils of tropical America.** *In:* Symposium in Soil Erosion in the Tropics. American Society of Agronomy (en impresión).

———. 1980b. **The subhumid tropics: technology and management strategies for rainfed agriculture.** Agricultural Sector Symposium, World Bank, Washington, D.C. (en impresión).

———; Buol, S.W. 1971. **Características morfológicas, químicas y mineralógicas de algunos suelos principales de la Selva Amazónica Peruana.** Progr. Nac. Arroz, Inf. Téc. 56, Lambayeque, Perú. 22p.

———; Nureña, M.A. 1972. **Upland rice improvement under shifting cultivation in the Amazon Basin of Peru.** North Carolina Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 210.

———; Buol, S.W. 1974. **Properties of some soils of the Amazon Basin of Peru.** Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:117-121.

———; Seubert, C.E.; Tyler, E.J.; Valverde, C.; López, C.E.; Nureña, M.A.; Wade, M.K. 1974. **Investigaciones sobre el manejo de suelos tropicales en Yurimaguas, Selva Baja del Perú.** *In:* IICA: Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Informes Conferencias, Cursos y Reuniones No. 41. IICA, Zona Andina, Lima, Perú. pp.II.B.1.-II.B.37.

———; Buol, S.W. 1975. **Soils of the tropics and the world food crisis.** Science 188:598-603.

———; Tergas, L.E. (eds.) 1979. **Pasture production in acid soils of the tropics.** CIAT, Cali, Colombia. 488p.

_____; Cochrane, T.T. 1980. **Soil constraints in relation to major farming systems in tropical America.** Soil Constraints Conference, IRRI, Los Baños, Filipinas.

_____; Uehara, G. 1980. **Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity.** *In:* F.E. Madison (ed.) Phosphorus in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisc., Estados Unidos. pp.471-514.

_____; Buol, S.W.; Couto, W. 1980. **The Fertility Capability Classification System and its application to land evaluation guidelines.** Tropical Soils Program. North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos. 30 p. (manuscrito).

Santhirasegaram, K. 1976. **Adelantos recientes del desarrollo pratícola en los trópicos peruanos.** Rev. Mundial Zoot. 17:34-39.

Schargel, R. 1978. **Soils of Venezuela with low activity clays.** Tesis de Ph.D., North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos.

Schubart, H.O.R. 1977. **Criterios ecológicos para o desenvolvemento agrícola das terras firmes da Amazônia.** Acta Amazonica 7(4):559-567.

_____; June, W.J.; Petrere, Jr. M. 1976. **Sumário de ecología amazônica.** Ciencia e Cultura 28(5):507-509.

Scott, G.A.J. 1975. **Soil profile changes resulting from a conversion of forest to grassland in the Montaña of Perú.** Great Plains - Rocky Mountain Geographic Journal 4:124-130.

Serrão, E.A.S.; Falesi, I.C.; Veiga, J.B.; Texeira, J.F. 1979. **Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brasil.** *In:* P.A., Sánchez y L.E., Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp. 195-226.

Setzer, J. 1967. **Impossibilidade do uso racional do solo no Alto Xingú, Mato Grosso.** Rev. Bras. Geogr. 21(1):102-109.

Seubert, C.E.; Sánchez, P.A.; Valverde, C. 1977. **Effects of land clearing methods on soil properties and crop performance in an Ultisol of the Amazon jungle of Peru.** Trop. Agr. (Trin.) 54; 307-321.

Silva, L.F. da. 1979. **Influência do manejo de um ecossistema nas propiedades edáficas dos Oxisols de "Tabuleiro".** Resúmenes de Ponencias X Reunión ALCA, Acapulco, Mex. Centro de Pesquisas do Cacau, CEPLAC, Itabuna, Bahía, Brasil.

Silva, B.N.R.; Araujo, J.V.; Rodrigues, T.E.; Falesi, I.C. *et al.* 1970. **Os solos da área Cacau Pirera-Manacapuru.** IPEAN Serie: Solos da Amazônia 2(3):1-189p.

Silva, J.M.L. da; Lima, A.A.C.; Soares, A.F.; Silva, R.C. *et al.* 1975. Zoneamento agrícola da microrregião 12. EMBRAPA, Belém, Brasil. 171p.

Sioli, H. 1951. **Sobre a desimentação na várzea do Baixo Amazonas.** Bol. Tec. Inst. Agron. Norte 24:45-65.

Smith, N.J.H. 1978. **Agricultural productivity along Brazil's Transamazon highway.** Agro-Ecosystems 4:415-432.

Soares, A.F.; Lima, A.A.C.; da Silva, J.M.L.; Santos, P.L. *et al.* 1975. **Zoneamento agrícola da microrregião II.** EMBRAPA, Belém, Brasil. 158p.

Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.** U.S. Dept. Agr. Handbook 436. Washington, D.C., Estados Unidos.

Sombroek, W.G. 1966. **Amazon Soils. A reconnaissance of the Brazilian Amazon region.** Center for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, Países Bajos. 292p.

———. 1979. **Soils of the Amazon region.** International Soils Museum, Wageningen, Países Bajos. 15 p.

Soudart, M.; Custode, E. 1977. **Reconocimiento morfológico y edafológico de la Amazonía ecuatoriana, zona nororiental.** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Zonalización Agraria, Quito, Ecuador. 15p.

Stark, N. 1970. **The nutrient content of plants and soil from Brazil and Surinam.** Biotropica 2:51-60.

———. 1971a. **Nutrient cycling. I. Nutrient distribution in some Amazonian soils.** Trop. Ecol. 12:24-50.

———. 1971b. **Nutrient cycling. II. Nutrient distribution in Amazonian vegetation.** Trop. Ecol. 12:177-201.

———. 1978. **Man, tropical forests and the biological life of a soil.** Biotropica 10:1-10.

Struchtemeyer, R.A.; Chaves, D.M.; Bastos, J.B.; de Souza, G.F. *et al.* 1971. **Necessidade de calcário em solos da Zona Bragantina.** IPEAN Serie: Fertilidade de Solo 1(1):1-21.

Toledo, J.M.; Ara, M. 1977. **Manejo de suelos para pasturas en la Selva Amazónica.** *In:* FAO/SIDA: Reunión Taller sobre Ordenación y Conservación de Suelos en América Latina, Lima, Perú. 46p.

———; Morales, V.A. 1979. **Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon.** *In* P.A., Sánchez y L.E., Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp.177-194.

Tosi, J. 1974. **Desarrollo forestal del trópico americano frente a otras actividades económicas.** *In:* IICA, Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Informes sobre Cursos, Conferencias y Reuniones No. 41, IICA, Zona Andina, Lima, Perú. pp. II.F.1-13.

Tranarg, C.A. 1970. **Informe del estudio agrológico de reconocimiento de la zona San Juan de Manapiare, Departamento Atures, Territorio Federal Amazonas.** Instituto Agrario Nal. Caracas, Venezuela. 42p.

———. 1971. **Informe del estudio agrológico de reconocimiento del Amazonas, Territorio Federal Amazonas.** Instituto Agrario Nacional, Caracas, Venezuela. 90p.

Turenne, J.F. 1969. **Déforestation et preparation du sol bruli. Modifications des caractères physico-chimiques de l'horizon superieur du sol.** ORSTOM Centre, Cayena, Guayana Francesa.

———. 1977. **Culture intérante et jachère forestière. Evolution de la matière organique.** IV Simposio Internacional de Ecología Tropical, Panama. ORSTOM, Fort de France. (Mimeo.)

Tyler, E.J.; Buol, S.W.; Sánchez, P.A. 1978. **Genetic association of properties of soils of an area in the upper Amazon of Perú.** Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:771-776.

U.S. Geological Survey. 1977. **Eros Data Center.** U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 28p.

Valverde, C.; Bandy, D.E.; Sánchez, P.A.; Nicholaides, J.J. 1979. **Algunos resultados del Proyecto Yurimaguas en la zona amazónica.** Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), Lima, Perú. 26p.

Van der Weert, R. 1974. **The influence of mechanical forest clearing on soil conditions and resulting effects on root growth.** Trop. Agric. (Trinidad) 5:325-331.

———; Lenselink, K.J. 1972. **The influence of mechanical land clearing of forest on some physical and chemical soil properties.** Surinaamse Landbouw. 20:2-14.

———; Lenselink, K.J. 1973. **The influence of mechanical clearing of forest on plant growth.** Surinaamse Landbow 21:100-111.

Van Wambeke, A. 1978 **Properties and potentials of soils of the Amazon Basin.** Interciencia (Venezuela) 3:233-242.

Vettori, L. 1969. **Método de análise de solo.** Boletim Técnico 7. Equipe de Pedología e Fertilidade do solo Río de Janeiro, Brasil.

Vieira, L.S. 1971a. **Laterita hidromórfica.** Inst. Desenv. Económico Social Pará. IDESP Serie Monografías 5. 38p.

———. 1971b. **O conteúdo de fósforo de alguns solos da Amazônia.** Inst. Desenv. Economico-Social Pará. IDESP Serie Monografías 6. 21p.

———; dos Santos, W.H. 1962. **Contribução ao estudo dos solos Breves.** Bol. Tec. Inst. Agron. Norte 24:33-55.

———; Bornemisza, E. 1968. **Categorías de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la Amazonía de Brasil.** Turrialba 18:242-248.

———; Oliveira, N.V.C.; Bastos, T.X. 1971. **Os solos do Estado do Pará.** Inst. Desenv. Económico-Social Pará. IDESP Cadernos Paraenses 8. 175p.

Villachica, J.H. 1973. **Respuesta del sorgo al encalado y fertilización. II. Concentración de calcio, magnesio y microelementos.** Fitotecnia Lat. 9:74-81.

_____. 1978. **Maintenance of soil fertility under continuous cropping in an Ultisol of the Amazon jungle of Perú.** Tesis de Ph.D., North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos, 269 p.

_____; Bornemisza, E.; Arca, M. 1973. **The effect of lime and phosphate treatments on yield and macronutrient content of pangola grass grown on a soil from Pucallpa, Perú.** Agrochimica 18:344-353.

_____; Bornemisza, E.; Arca, M. 1974. **Efecto de la aplicación de cal, fósforo y zinc en el rendimiento y la concentración de zinc, magnesio y hierro en el pasto pangola.** Turrialba 24:132-140.

_____; Cabrejos, O. 1974. **Efecto de la cal, nitrógeno y magnesio en el rendimiento y la concentración de nutrimentos en el maíz.** Turrialba 24:319-326.

_____; Sánchez, P.A. 1980. **Maintenance of soil fertility in the Amazon of Peru. 1. Soil dynamics. 2. Crop performance.** (En impresión.)

_____; Sánchez, P.A. 1980. **Importance of cationic balance for continuous cultivation in the Amazon Jungle of Perú.** (En impresión.)

Wade, M.K. 1978. **Soil management practices for increasing crop production for small farmers in the Amazon Jungle of Perú.** Tesis de Ph.D., North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., Estados Unidos. 243 p.

Wang, C.H.; Lieru, T.H.; Mikklesen, D.S. 1976. **Development of sulphur deficiency as a limiting factor for rice production.** IRRI Tech. Bull. 47.

Watters, R.F. 1971. **Shifting cultivation in Latin America.** FAO Forestry Dev. Paper No. 16.

Wilms, F.W.W.; Bastos, J.B.; Stolberg, A.G.Z. 1979. **Efeito do fósforo na produção de feijão caupí e milho e sua disponibilidade em Latossolo Amarelo (Oxisol).** UEPAE-EMBRAPA, Manaus, Brasil. 13p.

_____; Stolberg, A.G.Z.; Carvalho, O.X.; Bastos, J.B. 1979. **Efeito de adubação continua de fiejao, caupí e milho na fertilidade de um Latossolo Amarelo (Oxisol).** UEPAE-EMBRAPA; Manaus, Brasil. 17p.

Zamora, C. 1972. **Regiones edáficas del Perú.** Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. Perú. 15p.

_____. 1972. **Esquema de los podzoles de la región selvática del Perú.** Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima, Perú.

_____. 1975. **Los suelos de las tierras bajas del Perú.** *In* Bornemisza, E. y Alvarado, A. (eds.) Manejo de Suelos en América Tropical. North Carolina State University, Raleigh, N.C., Estados Unidos. pp.45-60.

Zavaleta, A.; Arca, M. 1963. **Grandes grupos de suelos identificados en forma generalizada en el Perú.** Agronomía 30:37-53.

Los Usos de la Tierra en la Región Amazónica: Los Sistemas Naturales

Herbert O. R. Schubart*
Eneas Salati*

Introducción

El objetivo de este informe es sintetizar las necesidades de conocimiento e investigación sobre los ecosistemas naturales de la región amazónica toda vez que éstos afectan el desarrollo de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra. Debido a limitaciones de tiempo y espacio, el trabajo se concentrará principalmente en la Amazonía brasileña. No se trata de una revisión crítica de toda la literatura existente, ya que tal revisión necesitaría del trabajo de un equipo con diversas especializaciones ecológicas, como los estudios realizados recientemente para los neotrópicos (Farnworth y Golley, 1974) y para los trópicos húmedos en general (UNESCO, 1978). Otras fuentes de información sobre ecosistemas tropicales son Richards (1952), Odum y Pigeon (1970), Golley y Medina (1975), y Golley *et al.* (1978).

Los estudios ecológicos pueden contribuir sustancialmente al desarrollo regional, a la evolución de los sistemas de producción de alimentos y al manejo de los recursos naturales renovables. Si la mayoría de estos sistemas de producción estuviesen respaldados por lo menos parcialmente por procesos naturales, podrían reducirse los costos de mantenimiento de insumos tales como pesticidas, fertilizantes, herbicidas, etc. que son sumamente costosos en la Amazonía, y no siempre se encuentran disponibles. Es importante comprender los procesos que controlan la estructura y función de los ecosistemas a fin de diseñar sistemas de utilización adecuados.

Los ecosistemas son unidades integradas de organismos vivos compuestos por una comunidad biótica y su medio ambiente abiótico. La definición de ecosistema es básicamente de tipo funcional. Sus límites

* Jefe del Departamento de Ecología y Director, respectivamente, Instituto Nal. de Pesquisas de Amazonia, Caixa postal 478, 69,000 Manaus. A.M. Brasil.

físicos son deliberadamente vagos; así, una especie vegetal es tanto un ecosistema como lo es una vertiente. Las fronteras del ecosistema dependen realmente del enfoque de la investigación.

La Amazonía es una región de una alta diversidad biótica. Esta diversidad puede correlacionarse con diferencias en el paisaje, suelos, clima, al igual que con la historia climática (Ab'Saber, 1971). En las páginas siguientes se revisarán: 1) las áreas geológicas y geomórficas más extensas de la Amazonía a fin de comprender mejor la variedad de los ecosistemas encontrados en la región; 2) la estructura y función del bosque húmedo de terra firme*; y 3) las relaciones entre el bosque húmedo amazónico y el clima, ya que ellas reflejan fluctuaciones climáticas cuaternarias, el equilibrio actual bosque-clima y las posibles consecuencias de la tala extensiva en el clima.

Diversidad Ecológica de la Región Amazónica

Los ecosistemas de bosque de las tierras bajas de la Amazonía, aunque superficialmente uniformes, encierran considerable diversidad ecológica. El proyecto RADAMBRASIL (1973-1979), al cartografiar la región ha incluido datos sobre geomorfología, geología, suelos, vegetación, y uso potencial de la tierra, empleando una escala de 1:1,000,000. El estudio fue hecho con imágenes de radar, fotografía infrarroja y multiespectral, y tomando muestras *in situ* con el fin de establecer bases reales. El proyecto RADAM es un inventario en gran escala y una importante fuente de información. Sin embargo, es necesario emprender estudios mucho más detallados sobre utilización y evaluación de la tierra en sitios específicos.

Geología, Geomorfología y Suelos

Formaciones geológicas básicas

Terra firme. Los escudos precámbricos de Brasil y Guyana formados por rocas ígneas y metamórficas están localizados hacia el norte y sur del Valle del Amazonas. Las fajas de sedimentos paleozoicos donde predominan esquistos devónicos se encuentran al este del meridiano 60 y cerca de los límites del escudo. El área central entre estas fajas paleozoicas está ocupada por la "Formación Barreiras". Compuesta básicamente por sedimentos fluviales de textura gruesa, depositados desde el período Cretáceo al período Terciario, la "Formación Barreiras" se originó como resultado de la erosión de los escudos precámbricos. Los sedimentos de agua de mar y algunos de agua fresca al sudoeste de la Amazonía brasileña se formaron aparentemente durante la orogénesis andina. Irion (1976b y c, 1978) ha

* Porciones elevadas de tierra no afectadas por las inundaciones.

identificado vastas áreas de las riberas inundables del Pleistoceno del río Solimoes y sus afluentes al oeste del meridiano 60 con base en imágenes de radar. Irion calculó que estas vegas ribereñas tienen una extensión de 300,000 a 400,000 km^2, y consisten de depósitos formados durante varios períodos termales e interglaciales, los cuales se correlacionan con períodos de alto nivel del mar. El depósito más reciente se atribuye al Monastiriense hace cerca de 100,000 años. El proyecto RADAMBRASIL incluye los depósitos del sudoeste del Amazonas y las planicies del Pleistoceno estudiadas por Irion en la "Formación Solimoes" del período Plio-Pleistocénico.

Várzeas. Las vegas ribereñas periódicamente inundadas del Holoceno de los ríos Solimoes y Amazonas así como de sus afluentes de aguas blancas constituyen las várzeas. Estas fueron formadas por depósitos de lagos y ríos serpentinos. Irion (1976c, 1978) estima que la edad de los 20 m superiores de los depósitos es menor de 6000 años. El Amazonas ha marcado regiones geológicas con rocas con características muy particulares, que tienen implicaciones interesantes para la pedogénesis y morfología de los suelos amazónicos.

Suelos de los escudos y de la Formación Barreiras

Los suelos de los escudos y de la Formación Barreiras cubren más del 60 por ciento de la cuenca del Amazonas y han evolucionado continuamente durante 20 millones de años. Las rocas de los escudos y los sedimentos de la Formación Barreiras son, en general, de textura gruesa originalmente ricos en feldespatos; estos suelos son bastante permeables. Sometidos a la meteorización por las condiciones tropicales, los feldespatos se transforman en caolinita (Irion 1976a, 1978). Una zona laterítica de 0.5 a 1.00 m de ancho con un alto contenido de Fe formada por concreciones de hematita y goetita, normalmente se encuentra a una profundidad de 3 a 10 m.

Los primeros metros de este perfil presentan una coloración ocre y están compuestos más que todo de caolinita y cuarzo descompuesto. Estas arcillas ocres son clasificadas como arcillas Belterra, y se pensó que eran depósitos de un lago que existió durante el Plioceno y el Pleistoceno (Sombroek, 1966; Fittkau, 1974). Una distribución granulométrica bimodal y la presencia de una zona laterítica en la superficie indican que estas arcillas se formaron *in situ* como resultado de un proceso de meteorización ácida que ocasionó una grave reducción de nutrimentos inorgánicos, crítica para la biosfera y la agricultura (Cuadro 1). La capacidad de intercambio catiónico de estos suelos es aproximadamente 5 meq/100g.

Cuadro 1. **Composición química (valores promedio en ppm) de las arcillas en los suelos de la región amazónica.**

	Na	K	Ca	Mg	Zn	Co
Formación Barreiras	160	225	350	100	27	1.5
Escudo de Guyana	600	700	700	280	50	3
Paleozoico:						
Drenaje moderado	1,125	750	375	290	38	4
Drenaje deficiente	5,900	17,100	900	2,500	-	2
Depósitos cretáceos-terciarios de la región sudoeste de la Amazonia	1,630	15,100	1,300	5,000	126	5
Várzeas:						
Llanuras pleistocénicas	1,650	15,200	940	5,600	115	8
Llanuras holocénicas	3,200	17,800	9,800	11,700	-	16
Suelos andinos	2,680	19,080	7,360	30,120	147	15

Fuente: Adaptado de Irion, 1976a y 1978.

A menudo la Formación Barreiras está extremadamente cortada o disecada. Sedimentos de cuarzo erosionados provenientes de estas rocas ácidas han sido depositados sobre áreas de la parte norte de la cuenca del Amazonas. Este material, en su mayor parte arenas blancas, está sumamente empobrecido, y la vegetación de este substrato es muy esclerofítica. La capa ácida de residuos generados por la vegetación produce lixiviados con altos contenidos de agentes quelantes lo que da como resultado la podzolización o los famosos suelos "Podzoles gigantes" (Turenne, 1977).

Suelos de las fajas Paleozoicas

La mayoría de las rocas sedimentarias de las zonas Paleozoicas son relativamente impermeables y el proceso de meteorización no es tan avanzado como en los suelos de la "Formación Barreiras" y de los escudos. En los suelos relativamente permeables los primeros decímetros del perfil son también caoliníticos, mientras que el Mg y el K aumentan a profundidades de 0.5 a 1.5 m debido a la presencia de ilita parcialmente descompuesta. En los suelos pobremente drenados, el contenido de elementos nutrientes de importancia para las plantas es relativamente alto (Cuadro 1), debido a la presencia de corrensita (una estructura de capas mezcladas de montmorillonita y clorita) y rectorita (una estructura de capas mezcladas de pirofilita y vermiculita) en los horizontes superficiales del suelo. El área ocupada por este tipo de suelos en la región amazónica es pequeña.

Suelos que cubren los depósitos cretáceos y terciarios de la región amazónica suroccidental

Estos suelos empezaron a evolucionar desde hace uno o dos millones de años durante la orogénesis andina. Los sedimentos son en su mayoría de grano fino, y generan suelos pobremente drenados. La fracción de arcillas presenta montmorillonitas de "carga baja". Los sedimentos suspendidos en los ríos que drenan estos suelos contienen grandes cantidades de estas montmorillonitas, 30 por ciento de ilitas y trazas de caolinita. La presencia de feldespato en la fracción de arena de la suspensión del río indica que la transformación mineral no está tan avanzada como en la faja paleozoica donde este mineral ya no se halla presente. Estos suelos, aunque pobres en Ca y Na, tienen niveles relativamente altos de K y Mg (Cuadro 1) debido al alto contenido de ilita y montmorillonita. La extensión de estos suelos en la Amazonía es considerable.

Suelos que cubren las vegas ribereñas cuaternarias

Estos suelos se han desarrollado a partir de material transportado de los Andes. Cerca del 12 por ciento de la cuenca suministra el 80 por ciento de los sedimentos (Sternberg, 1975). Montmorillonita e ilita fueron los principales minerales de los sedimentos originales. Minerales del tipo sudoita se encuentran en los depósitos más antiguos, los cuales se fueron formando por acumulación de hidróxidos de aluminio en las capas intermedias de la ilita original; la caolinita anormal ocurre probablemente debido a la presencia de K como un ión poco común en la estructura cristalina. La elevación de las vegas ribereñas puede atribuirse a la variación de las alturas de los ríos durante el Pleistoceno. El Cuadro 1 resume el contenido de nutrimentos de los diferentes suelos descritos. Vale la pena resaltar la pobreza relativa de los suelos de los escudos y de la Formación Barreiras, principalmente por cuanto son el tipo de suelos predominantes (60%) en la Amazonía brasileña.

Aguas

Los recursos acuáticos del Amazonas son supremamente importantes para la región. Si bien este trabajo hace énfasis en los ecosistemas terrestres, es necesario destacar que ambos sistemas están fuertemente interrelacionados y deberían estar integrados dentro de un concepto más amplio de paisajes regionales (Hasler, 1975). Un sistema deficiente de utilización de tierras podría dañar irreparablemente los recursos acuáticos, los cuales son la principal fuente de proteína para la mayoría de los habitantes de la Amazonía.

La calidad del agua y la morfología de los ríos y lagos claramente reflejan la división geológica y pedológica de la Amazonía que se acaba de describir. Sioli confirma este hecho en muchos de sus trabajos (1950, 1951, 1957, 1968a, 1975b). Este autor describe tres tipos principales de ríos de la región amazónica, a saber: ríos de agua blanca, de agua clara, y de agua negra.

Ríos de agua blanca

Los ríos de "agua blanca" se caracterizan por tener aguas turbias, con un alto contenido de partículas en suspensión (40-300 mg/lt). La mayor parte de estos ríos tienen sus cabeceras en los Andes o en las regiones pre-andinas, y transportan cantidades relativamente grandes de electrolitos disueltos, y de arcillas minerales (montmorillonita e ilitas) en suspensión (Irion, 1976a). En tanto que los ríos Amazonas, Madeira y Purus son ríos clásicos de este tipo, el río Branco que nace en las regiones altas del escudo guyanés, transporta cerca de 90 por ciento de caolinita en su material suspendido (Irion, 1976a) y tiene un nivel bajo de electrolitos disueltos. El término "ríos blancos", sin embargo, generalmente se refiere a los ríos que transportan sedimentos de los Andes.

Ríos de agua clara

Las "aguas claras" van de una coloración amarillo-verdosa a oliva claro. Estos ríos son claros y transparentes por cuento la carga de partículas suspendidas nunca es mayor de 5 mg/lt. Sus cabeceras están localizadas en las altiplanicies del escudo brasileño, en el escudo guyanés o en la "Formación Barreiras", y drenan suelos arcillosos cubiertos por formaciones de bosque tropical. Sus aguas se caracterizan por un bajo nivel de electrolitos disueltos, y valores de pH entre 4.5 y 7.8.

Ríos de agua negra

Son ríos de color verde oliva, pardo oscuro o pardo rojizo, transparentes, con menos de 5 mg/lt de partículas en suspensión. Sus cabeceras están situadas en los altiplanos y drenan generalmente podzoles muy profundos (Klinge, 1967) cubiertos por "campinaranas" (bosque ralo sobre suelos arenosos), "campinas" (monte bajo sobre arena blanca) y praderas sobre suelo arenoso. Estas aguas tienen un contenido muy bajo de electrolitos disueltos, con un pH entre 3.8 y 4.7. Las sustancias orgánicas disueltas le dan su color especial a los ríos Negro y Cururu y a muchos otros ríos y arroyos pequeños. En la misma área pueden encontrarse arroyuelos tanto de aguas claras como de aguas negras. Los primeros tienen su origen en Latosoles, y los últimos están asociados con suelos podzólicos.

Lagos

Durante el período termal Monastiriense la línea ribereña estaba 15 cm más arriba del nivel actual. Con el avance de la glaciación en la zona templada, las grandes cantidades de agua que fueron almacenadas en capas de hielo produjeron un descenso en el nivel del mar de aproximadamente 100 metros, profundizando los valles de la cuenca del río Amazonas. En el período pospleistocénico de los últimos 18,000 años, estos valles profundos fueron inundados al subir los niveles de agua y formaron rías o "lagos de rías". Las bocas de los ríos Tapajo y Negro son ejemplos muy claros de este proceso. Los grandes "lagos de rías" al ser alimentados con sedimentos de agua blanca en muchos casos se han ido llenando gradualmente y han formado amplias vegas ribereñas en el Holoceno con muchos "lagos de várzea" más pequeños (Irion, 1978).

Productividad biológica

Las mejores condiciones para la productividad biológica se encuentran en los lagos de várzeas que son alimentados por aguas blancas relativamente ricas en electrolitos. Cuando las partículas suspendidas se sedimentan, la penetración de la luz es buena. Mucha de la productividad primaria de estas aguas se debe a los prados flotantes. Los ríos de aguas claras, aunque pobres en nutrimentos, son muy transparentes y, por tanto, tienen una productividad intermedia. Los ríos de aguas negras son menos productivos debido a la extrema pobreza química de sus aguas y a la poca penetración de la luz (Sioli, 1968b; Fittkau *et al.*, 1975).

El nivel del agua de los ríos de la Amazonía central está sujeto a un ciclo anual de inundaciones más o menos regular de una amplitud considerable (10 m) y altamente impredecible (Yanasse, 1979), en especial en las proximidades de las desembocaduras. La relación entre los sistemas acuáticos y terrestres es muy estrecha. Durante los desbordamientos, grandes extensiones de las várzeas (vegas ribereñas inundadas por agua blanca) e igapós (vegas ribereñas inundadas por agua negra) quedan sumergidas. Cuando el nivel del río aumenta, los animales acuáticos ocupan los bosques inundados y muchos de ellos se alimentan de frutas de los árboles (Gottsberger, 1978; Smith, 1979). Los bosques de várzeas obtienen nutrimentos de la inundación (Irmler, 1978), pero como Walker (1980) indica, estos bosques también contribuyen considerablemente a la producción secundaria de los ríos y arroyos de terra firme.

Vegetación

Hay varios estudios sobre la vegetación amazónica (Ducke y Black, 1953; Pires, 1973; Prance, 1975a, 1978). El proyecto RADAMBRASIL

(Brasil 1973, 1979), como ya se mencionó, publicó mapas fitoecológicos detallados de la Amazonía brasileña, que aún no han sido interpretados. En este trabajo se adoptará la clasificación presentada por Prance (1978) con las observaciones compiladas por Brown (1979).

El Cuadro 2 muestra los principales tipos de vegetación de la región amazónica de acuerdo a Prance (1978). Los bosques de terra firme cubren 85 por ciento de la región. En el área cartografiada por el Proyecto RADAMBRASIL, que incluye algunas áreas no amazónicas y omite pequeñas fajas del sur de la Amazonía, los bosques tropicales cubren el 75 por ciento de la superficie total.

Los bosques de bambú se encuentran en el estado de Acre, y abarcan 3 por ciento del área cartografiada. Los bosques de las zonas permanente o periódicamente inundadas cubren 5 por ciento, mientras que formaciones abiertas tales como sabanas, campinas, vegetaciones montañosa, costera o ribereña representan el 15 por ciento. Durante el estudio de la vegetación efectuada por el Proyecto RADAMBRASIL en 1971, 4 por ciento de la región tenía vegetación secundaria y actividades agrícolas. Hoy esta cifra debe haberse duplicado (Brown, 1979).

Los bosques con una gran biomasa son el tipo de vegetación predominante. El Proyecto RADAMBRASIL subdividió estos bosques en algunos tipos principales cuya distribución parece estar relacionada más bien con la división geológica de la región que con la flora. La vegetación del escudo brasileño es más variada que la del escudo guyanés. Grandes extensiones continuas de un solo tipo de vegetación son frecuentes en el escudo de la Guyana, mientras que el escudo brasileño muestra un mosaico de tipos de vegetación (por ejemplo, los bosques altos y bosques abiertos con o sin palmeras). Esto podría ser un efecto de transición entre los bosques de las tierras bajas amazónicas y el altiplano cubierto por vegetación de cerrado del Brasil central o podría ser resultado de la historia climática.

Las campinaranas, las cuales abarcan 3 por ciento del área cartografiada, ocurren en amplias extensiones, puras o mezcladas con bosques altos en las zonas de mayor altitud atravesadas por el río Negro.

Siempre en asociación con podzoles y suelos hidromórficos, las campinaranas contribuyen inevitablemente a la formación de las aguas negras del río Negro (Klinge, 1967).

Cuadro 2. **Tipos principales de vegetación de la región amazónica.**

1. BOSQUE DE TERRA FIRME (sin inundar)
   a. Bosque de tierras altas con biomasa abundante
   b. Bosque de lianas (cipo) principalmente en el área de Tocantins y Xingu
   c. Bosque de tierras bajas con poca biomasa
   d. Bosque de campina sobre suelo arenoso
   e. Bosque seco de áreas de transición
   f. Bosque montano y nublado
   g. Bosques de bambú del estado de Acre
   h. Otras clases de bosques abiertos de tierras bajas

2. BOSQUES EN AREAS INUNDADAS
   a. Regularmente inundados
      i. Inundaciones causadas por el ciclo anual de los ríos
         - Bosques inundados con aguas blancas o claras = várzea estacional
         - Bosque inundado con aguas negras = igapó
      ii. Inundados por las mareas
         - Agua salada = manglares
         - Agua fresca = várzea de marea
      iii. Inundaciones causadas por lluvias irregulares = bosque sujeto a inundaciones de corta duración
   b. Permanentemente inundados = bosques de ciénaga

3. SABANA DE TERRA FIRME (sin inundar)
   a. Amapá
   b. Cachimbo - Cururu
   c. Madeira
   d. Roraima
   e. Trombetas-Paru
   f. Marajó
   g. Llanos-Gran Sabana
   h. Otros

4. SABANA DE VARZEA (inundada)

5. CAMPINAS (vegetación baja sobre arena blanca)
   a. Caatingas del alto Río Negro
   b. Campinas del bajo Río Negro
   c. Otros

6. VEGETACION DE MONTANO EN LAS FRONTERAS DE LA REGION AMAZONICA

7. VEGETACION COSTERA (dunas)

8. PLAYAS RIBEREÑAS

Fuente: Prance, 1978.

Estructura y Función del Bosque Húmedo de Terra Firme en la Cuenca del Amazonas

El potencial de productividad de la cuenca del Amazonas es muy alto debido a las condiciones prácticamente ideales para la fotosíntesis: abundancia de agua, de radiación solar y de $C0_2$. Leith y Whittaker (1975) señalan que la productividad de la región amazónica puede superar las 8 ton/ha/año. Este hecho ha llevado tal vez a cálculos demasiado optimistas de la productividad agrícola de la región, tanto para la producción de alimentos como para la producción de bioenergía.

A pesar de tener un potencial de productividad muy alto, la región no ha sido desarrollada. A la par con los factores históricos, sociales y económicos, evidentemente importantes y que son cruciales para comprender el subdesarrollo de la Amazonía, existen importantes factores ecológicos que han limitado la explotación humana por medio de la agricultura convencional. Dos aspectos de los bosques amazónicos merecen atención especial: la diversidad de especies y el ciclo de nutrimentos.

Diversidad de especies

Investigaciones recientes han demostrado la diversidad extraordinariamente alta de especies en casi todas las formas de vida hallada en la cuenca. Klinge y Rodrigues (1975) encontraron 505 especies de plantas con una altura mayor de 1.5 metros correspondientes a 59 familias en 0.2 ha. Prance *et al.* (1976) identificaron unas 179 especies de árboles con diámetros mayores de 15 cm en un área de 1 ha. Schubart (1977) investigó la fauna de la capa de residuos vegetales del bosque y encontró 425 individuos de 61 especies de ácaros oribátidos en 800 cm^3 de humus en bosques primarios. Estos son tan solo algunos ejemplos.

Estas numerosas especies interactúan y coexisten en una variedad de relaciones. Publicaciones tales como el Acta Amazónica Biotrópica, Tropical Biology and Ecology son fuentes excelentes de información que tratan de los complejos vínculos entre organismos en los trópicos húmedos. Vale la pena resaltar que las redes de alimentos tropicales y la competencia por los recursos son extraordinariamente complejas, además de que cada organismo probablemente participa en varias relaciones.

El gran número de especies y la complejidad de sus interrelaciones son una función de la historia evolutiva. Los factores que influyen en esta diversidad de especies han sido un área de activa investigación, ya que ellos son de considerable interés tanto teórico como práctico. En esta sección se

discuten teorías generales aplicables a la Amazonía de diversidad en los trópicos. La evolución del patrón de densidad de especies ha sido ampliamente descrita como función de tres categorías principales de agentes causales: a) factores próximos o geográficos; b) interacciones dentro de las comunidades mismas; y c) inestabilidad dinámica.

Factores próximos

Estabilidad climática. Según esta teoría, las regiones con climas muy moderados sin grandes fluctuaciones de temperatura estacionales o diurnas permiten la evolución de adaptaciones mas refinadas que las áreas donde los regímenes climáticos son más irregulares. Una planta o un animal en un régimen climático estable no necesita tener la variedad de respuestas de comportamiento indispensables para sobrevivir en áreas de variaciones climáticas más grandes. Las especializaciones refinadas permiten la adaptación de muchas clases de organismos diferentes (MacArthur, 1969).

Hipótesis de productividad. La hipótesis de productividad relaciona dos factores básicos: 1) el potencial del medio ambiente para la producción de biomasa es más alto que el de otros ecosistemas (Leith y Whittaker, 1975), y 2) sólo una pequeña proporción de la energía asimilada por un organismo será usada en actividades regulatorias (Connell y Orias, 1964), lo que deja una alta proporción disponible para el crecimiento y la reproducción. Esto puede dar como resultado grandes poblaciones las cuales posteriormente se aislan y se constituyen en especies. Baker (1970) hace una crítica muy detallada de esta hipótesis.

Hipótesis de heterogeneidad espacial. Esta hipótesis sostiene que la complejidad del medio ambiente y los gradientes son más pronunciados a medida que uno se aproxima a los trópicos. En las vastas extensiones de los bosques húmedos de las tierras bajas de la Amazonía este hecho se hace un poco más problemático. Pianka (1966) y Balker (1970) se preguntan si a ese micronivel hay realmente tanta diversidad en el habitat. Ashton (1969) argumenta convincentemente que, en efecto, parte de la diversidad de especies en los bosques Dipterocarpos de Malasia puede ser explicada mediante esta hipótesis. Se ha señalado que la distribución de epífitos se correlaciona con la diferenciación del microhabitat. Baker (1970) opina que a esta teoría debe dársele algún reconocimiento aun cuando no se aplicaría igualmente a todos los animales y plantas.

Inestabilidad climática. Esta teoría goza de popularidad entre los investigadores como un medio para explicar la extrema diversidad

encontrada en la Amazonía. Según esta teoría, durante el Pleistoceno, el bosque húmedo retrocedió a bosques de galería y a refugios localizados en los piedemontes y la costa. Estas áreas forestales sirvieron como lugar de origen para especies de bosque húmedo las cuales se diferenciaron unas de otras durante períodos de aislamiento geográfico. Se han propuesto refugios del Pleistoceno para plantas, lagartos y mariposas. También hay evidencia paleontológica y geomorfológica que indica que existió una cobertura diferente de la vegetación del bosque húmedo. Esta hipótesis se discute en detalle más adelante en este trabajo.

Hipótesis de tiempo disponible. Esta hipótesis sugiere que las comunidades tienden a ser más complejas con el tiempo, y que las comunidades más antiguas y más estables tendrán más especies que las más jóvenes. Si las comunidades tropicales han existido por más tiempo que las templadas (cuyas especies disminuyeron durante la glaciación), la alta diversidad de especies queda explicada. La teoría argumenta que los bosques tropicales no fueron afectados catastróficamente por las edades de hielo y que las zonas templadas fueron básicamente recolonizadas después de la glaciación y por lo tanto tienen comunidades menos desarrolladas.

Las teorías geográficas explican la diversidad de estos medios ambientes basadas en una amplia gama de parámetros externos vinculados en gran parte a la estabilidad climática o a la falta de ella. Sustentando estas teorías está lo que Baker (1970) denomina un medio ambiente "permisivo". El calor durante todo el año y la alta productividad primaria determinaron las condiciones para que una variedad de procesos evolutivos que dieron como resultado una alta diversidad de especies pudieran tener lugar.

Interacciones

Otra clase de teorías trata de los procesos internos del ecosistema.

Competencia. La primera de estas teorías es la hipótesis de "competencia", desarrollada por Dobzhansky (1950). En las condiciones favorables y relativamente estables de crecimiento de los trópicos, los factores que llegan a ser más importantes en la formación de especies son las interacciones bióticas. La naturaleza de la selección con mayor control biológico teóricamente ocasiona una extrema división de recursos.

Predación. Esta hipótesis sugiere que los depredadores y parásitos influyen en la diversidad biótica, por cuanto evitan que las poblaciones tanto de hospedantes como de presas aumentan a tal punto que monopolicen los recursos (e.g., espacio, nutrimentos). El trabajo de Janzen (1970) sobre este tópico parece ser particularmente instructivo.

Además, las poblaciones de plagas actúan como un fuerte tamiz genético y son probablemente importantes en la evolución de compuestos químicos secundarios.

Inestabilidad de la comunidad

Huston (1979) ha propuesto que la alta diversidad en los bosques tropicales se mantiene debido a varios factores que incluyen las tasas de crecimiento, los factores dependientes de la densidad de población (tales como predación) y otros aspectos de la estructura de la comunidad que impiden el equilibrio y el dominio por parte de cualesquiera ración dinámicamente inestable. De muchas maneras, Huston concilia las teorías previas al destacar su importancia en el mantenimiento de un desequilibrio dinámico, en el que pueden convivir un mayor número de especies.

Implicaciones

En la discusión anterior se han revisado las hipótesis que explican la diversidad forestal. La naturaleza muy dinámica de los bosques tropicales significa que la explotación de estos ecosistemas es extremadamente difícil. A las probabilidades de por sí muy altas de que las malezas, insectos y enfermedades se conviertan en plagas, se suma la falta de un control estacional fuerte como sucede en las zonas templadas durante el invierno. Solamente las inundaciones periódicas actuan de una manera similar en las várzeas.

Ciclo de nutrimentos

Para entender la dinámica de los bosques húmedos, es necesario discutir algunos aspectos del ciclo de nutrimentos. El Agua, el $C0_2$ y el N tienen una fase gaseosa en su ciclo biogeoquímico que da lugar a reservas atmosféricas e hidrosféricas. Sin embargo, pueden existir grandes reservas de estos elementos y su disponibilidad estar limitada por factores climáticos, como es el caso de los suelos de los bosques de Manaus que carecen de agua durante la estación seca (Franken, comunicación personal), o por otros elementos que reducen la actividad biótica y la absorción de nutrimentos tales como Ca, Mg, P, Na, Zn, etc., los cuales tienen ciclos biogeoquímicos sedimentarios. La presencia de estos elementos en los ecosistemas de la Amazonía es una función del substrato geológico (el cual como se ha visto es frecuentemente muy pobre) y de la absorción de nutrimentos a partir de la precipitación. El ciclo cerrado de nutrimentos es una de las claves de los bosques tropicales y ayuda a explicar muchas de las características de estos ecosistemas.

Klinge y Fittkau (1972) determinaron la distribución de la biomasa y de los nutrimentos del bosque alto amazónico en una localidad cercana a Manaus con latosoles amarillos. Los resultados de varias publicaciones (Klinge 1973, 1975, 1976a, b, c, Fittkau y Klinge, 1973; Klinge *et al.*, 1975) se resumen en el Cuadro 3. Este cuadro demuestra que el 70 por ciento del N y del P está presente en la fracción orgánica del suelo mientras que el 90 por ciento de los nutrimentos restantes se encuentra en la biomasa. Klinge y Rodrígues (1971) examinaron la producción de residuos vegetales y el retorno de elementos en el bosque de Manaus. La producción de residuos fue del orden de 8 ton de materia seca por ha/año. Otros estudios cerca de Belém que evaluaron la producción de residuos vegetales en terra firme, várzea e igapó, confirmaron las mismas 8 ton/ha. Las cantidades de nutrimentos (en kg/ha) retornadas al suelo en la localidad de Manaus fueron: N 106, P 2.2, Ca 18.4, Mg 12.6. En el Cuadro 4 se comparan los minerales devueltos al suelo con las reservas de éste a un metro de profundidad así como las reservas de nutrimentos en la vegetación. Aun cuando la información sobre los contenidos de minerales del material caído es incompleta (Northcliff y Thornes, 1978) o no se ha publicado (Franken, en prep.), los datos disponibles sugieren que el K, Mg y Ca podrían ser los elementos más limitantes.

No se han hallado evidencias de la fijación de N en las raíces de las leguminosas o de la actividad de la nitrogenasa de las raíces en los bosques primarios o en los secundarios sobre latosoles cerca de Manaus (Sylvester-Bradley *et al.*, 1980). La fijación de N en el suelo es más alta en los sitios más fértiles con mayores contenidos de P tales como las tierras negras de los indios (suelos aluviales) o en los suelos arenosos donde la filtración de N podría ser un problema. Estos autores indican que el P también podría ser un factor limitante de la fijación de N en latosoles amarillos de textura pesada. Serrão *et al.* (1978) han demostrado que una de las causas de la degradación de las maderas es la deficiencia de P. Otros aspectos interesantes de la fijación de N en los bosques de la Amazonía es que las termitas fijan N en el tracto alimentario (Sylvester-Bradley, 1980), un hallazgo que tiene implicaciones bastante interesantes para el ciclo de N en la Amazonía. Se desconoce la cantidad de N fijado por epifilos en los bosques amazónicos.

Las micorrizas han recibido bastante atención en los ecosistemas húmedos tropicales (Went y Stark 1968; Janos 1975; Stark y Jordan, 1979). Singer y Araujo (1979) encontraron muy pocas ectomicorrizas en los bosques altos en latosoles amarillos en la Amazonía, pero hallaron una amplia gama de basidiomicetos descomponedores de hojas. En los bosques de campina, sin embargo, observaron la situación contraria.

Cuadro 3. **Distribución de materia orgánica, agua (durante la estación seca) y nutrimentos minerales en diferentes compartimentos de un ecosistema de bosque húmedo de terra firme sobre un latosol pesado amarillo en la región de Manaus.**

	Vegetación viva		Vegetación muerta	Suelo		Total
	Partes aéreas	Raíces		0-30 cm	30-100 cm	
Biomasa vegetal (ton/ha)	406 (80.6)*	67 (13.3)	31 (6.2)	-	-	504
Humus (ton/ha)	-	-	-	113 (48.2)	120 (51.5)	233
Suelo mineral (sin humus) (ton/ha)	-	-	-	3346 (26.3)	9376 (73.7)	12,722
Agua (ton/ha)	279 (5.2)	188 (3.5)	33 (0.6)	1569 (29.5)	322 (61.1)	5,321
Nitrógeno (ton/ha)	2.43 (19.9)	0.56 (0.5)	0.29 (2.4)	4.26 (34.9)	4.66 (38.2)	12.2
Fósforo (kg/ha)	59 (27.3)	7 (3.2)	3 (1.4)	71 (32.9)	76 (35.2)	216
Potasio (kg/ha)	434 (77.2)	62 (11.0)	8 (1.4)	58 (10.3)	0	562
Calcio (kg/ha)	424 (80.3)	83 (15.7)	21 (4.0)	0	0	528
Magnesio (kg/ha)	202 (67.8)	55 (18.5)	18 (6.0)	17 (5.7)	6 (2.0)	298
Sodio (kg/ha)	193 (66.3)	45 (15.5)	3 (1.0)	35 (12.0)	15 (5.2)	291
pH (KCl)	-	-	-	3.3-3.7	3.7-4.1	-
C/N	-	-	-	15.4	15.0	-

* Las cifras en paréntesis son los valores porcentuales.

Fuente: Adaptado de Klinge, 1976c.

Cuadro 4. **Tasa de transferencia de nutrimentos de la vegetación al suelo a través de la caída de hojas y otros residuos finos en relación con su suministro en el suelo y en las partes aéreas de las plantas.**

Componente	P	K	Na	Ca	Mg
Producción de hojarasca (kg/ha por año)	2.2	12.7	5.0	18.4	12.6
Suelo 1 m de profundidad (kg/ha)	147	58	193	0	23
Vegetación (partes aéreas) (kg/ha)	59	434	50	424	202
Porcentaje en relación con el suelo	1.5	21.9	2.6	-	54.8
Porcentaje en relación con la vegetación	3.7	2.9	10.0	4.3	6.2

Singer (1978) y Singer y Araujo (1979) arguyen que la rápida descomposición de los residuos vegetales en los bosques sobre latosoles se debe al amplio espectro de organismos descomponedores. En las campinas, donde la diversidad de descomponedores es más baja (debido posiblemente a compuestos químicos secundarios) y las hojas son muy esclerofiticas, hay gran acumulación de residuos.

Los ríos y arroyos que drenan la Formación Barreiras y los escudos tienen un escaso contenido de nutrimentos y reflejan en un alto grado el contenido de nutrimentos del agua lluvia (Anon, 1972 a, b; Schmidt, 1972; Brinkman y Santos, 1973; Furch, 1976; Northcliff y Thornes, 1978). Los bajos contenidos de nutrimentos de los ríos indican que los minerales liberados por las rocas son escasos y que el bosque es muy eficiente en el reciclamiento de nutrimentos.

Herrera *et al.* (1978) han descrito algunos de los mecanismos para la conservación de nutrimentos en los bosques que crecen en sitios de baja fertilidad bajo condiciones de alta precipitación.

1. Formación de una densa capa de raíces con alta capacidad de retención de nutrimentos.

2. Ciclo directo de nutrimentos de los residuos de hojas hacia las raíces vía los hongos micorrízicos.

3. Conservación de nutrimentos en las plantas por medio de:

   a. Reducción de hervíboros debido a la acumulación en hojas y raíces de sustancias químicas producidas por el metabolismo secundario.

   b. Reabsorción de nutrimentos antes de la caída de las hojas.

4. Adaptación fisiológica de árboles a suelos ácidos con bajos niveles de Ca y altos niveles de Al.

5. Disposición de las hojas caídas sobre los suelos del bosque de tal manera que el tiempo de permanencia del agua sobre la hojarasca se reduce minimizando la lixiviación.

6. La estructura forestal multi-estratificada actúa como filtro para remover nutrimentos de las aguas de lluvia. Los organismos epifílicos aparentemente desempeñan un importante papel en este proceso.

Dinámica del bosque

La dinámica del bosque o sea los mecanismos mediante los cuales los bosques se mantienen y regeneran por sí mismos, son prácticamente desconocidos para la región amazónica. Este tipo de información, de gran importancia para las prácticas silviculturales así como para la regeneración y recuperación de sitios degradados, es una de las áreas menos investigadas de la biología tropical. Las siguientes ramas de la investigación merecen atención:

1. Biología reproductiva de los árboles del bosque, incluyendo:
   a. biología de la polinización
   b. fenología
   c. biología de la germinación
   d. ecología de las plántulas
   e. mecanismo para la dispersión de semillas

2. Adaptación ecofisiológica de los árboles del bosque

3. Sucesión secundaria

4. Dinámica de las poblaciones de insectos y vertebrados

5. Población herbívora

Bosques y Clima de la Amazonía

En esta sección se esbozarán brevemente las fluctuaciones paleoclimáticas que pueden haber afectado la biogeografía de la región amazónica, el presente equilibrio bosque/clima y las modificaciones climáticas e hidrológicas generadas por la destrucción en gran escala o por la sustitución del bosque.

Fluctuaciones paleoclimáticas

La glaciación en la zona templada ha sido frecuentemente correlacionada con la expansión del desierto y con los períodos semi-áridos de las regiones tropicales (Flenley, 1979). La evidencia de una fase seca en los paleoclimas cuaternarios de la Amazonía ha sido compilada principalmente por geomorfólogos (Tricart, 1974; Journaux, 1975; Ab' Sáber, 1977) y paleontólogos (Van der Hammen, 1975; Aboy y Van der Hammen, 1976; Absy, 1979). Según Damuth y Fairbridge (1970) la presencia de arena arcósica en sedimentos profundos del Océano Atlántico ecuatorial indica erosión bajo climas semi-áridos. Por su parte, Irion (1976c) sostiene que estas arenas son material de Formaciones Barreiras no consolidadas, las cuales fueron erosionadas durante el período seco del Monastiriense cuando el nivel del mar estaba 100 m por debajo del actual y no durante los períodos térmicos más moderados del Pleistoceno. Teóricamente, durante los períodos secos, los bosques retrocedieron hacia áreas que podían mantener un microclima más húmedo. Las regiones que hoy están cubiertas por bosque aparentemente tenían vegetación similar a la de cerrado o de caatinga (Ab' Sáber, 1977). Se cree que la fragmentación del bosque ha tenido una profunda influencia en la formación de especies de plantas y animales; los organismos propios del bosque húmedo tendieron a refugiarse dentro de estas "islas" de bosques. En teoría, la existencia de los refugios ayuda a explicar la extraordinaria diversidad biótica en ciertas áreas de la Amazonía así como la distribución bastante extraña de ciertas especies de pájaros (Haffer, 1979), lagartos (Vanzolini y Williams, 1970; Vanzolini, 1970, 1973), mariposas (Brown, 1977, 1979) y plantas (Prance, 1973, 1977). A medida que el clima fue adquiriendo condiciones similares a las de hoy, el bosque de galería fue extendiéndose desde los ríos hacia los "refugios" en expansión para formar una cubierta de bosque contínuo. Las áreas donde los refugios se juntan aparentemente tienen una diversidad excepcional.

La importancia de las áreas con un alto endemismo y diversidad tiene implicaciones para el uso práctico de la tierra. En primer lugar, las áreas de extrema diversidad y endemismo deben ser preservadas puesto que el germoplasma de dichas áreas es mucho más alto que en otras regiones. La existencia de centros de diversidad también destaca el hecho de que en la diversidad de la Amazonía hay un componente espacial asi como uno estructural, los cuales tienen implicaciones bastante interesantes para el manejo de plagas. Esto significa que es difícil predecir las clases de plagas que pueden afectar determinados cultivos agrícolas y que los mecanismos de control desarrollados en una región amazónica pueden no ser aplicables en otras.

Ciclos climáticos e hidrológicos

Los climas en el mundo no son estáticos sino fluctuantes. Las razones para estas fluctuaciones no son muy claras pero posiblemente están relacionadas con las variaciones en la actividad solar. Estas fluctuaciones climáticas han sido asociadas con las mayores extensiones de las principales formaciones de vegetación (e.g., desiertos, bosques tropicales, sabanas) en otras partes del mundo. No hay duda que el clima en un sentido general determina la vegetación de una región y parece improbable a primera vista que la destrucción en gran escala de bosques podría modificar los climas.

La vegetación y el clima son interdependientes y la habilidad de los bosques para modificar los microclimas está bien documentada (ver, por ejemplo, Kittredge, 1948). El bosque tropical y el clima existen en un equilibrio dinámico porque el bosque tiene un importante efecto sobre la cantidad de vapor por agua en la atmósfera (evapotranspiración), y aumenta el tiempo de permanencia del agua en una región dada. En los últimos cinco años ha surgido literatura considerable que cuantifica el ciclo hidrológico de la Amazonía y muestra la naturaleza dinámica del equilibrio bosque-clima (Márquez, 1976, 1978; Márquez *et al.*, 1977; Molion, 1975; Salati *et al.*, 1978, 1979; Villa Nova *et al.*, 1976). Estos trabajos indican que cerca del 50 por ciento de la precipitación en la región amazónica se origina a partir del vapor del Océano Atlántico llevado hacia la cuenca del Amazonas por los vientos alisios. El 50 por ciento restante se debe a la evapotranspiración del bosque.

Aunque no es posible predecir exactamente las consecuencias de la destrucción o de la sustitución de los bosques por otros tipos de vegetación, si se pueden inferir algunas de las clases de cambios que podrían ocurrir si la sustitución fuera radical:

- La tala masiva del bosque reduciría el tiempo de permanencia del agua en la cuenca debido a un descenso en la capacidad de retención de agua del suelo (Schubart, 1977). Esto aumentaría la corriente superficial y reduciría el almacenamiento subterráneo de agua. La pérdida de permeabilidad probablemente ocasionaría severos desbordamientos de los ríos en la estación lluviosa y disminución del volumen del agua durante las estaciones secas debido a la reducción en las reservas del subsuelo.

- Los tipos de vegetación que transpiran a tasas más bajas que las del bosque reducirían la disponibilidad de vapor en la atmósfera y, por consiguiente, la precipitación. Este efecto sería más marcado durante la estación seca.

- El área amazónica actualmente es una fuente de vapor de agua para las regiones adyacentes. Durante todo el año hay una corriente contínua de vapor de agua de norte a sur en el límite meridional de la región, o sea que es posible que la precipitación pluvial de la región central de Sudamérica dependa en parte del vapor de agua producido en la Amazonía. Las interrelaciones entre las masas de aire de las cuencas del Amazonas y del Orinoco son completamente desconocidas así que el efecto que la tala de bosques puede tener en el movimiento de sur a norte es muy difícil de predecir.

- El promedio de energía solar de la región es de aproximadamente 420 cal/cm²/día y es utilizada principalmente en la evapotranspiración del agua. Entre el 50 y 60 por ciento de la energía solar se usa en este proceso. Si la tala de bosques cambia drásticamente el albedo, modificaría este uso de la energía por cuanto la mayor parte de la energía solar se destinaría a calentar el aire. Las implicaciones que esto pudiera tener en la dinámica atmosférica en la cuenca del Amazonas o en las regiones circundantes son imposibles de evaluar actualmente.

- En las regiones tropicales se absorbe más radiación solar que la que se pierde por la radiación de onda larga. Las regiones tropicales tienen un balance neto positivo de radiación, mientras que en las zonas templadas el balance de radiación tiende a ser negativo. Uno de los mecanismos más importantes desde el punto de vista de cambio climático global podría ser la modificación del régimen de transferencia de calor de los trópicos a las áreas templadas.

El CO_2 y el clima

El bosque amazónico no es una fuente importante de 0_2. Este bosque es una formación clímax y en consecuencia consume la mayor parte del 0_2 que produce en la respiración. La materia orgánica no está siendo acumulada progresivamente. Si hubiese una producción neta de 0_2 ésta se detectaría por la materia orgánica que sale de la región, tal vez en forma de ácidos orgánico y fúlvico. La presencia de ácidos húmico y fúlvico en los ríos de aguas negras puede indicar que las campinas y campinaranas podrían estar contribuyendo al 0_2 global, y podrían estar en un estado de sucesión un poco anterior al de otros tipos de bosques húmedos. Aunque no existen datos cuantitativos, la contribución de estas fuentes de 0_2 es probablemente pequeña.

Los bosques son uno de los mayores consumidores de carbono del planeta. El volumen de $C0_2$ fijado por las plantas y la materia orgánica es

cerca de tres veces el de la atmósfera (Woodwell, 1978; Woodwell *et al.*, 1978). El CO_2 en la atmósfera se determina mediante las interacciones con el océano y la fitomasa global, que generan un equilibrio de CO_2 cuando éste alcanza cerca de 290 ppm. A comienzos de este siglo la quema acelerada de combustibles fósiles y la tala de bosques pudieron haber roto el equilibrio de CO_2, ocasionando un aumento en los valores de la concentración atmosférica de CO_2 del orden de 1 ppm/año. Degens (1979) señala que las actividades humanas liberan 10,000 millones de toneladas de CO_2 anualmente. Cerca de la mitad del CO_2 generado proviene de la destrucción de bosques. De estos 10,000 millones de toneladas, 2500 permanecen en la atmósfera y 7500 son absorbidos por las plantas o por el océano.

Las concentraciones de CO_2 absorben radiaciones de onda larga y pueden reducir la tasa de retorno de estas radiaciones al espacio. Cuando la radiación de onda larga se mantiene en la atmósfera produce un "efecto de invernadero" al calentar la atmósfera. Una duplicación de los niveles actuales de CO_2 podría aumentar las temperaturas atmosféricas en 2° C lo cual podría afectar gravemente el clima a nivel mundial.

Los bosques amazónicos almacenan cerca del 20 por ciento del CO_2 de la biomasa del planeta.

Recomendaciones para el Uso de la Tierra y el Desarrollo Agrícola en la Amazonía

En vista de la variedad de ecosistemas de la Amazonía, los programas de desarrollo deberían ser concientes de los diferentes atributos del medio ambiente de las áreas propuestas en las etapas de planeación e implantación de proyectos. El potencial de utilización de la tierra es variable y los reconocimientos topográficos a escalas de 1:1,000,000 contribuyen a la complejidad de un área geográfica determinada. Van Wambeke (1978) hace un interesante análisis de las limitaciones para evaluar los recursos de la Amazonía con base en mapas a escala muy amplia.

En nuestro concepto, dada la pobreza de los suelos en la mayoría de las regiones altas de la Amazonía, la escasa infraestructura y la dificultad del manejo agronómico, el desarrollo agrícola debería tener lugar primordialmente en otras regiones donde existe la infraestructura o es más fácil establecerla y conservarla, y donde la intensificación sea una posibilidad real. Nos referimos no solamente a los cerrados sino a otras áreas del centro y sur de Brasil.

Terra firme

Los suelos tan pobres de la Formación Barreiras y de los escudos son extremadamente difíciles de manejar. La sustitución del bosque por otros tipos de vegetación, tales como pastos, no ha sido particularmente satisfactoria (Serrão *et al.*, 1979; Hecht, 1981). Por otra parte, las actividades netamente orientadas a la exportación parecen poco aconsejables aun cuando ésta ha sido la base de la economía de la Amazonía desde el siglo dieciseis.

Nos oponemos a esta clase de actividad sobre todo porque el precio de los productos de las industrias extractivas no incluye su costo real de producción. Brinman (1972) calculó que la producción de nueces del Brasil entre 1950 y 1967 representó una extracción neta de 424 ton de P, 125 ton de S, 381 ton de K, 16 ton de Na, 143 ton de Mg y 104 ton de Ca. El precio de las nueces del Brasil nunca ha incluído los costos de reponer los nutrimentos.

Bosques

Las áreas de suelos pobres podrían ser utilizadas para la silvicultura pero se debe evitar la tala de áreas extensas. La silvicultura está en su infancia en la Amazonía, y es indispensable desarrollar técnicas de manejo. Los monocultivos en gran escala no son recomendables porque se desconoce la eficiencia del ciclo de nutrimentos en poblaciones uniformes muy grandes, y las probabilidades de que aumente la incidencia de plagas es muy alta. Es necesario ser cuidadoso porque especies tales como *Gmelina,* la cual se injerta con las raíces de otros árboles de *Gmelina* muy eficazmente, es excelente desde el punto de vista del ciclo de nutrimentos pero favorece las infecciones radicales. Lo más aconsejable son las operaciones de silvicultura que imitan en lugar de remplazar el ecosistema de bosque.

La producción en pequeñas parcelas de especies de rápido crecimiento como *Inga* debería incluirse en programas agrícolas para suministro de leña. Además se debería hacer más énfasis en las frutas y fuentes de carbohidratos nativas al desarrollar proyectos para el consumo local.

Reservas

No se tiene un conocimiento apropiado de los ecosistemas amazónicos en cuanto a la dinámica del bosque y los recursos genéticos (Schubart, 1979). Como estos recursos genéticos son nuestra "póliza de seguro" para el futuro, la delimitación de las reservas es absolutamente necesaria (Gottlieb y Mors, 1978; Prance y Elias, 1977). La conservación del

germoplasma es esencial en las regiones interfluviales especialmente en aquellas de alto endemismo y diversidad (Brown, 1979; Wetterberg *et al.*, 1976).

Las áreas de los indígenas también deben ser definidas. Si bien su preservación en su estado primitivo no es probablemente deseable ni realista, deben evitarse las confrontaciones extremadamente destructivas entre las poblaciones de indios y de colonos. Nuestra mayor fuente de conocimiento en este momento acerca del uso potencial de los recursos forestales se deriva de las informaciones indígenas. La delimitación de las reservas indígenas debe ser prioritaria puesto que su herencia cultural y biológica es irrecuperable una vez destruida. Empleando las palabras de Prance (1977), "la extinción es para siempre".

Várzeas

Las várzeas son las vegas ribereñas anualmente inundadas con sedimentos de los ríos. Las inundaciones a menudo consideradas como un obstáculo para el desarrollo de muchas áreas, es uno de los medios para controlar las plagas y también influye en la renovación de la fertilidad del suelo. Debe darse prioridad al desarrollo integrado de las várzeas incluyendo la piscicultura. Los recursos acuáticos han sido la principal fuente de proteínas de la Amazonía históricamente y continúa siéndolo en el presente (Smith, 1979; Goulding, 1979; Junck y Honda, 1976). Las vegas ribereñas del Pleistoceno que no se inundan actualmente pero tienen una fertilidad mayor también son de interés para la agricultura. Los sedimentos del fondo de los lagos de las várzeas podrían ser muy valiosos como fertilizantes en áreas adyacentes de terra firme (U. M. Santos, comunicación personal). Estos estudios se deben integrar con estudios sobre la economía y sociología de los pobladores ribereños quienes tienen experiencia en la colonización de várzeas (Sternberg, 1956) a fin de determinar los modelos más apropiados para proyectos agrícolas.

Programas del INPA

Se ha destacado que el desarrollo de la Amazonía debe proseguir con cautela y con el respaldo de la investigación. Esta investigación debe ser de tipo ecológico sobre sistemas naturales y aplicada al desarrollo de los sistemas agroforestal, agrícola y pesquero.

El Instituto Nacional de Pesquisas de Amazônia (INPA) ha estado trabajando en varios proyectos tendientes a alcanzar estos objetivos. El proyecto sobre manejo ecológico de los bosques húmedos tropicales es similar al estudio de Hubbard Brook; en él se determina el equilibrio

hídrico y energético y el ciclo de nutrimentos de un bosque primario en una cuenca de 20 km^2. En una cuenca adyacente a la anterior se están probando varias técnicas de manejo, tanto silviculturales como agrícolas, a fin de verificar el impacto de varias técnicas de producción; además se están realizando investigaciones sobre la dinámica de los bosques.

Otro de los proyectos del INPA se refiere a la determinación del tamaño mínimo crítico de los ecosistemas, para lo cual se están estudiando las tasas de recolonización, las tasas de extinción y factores que mantienen la diversidad ecológica en bosques aislados de diferentes tamaños en medio de praderas. Este proyecto tiene aplicaciones muy importantes tanto prácticas como teóricas.

Otro campo de acción del INPA son los estudios sobre manejo de bosques, tecnología de producción de maderas y aspectos agronómicos básicos, los cuales comprenden la recolección y propagación de una amplia variedad de árboles frutales nativos de la Amazonía. El departamento de suelos del INPA está investigando las propiedades físicas y químicas de los suelos y el papel de los microorganismos en el ciclo del P y del N de especies cultivadas así como nativas. Se están llevando a cabo ensayos sobre el ciclo de nutrimentos basados en la reutilización de desperdicios humanos y sobre plantaciones mixtas de árboles. Un proyecto sobre fuentes alternas de energía muestra que el uso de carbón, de la fuerza motriz del agua y de la energía solar son especialmente apropiadas para la región amazónica. También hay proyectos de pesquería, incluyendo la piscicultura.

Bibliografía

Ab'Sáber, A.N. 1971. **A organização das paisagens inter e subtropicais brasileiras.** *In:* Ferri, M.G. (ed.) III Simpósio sobre o cerrado. Ed. E. Blucher & Ed. USP. pp. 1-44.

———. 1977. **Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários.** Inst. Geogr. USP. Paleoclimas 3: 1-19.

Absy, M.L.; van der Hammen, T. 1976. **Some palacoecological data from Rondônia, southern part of the Amazon Basin.** Acta Amazonica 6(3): 293-299.

———. 1979. **A palynological study of Holocene sediments in the Amazon Basin.** Tesis de Ph.D., Amsterdam. 86p.

ANON. 1972a. **Die Ionenfracht des Rio Negro, Staat Amazonas, Brasilien, nach Untersuchungen von Dr. Harald Ungemach.** Amazoniana 3(2): 175-185.

———. 1972b. **Regenwasseranalysen aus Zentralamazonien, ausgeführt in Manaus, Amazonas, Brasilien, von Dr. Harald Ungemach.** Amazoniana 3(2): 186-189.

Ashton, P.S. 1969. **Speciation among tropical forest trees: some deductions in light of recent evidence.** Biol. J. Linn. Soc. (Londres). 1; 155-196.

Baker, H.G. 1970. **Evolution in the tropics. Biotropica.** 2(2): 101-111.

Brasil.. 1973-1979. **Levantamento dos recursos naturais.** Departamento Nacional de Produção Mineral, Projeto RADAMBRASIL, Rio de Janeiro. Vols. 1-18.

Brinkmann, W.L.F. 1972b. **Narhstoffeverluste in Amazonaswäldern durch Brasilnuss - export.** Umschau 72(6): 190-191.

———; Santos, A. 1973. **Natural waters in Amazonia. VI. Soluble calcium properties.** Acta Amazonica 3(2):33-40.

Brown, K.S., Jr. 1977. **Centro de evolução, refúgios quaternários e conservação de patrimonios genéticos na região netropical: Padroes de diferenciação em Ithomiinae** *(Lepidoptera: Nymphalidae).* Acta Amazonica 7(1):75-137.

———. 1979. **Ecologia geográfica e evolução nas florestas neotropicais.** Tese de Livre Docencia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil. 265 p.

Connell, J.H.; Orcas, E. 1964. **The ecological regulation of species diversity.** Am. Nat. 98-399-414.

Damuth, J.E.; Fairbridge, R.W. 1970. **Equatorial Atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America.** Bull, Geol. Soc. Amer. 81:189-206.

Degens, E.T. 1979. **CO_2 -Bilanz und vegetationsanderungen.** Naturwissen schaften 66 (12):611.

Dobzhansky, T. 1950. **Evolution in the tropics.** Am. Sci. pp 209-221.

Ducke, A.; Black, G.A. 1953. **Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon.** Anais Acad. Bras. Cienc. 25(1):1-46.

Farnworth, E.G.; Golley, F.B. (eds.). 1974. **Fragile Ecosystems.** Springer-Verlag, New York. 258 p.

Fittkau, E.J. 1974. **Zur ökologischen Gliberung Amazoniens. I. Die erdgeschichtliche Entwicklung Amazoniens.** Amazoniana 5(1):77-134.

_____; Klinge, H. 1973. **On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem.** Biotropica 5(1):2-14.

_____; Irmler, U.; Junk, W.J.; Reiss, F.; Schmidt, G.W. 1975. **Productivity, biomass, and population dynamics in Amazonian water bodies.** *In:* Golley, F.B. and Medina, E. (eds.) Tropical ecological systems. Springen-Verlag. New York. pp. 289-311.

Flenley, J.R. 1979. **The equatorial rain forest: a geological history.** Butterworths, Londres. 162 p.

Furch, K. 1976. **Haupt - und Spurenelementgehalt zentralamazonischer Gewässrtypen (erste Ergebnisse).** Biogeographica 7:27-43.

Geolley, F.B.; Medina, E. (eds). 1975. **Tropical ecological systems.** Springer-Verlag, New York. 398 p.

_____; McGinnis, J.T.; Clements, R.G.; Child, G.I.; Duever, M.J. 1978. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** Ed. Pedagógica Universitária, EDUSP. São Paulo. 256p.

Gottlieb, O.R.; Mors, W.B. 1979. **Fitoquímica amazônica:uma apreciação em perspectiva.** Interciência 3(4):252-263.

Gottsberg, G. 1978. **Seed dispersal by fish in the inundated region of Humaita. Biotropica.** 10(3): 170-183.

Goulding, M. 1979. **Ecologia da pesca do rio Madeira.** INPA, Manaus, Brasil. 172p.

Haffer, J. 1969. **Speciation in Amazonian forest birds.** Science 165: 131-137.

Hammen, T. van der 1974. **The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America.** Biogeogr. 1:3-26.

Hasler, A.D. (ed.) 1975. **Coupling of land and water systems.** Springer-Verlag, New York. 309p.

Hecht, S.B. 1981. **Cattle ranching in the Amazon: Analysis of a development strategy.** Tesis de Ph.D. inédita. University of California.

Herrera, R.; Jordan, C.F.; Klinge, H.; Medina, E. 1978. **Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients.** Interciencia 3(4):223-232.

Huston, M. 1979. **A general hypothesis of species diversity.** Am. Nat. 113:81-101.

Irion, G. 1976a. **Mineralogish-geochemische Untersuchungen an der pelitischen Fracktion amazonischer Oberböden und Sediment.** Biogeographica 7:7-25.

———. **1976b. Quaternary sediments of the upper Amazon lowlands of Brazil.** Biogeographica 7: 163-167.

———. 1976c. **Die Entwiclclung des zentral-und oberamazonischen Tieflands im Spat-Pleistozan und im Holozän.** Amazoniana 6(1):67-79.

———. 1978. **Soil infertility in the Amazonian rain forest.** Naturwissenseschaften 65:515-510.

Irmler, U. 1978. **Matas de inundação da Amazônia central em comparação entre águas brancas e pretas.** Ciência e Cultura 30(7):813-821.

Janos D. 1975. **Effects of vesicular - arbuscular mycorrhiza on lowland tropical rainforest trees.** *In:* Sanders F.; Nores B.; Tinker B. (eds.) Endomycorrhizae. Academic Press, Londres. pp. 437-446.

Janzen, D.H. 1970. **Herbivores and the number of tree species in tropical forests.** Am. Nat. 104:501-528.

Journaux, A. 1975. **Recherches geomorphologiques en Amazonie brésilienne.** Bull. Center. Geomorph. (Cahen) 20:3-68.

Junk, W.J.; Honda, E.M.S. 1976. **A pesca na Amazônia. Aspectos ecológicos e econômicos.** *In:* Vargas, J.J.; Loureiro, C.G.C.; Andrade, R.M. de (eds.) Anais do I Encontro Nacional sobre Limnologia, Piscicultura e Pesca Continental. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, Brasil, pp.211-226.

Klinge, H. 1967. **Podsol soils: a source of blackwater rivers in Amazonia.** *In:* Lent, H. (ed.) Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, Rio de Janeiro, Brasil. pp. 117-125.

———. 1973. **Roor mass estimation in lowland tropical rain forests of Central Amazonia, Brasil. I. Fine root masses of a pale yellow latosol and a giant humus podzol.** Trop. Ecol. 14:29-38.

———. 1975. **Root mass estimation in lowland tropical rain forests of Central Amazonia, Brazil. III. Nutrients in fine roots from giant podsols.** Trop. Ecol. 16(1)28-38.

———. 1976a. **Root mass estimation in lowland tropical rain forests of Central Amazonia, Brazil. IV. Nutrients in fine roots from latosols.** Trop. Ecol. 17(2):79-88.

———. 1976b. **Nährstoffe, Wasser und Durchwurzelung von Podsolen und Latosolen under tropischem Regenwald bei Manaus/Amazonien.** Biogeographica 7:45-58.

———. 1976c. **Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Ökosystem tropischer Regenwald (Manaus)-vorläufige Daten.** Biogeographica 7:59-77.

———. 1977a. **Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a netropical rain forest.** Amazoniana 6(2): 193-202.

———. 1977b. **Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands of Eastern Amazonia.** Geo-Eco-Trop. 1(2): 159-167.

_____. Rodrigues, W.A. 1968. **Litter production in an area of Amazonian terra firme forest.** I,II. Amazoniana 1(4):287-310.

_____; Rodrigues, W.A. 1971. **Matéria orgânica e nutrientres na mata de terra firme perto de Manaus.** Acta Amazônica 1(1):69-72.

_____; Rodrigues, W.A.; Bruning, E., Fittkau, E.J. 1975. **Biomass and structure in a Central Amazonian rain forest.** *In* Golley, F.B., Medina, E. (eds.) Tropical Ecological Systems. Springen-Verlag, New York. pp. 115-122.

Lieth, H.A,; Whittaker, R.H. (eds.) 1975. **Primary productivity of the biosphere.** Springer-Verlag, New York. 339p.

MacArthur, R. 1969. **Patterns of communities in the tropics.** Biol. J. Linnean Soc. 1:19-30.

Marques, J. 1976. **Contribuição ao estudio hidrológico da bacia amazônica.** Tesis de MS, ESALQ, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

_____. 1978. **A transferência horizontal de vapor d'água na troposfera e a hidrologia da bacia amazônica.** Tesis de Ph.D. ESALQ, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

_____; Santos, J.M.; Villa Nova, N.A., Salati, E. 1977. **Precipitable water and water vapor flux between Belém and Manaus.** Acta Amazónica 7(3):355-362.

Molion, L.C.B. 1975. **A climatonomic study of the energy and moisture fluxes of the Amazonas basin with considerations of deforestation effects.** Tesis de Ph.D. Madison, Wisconsin. 133 p.

Nortcliff, S.; Thornes, J.B. 1978. **Water and cation movement in a tropical rain forest environment I. Objectives, experimental design and preliminary results.** Acta Amazonica 8(2):245-258.

Odum, H.T.; Pigeon, R.F. (eds). 1970. **A tropical rain forest.** Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Ten., Estados Unidos, 3 vols.

Pires, J.M. 1973. **Tipos de vegetação da Amazônia.** Publ. Avulsa Museu Goeldi. Belém, Brasil. 20:179-202.

Prance, G.T. 1973. **Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon Basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae e Lecythidaceae.** Acta Amazônica 3(3):5-28.

_____. 1975a. **Flora and vegetation.** *In:* Goodland, R.J.A.; Irwin, H.S. (eds.) Amazon jungle: green hell to red desert? Elsevier, Amsterdan & New York. pp. 101-111.

_____. 1977. **The phytogeographic subdivision of Amazonia and its influence on the selection of biological reserves.** *In:* Prance, G.T.; Elias, T.S. (eds.) Extinction is forever. The New York Botanical Garden, N.Y., Estados Unidos. pp. 195-213.

_____. 1978. **The origin and evolution of the Amazon flora.** Interciencia 3(4):207-222.

_____; Rodrigues, W.A., Silva, M.A. da. 1976. **Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme no Km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara.** Acta Amazônica 6(1):9-35.

_____; Elias, T.S. (eds.) 1977. **Extincion is forever.** The New York Botanical Garden, N.Y., Estados Unidos. 437p.

Richards, P.W. 1952. **The tropical rain forest. An ecological study.** University Press, Cambridge. 450p.

Salati, E.; Marques, J.; Molion, L.C.B. 1978. **Origen e distrubuição das chuvas na Amazônia.** Interciência 3(4):200-206.

_____; Dall'Olio, A.; Matsui, E.; Gat, J.R. 1979. **Recycling of water in the Amazon Basin: An isotopic study.** Water Resources Research 15(5): 1250-1258.

Santos, A.; Ribeiro, M.N.G. 1975. **Nitrogênio na água do solo do ecossistema campina amazônica.** Acta Amazônica 5(2):173-182.

Schmidt, G.W. 1972. **Chemical properties of some waters in the tropical rain forest region of Central Amazonia along the new road Manaus-Caracaraí.** Amazoniana 3(2): 199-207.

Schubart, H.O.R. 1977. **Critérios ecológicos para o desenvolvimento agrícola das terras firmes da Amazônia.** Acta Amazônica 7(4): 559-567.

_____. 1979. **Exame da situação atual da Hiléia brasileira: ecologia florestal, atividade humana recente e preservação da biota.** *In:* Costa, J.M.M. da (ed.) Amazônia: desenvolvimento e ocupação. Rio de Janeiro, EPEA/INPES, Monogr. 29:89-102.

Serrão, E.A.S.; Falesi, I.C.; Veiga, J.B. da; Texeira Neto, J.F. 1978. **Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta do trópico úmido brasileiro.** EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. 73p.

Singer, R. 1978. **Origins of the deficiency of Amazonian soils - A new approach.** Acta Amazonica 8(2):315-316.

_____; Araújo, I.J.S. 1979. **Litter decomposition and Ectomycorrhiza in Amazonian forest. I. A comparison of litter decomposing and ecto-mycorrhizal Basidiomycets in latosol-terra-firme forest and white podzol campinarana.** Acta Amazonica 9(1):25-41.

Sioli, H. 1950. **Das Wasser in Amazonasgebiet.** Naturwissenschaften 41(49):456-457.

_____. 1951. **Estudo preliminar das relações entre a geologia e a limnologia da Zona Bragantina (Pará).** Bol. Téc. Inst. Agron. N. 24:67-76.

_____. 1967. **Studies in Amazonian waters.** *In:* Lent, H. (ed.) Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, 3 (Limnologia), Rio de Janeiro, Brasil. pp. 9-50.

_____. 1968a. **Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region.** Amazoniana 1(3):267-277.

_____. 1968b. **Principal biotypes of primary production in the waters of Amazonia.** *In:* Misra, R.; Gopal, B. (ed.) Proc. Symp. Recent Adv. Trop. Ecol., ISTE, Varanasi. pp.591-600.

_____. 1975a. **Amazon tributaries and drainage basins.** *In:* Hasler, A.D. (ed.) Coupling of land and water systems. Springer-Verlag, New York, pp. 199-213.

———. 1975b. **Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments.** *In:* Folley, F.B.; Medina, E. (eds.) Tropical ecologial systems, Springer-Verlag, New York., pp. 275-288.

Smith, N.J.H. 1979. **A pesca no Rio Amazonas.** INPA; Manaus, Brasil. 154p.

Sombroek, WG. 1966. **Amazon Soils. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region.** Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, Netherlands. 292 p.

Stark, N.; Jordan C. 1979. **Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rainforest.** Ecology 59:434-437.

Sternberg, H.O.R. 1956. **A água e o homem na várzea do Careiro.** Rio de Janeiro, Tese de concurso á Cátedra de Geografía do Brasil da Fac. Nac. de Filosofía da Universidade do Brasil.

———. 1975. **The Amazon river of Brasil.** Springer-Verlag. New York. 74p.

Silvester-Bradley, R.; Bandeira, A.G.; Oliveira, L.A. de 1978. **Fixação de nitrogênio (redução de acetileno) em cupins (insecta:Isoptera) da Amazônia Central.** Acta Amazonica 8(4):621-627.

———; Oliveira, L.A.; Podestá Filho, J.A.; StJohn, T.V. 1980. **Nodulation of legumes, nitrogenase activity -fixing *Azospirillum* spp. in representative soils of Central Amazonia.** Agro-Ecosystems (en prensa).

Tricart, J. 1974. **Existence de périodes sèches au Quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines.** Revue Géomorph. dyn. 23:145-158.

Turenne, J.F. 1977. **Modes d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaises.** Mém. ORSTOM, No. 84, Paris. 173p.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1978. **Tropical Forest ecosystems: A state-of-knowledge report.** Natural Resources Research XIV, Unesco, Paris. 683p.

Van Wambeke A. 1978. **Properties and potentials of soils in the Amazon basin.** Interciencia 3(4):233-242.

Vanzolini; P.E. 1970. **Zoologia sistemática, geografia e a origem das espécies.** Inst. Geogr. USP, Série Teses e Monografias 3: 1-56.

———. 1973. **Paleoclimates, relief, and species multiplication in equatorial forest.** *In:* Megger, B.J.; Ayensu, E.S.; Duckworth, W.D. (eds.) Tropical forest ecosystems: a comparative review. Smithsonian Institution Press. Washington. 258p.

———; Williams, E.E. 1970. **South American anoles: Geographic differentiations and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae).** Arq. Zool. (São Paulo, Brasil) 19:1-298.

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. **Estimativa da evapotranspiração na bacia amazônica.** Acta Amazônica 6(2):215-228.

Walker, I. 1978. **Rede de alimentação de invertebrados das águas pretas do sistema Rio Negro. I. Observações sobre a predação de uma Ameba do tipo** *Ameba discoides.* Acta Amazônica 8(3):423-438.

Went, F.W.; Stark, N. 1968. **Mychorrhiza.** Bioscience 18: 1035-1039.

Wetterber, G.B.; Pádua, J.M.T.; Castro, C.S. de; Vasconcelos, M.C. 1976. **Uma análise de prioridades em conservação da natureza na Amazônia.** PRODEPEF Série Técnica No. 8, PNUD/FAO/IBDF/BRA/Brasilia, IBDF, 44p.

Yanase, C. da C.F. 1979. **Statistical aspects of hydrology in the Amazon River Basin.** Tesis de MS, Massachusets Institute of Technology, Estados Unidos. 103p.

Investigación Agrícola

Producción de Cultivos Alimenticios Anuales en la Amazonia

Carlos Valverde S.*
Dale E. Bandy**

Introducción

No ha sido sorprendente constatar una vez más que, aunque se comenta mucho sobre la rica y exuberante Amazonía, poco se ha hecho para conocerla desde el punto de vista de su adaptabilidad para cultivos alimenticios anuales. Estos le permitirían sostener futuras migraciones que inevitablemente tendrán lugar como consecuencia de la presión demográfica existente y la necesaria expansión de las fronteras agrícolas de países como Brasil, Perú y Ecuador.

La vigencia del mito de la Amazonía, y la controversia sobre su futuro como área potencial para conjurar el espectro del hambre, se deben en gran parte a predicciones contradictorias que no han sido científicamente probadas y que han desorientado la toma de decisiones. Sin embargo, hoy en día existe información, aunque escasa, que sugiere que con el conocimiento científicc adecuado (Sánchez y Buol, 1975; Alvim 1978, 1979; Serrão *et al.*, 1979; Toledo y Morales, 1979, etc.) es posible desarrollar su potencial agrícola en forma gradual, mediante una adecuada manipulación de las condiciones existentes y la coexistencia equilibrada de cultivos anuales, perennes y forestales, y del manejo animal.

La información que aquí se presenta está basada principalmente en las experiencias del INIA-NCSU*** en la zona de Yurimaguas (Perú) en un ultisol, y en la información obtenida por la UEPAE de Manaus**** en suelos ultisoles y de várzea vegas ribereñas de bosque húmedo estacionalmente inundadas) en Brasil.

* Jefe Programa Nacional de Investigación en Suelos y Director Ejecutivo Adjunto, Instituto Nacional de Investigación Agraria Sinchi Roca 2778, Lima Perú.
** Jefe del Proyecto Yurimaguas. INIA NCSU, Yurimaguas, Perú.
*** Proyecto de Investigación Agronómica y Económica en Suelos Tropicales, Convenio INIA-North Carolina State University Contrato AID, csd 2806.
**** Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA.

La zona comprendida por el Proyecto Yurimaguas tiene condiciones edáficas y climáticas y variables socio-económicas típicas de la subregión A de la Amazonía (bosques húmedos) mientras que Manaus es representativa de las condiciones de la subregión B, o sea bosque estacional semi-siempreverde.

El Sistema de Agricultura Migratoria

El sistema de agricultura predominante en la plenillanura de la Amazonía es de tipo primitivo y migratorio y se debe sin lugar a dudas al predominio de suelos muy meteorizados y de baja fertilidad.

La agricultura migratoria en América Latina ha sido descrita ampliamente (Popenoe, 1960; Watters, 1966; Haney, 1968; Sánchez, 1976). En Perú, ésta consiste en rozar con machete de una a dos ha de bosque durante la época menos lluviosa; posteriormente sigue el desbroce o picacheo, la quema y, finalmente, la siembra; para esta operación los campesinos usan instrumentos primitivos, como el denominado "tacarpo", con el cual abren orificios en el suelo, donde van colocando las semillas de cultivos tales como maíz, arroz, yuca, caupí, etc. Los campesinos permanecen en el terreno hasta que la producción declina bruscamente después de dos o tres años; luego abandonan el terreno donde tiene lugar el rebrote y crecimiento del bosque secundario (purma), y sólo regresan de ocho a 20 años después, según los casos.

Este sistema de agricultura migratoria es el método más difundido en el trópico húmedo para el cultivo de plantas alimenticias anuales, y es practicado por más de 200 millones de personas en unos 3600 millones de ha o aproximadamente el 44 por ciento de la tierra potencialmente arable o pastoreable de los trópicos (FAO, 1957).

La agricultura migratoria, a pesar de que sus rendimientos promedios son bajos, podría ser considerada eficiente en términos de retorno por unidad de mano de obra y por el bajo empleo de insumos agrícolas. El sistema conserva un equilibrio cuando la relación tierra:población es alta, pero cuando esta relación se invierte, como sucede con la migración masiva, ya sea por colononizaciones espontáneas o dirigidas, la práctica de la agricultura con cultivos anuales tiene que ser permanente y continua.

En el trópico húmedo los asentamientos rurales casi siempre se han basado en la agricultura migratoria, y ese ha sido precisamente el caso de los asentamientos de Tournavista-Pucallpa (Perú), Napo (Ecuador), Caquetá (Colombia) y Marabá-Altamira-Itaituba (Brasil).

Los colonos han adoptado sistemas como pastoreo extensivo de bajo costo o cultivos de plantas permanentes en forma muy restringida, pero su subsistencia sigue supeditada al cultivo de las plantas anuales bajo agricultura migratoria (Kirby, 1977). Un análisis de esta situación, y la experiencia estudiada por Morán (1977) de colonos y nativos ("caboclos") en la Trans-amazónica, indica claramente que el éxito de la agricultura en la Amazonía está intimamente ligado al conocimiento de las peculiaridades del clima, del suelo y de los recursos nativos. Efectivamente, el conocimiento de los suelos ha permitido a los caboclos seleccionar aquellos con un nivel de fertilidad muy superior al que seleccionan los colonos y utilizar especies adaptadas como la yuca. Los colonos, en cambio, siembran arroz, maíz, fríjol y otros cultivos, generalmente sin fertilización y sin tecnologías apropiadas, en oxisoles y ultisoles de baja fertilidad.

Factores de Producción

El paso de la agricultura migratoria a la agricultura continua con cultivos anuales requiere análisis cuidadoso de los factores ambientales. El suelo puede aprovecharse mediante técnicas de manejo que incluyen principalmente un adecuado sistema de desmonte, aplicación de fertilizantes y enmiendas, incorporación de residuos y períodos de descanso (barbechos).

Las plantas se pueden también manipular mediante técnicas de manejo tales como la identificación de especies y variedades mejor adaptadas, sistemas de cultivo secuencial intercalado y de relevo, control de plagas, enfermedades y malezas.

El clima es manejable sólo indirectamente mediante las épocas de siembra y el uso adecuado del agua-lluvia. Los suelos de la Amazonía se tratan ampliamente en el capítulo de Cochrane y Sánchez, por lo cual nos limitaremos a la experiencia obtenida hasta ahora en relación con el manejo de los suelos en los cultivos anuales principalmente en el Proyecto Yurimaguas.

Factores climáticos

En el Cuadro 1 se presentan, con fines comparativos, los datos climáticos de las principales zonas de colonización de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil en el área de influencia de la Amazonía y los correspondientes a la zona de Yurimaguas. El clima de ésta es tropical húmedo, con temperatura media anual de 26° C, con máxima absoluta anual de 35.8° C, mientras que la mínima promedio está en el orden de los 22° C, y la precipitación anual promedio es de 2359 mm/año, según datos de 21 años, de la Corporación

Peruana de Aeropuertos Comerciales (CORPAC). La variación climática no es tan grande y favorece el crecimiento de cultivos diversos como arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays* L.), maní (*Arachis hypogea*), soya (*Glycine max*), caupí (*Vigna unguiculata*), yuca (*Manihot esculenta*) y plátano (*Musa paradisiaca*).

Cuadro 1. **Información climática de las principales zonas de asentamientos de Colombia, Ecuador y Brasil, y del campo experimental en Yurimaguas, Perú.**

Localidad.	Precipitación anual (mm)	Días de precipitación	Humedad relativa (%)	Evapotranspiración (mm)	Temperatura mensual promedio (°C)
Caquetá, Colombia	3850 (todos los meses sobrepasan los 100 mm)	250	84	1100 - 1500	26
Napo, Ecuador	3000 (todos los meses sobrepasan los 100 mm)	277	86 - 93	-	24
Altamira, Brasil	1697 (estación seca junio-nov.; promedio de 6 meses, 50 mm/mes)	-	79	1417	26
Yurimaguas, Perú	2359 (promedio de junio, julio y agosto, 100 mm/mes; promedio de los otros meses. 200 mm mes)	160	82	1050	26

Fuente: Kirby, 1977; adaptado por Valverde.

El factor climático de mayor importancia es la distribución de las lluvias, la cual es similar a la de otros lugares del trópico húmedo amazónico. En el caso de Yurimaguas, la precipitación está distribuida de tal manera que los meses más lluviosos abarcan el período de octubre hasta abril, con más de 200 mm/mes, mientras que en los meses denominados de "verano" (junio, julio y agosto), el promedio de lluvias es de 100 mm/mes (Cuadro 2).

Cuadro 2. **Distribución mensual de la precipitación durante 1975 y 1976 en Yurimaguas, Perú.**

Variable	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
						1975							
Total (mm)	231	235	396	53	296	182	140	87	141	177	195	360	2493
(%)	9	10	16	2	12	7	6	4	6	7	8	15	100
						1976							
Total (mm)	382	67	222	245	167	93	65	126	129	401	230	219	2345
(%)	16	3	10	10	7	4	3	5	6	17	10	9	100
						Promedio 23 años							
Total (mm)	222	218	220	240	182	102	91	94	157	216	210	206	2158
(%)	10	10	10	11	9	5	4	4	7	10	10	10	100
						Temperatura promedio para 1977 (°C)							
Máxima	30.8	31.5	31.0	30.5	30.6	30.6	33.1	32.0	32.6	32.1	31.7	31.1	31.2
Mínima	22.0	22.2	22.3	21.9	22.5	21.9	17.9	19.9	19.6	21.1	21.1	21.2	21.1

La evapotranspiración potencial (un promedio de 90 mm/mes) determina que el suelo permanezca húmedo gran parte del año, lo que permite el cultivo de plantas anuales durante el mismo. Pese a la alta precipitación, el problema fundamental de los cultivos anuales radica en la irregular distribución de las lluvias. Por ejemplo, de los 93 mm que cayeron en junio de 1976, más del 70 por ciento cayó en tres días lluviosos consecutivos. Durante el resto del mes los cultivos sufrieron por fuertes déficit de agua. Por el contrario, los 382 mm caídos en el mes de enero se distribuyeron en 19 días lluviosos y las plantas sufrieron por exceso de agua. Con un escalonamiento apropiado de fechas de siembra y un buen manejo agronómico se podrían aliviar estos períodos críticos.

Métodos de desmonte

Las técnicas de desmonte se describen en detalle en el trabajo de Toledo y Serrão en este libro; nosotros nos concentraremos en la información pertinente a los cultivos anuales. El método tradicional *vs.* el desmonte se comparó utilizando un tractor de oruga Caterpillar D-6, equipado con una cuchilla corriente, en un bosque secundario de 17 años en un ultisol de la Estación Experimental de Yurimaguas, en 1972. Los rendimientos de cultivos de arroz, maíz, soya, yuca y pasto castilla (*Panicum maximum*), a los cuales se aplicaron tratamientos con y sin fertilizantes más la adición de una enmienda calcárea (Cuadro 3), muestran la superioridad del sistema tradicional de roza, tumba y quema (Seubert *et al.*, 1977). Estudios adicionales (Seubert *et al.*, 1977) indicaron que el efecto perjudicial del desmonte mecanizado usando maquinaria convencional se debió principalmente a: a) la ausencia de nutrimentos, que en el método tradicional se incorporan a través de las cenizas; b) problemas de compactación del suelo por acción del equipo pesado, que determinó una baja de la tasa de infiltración, y c) remoción de la frágil capa superficial del suelo debido al natural desnivel de los suelos en esta zona.

Las cenizas y el material parcialmente quemado producen un elevado aporte en nutrimentos, y los análisis del suelo muestran un aumento en el pH del mismo, y en P, Ca, Mg y K intercambiables, así como una disminución del Al intercambiable (North Carolina State University, 1974). La adición de 53 kg/ha de Mg con cenizas en el campo II es muy importante debido a la gran deficiencia de este nutrimento en los suelos en producción (Villachica, 1978).

Con respecto a la compactación del suelo, las tasas de infiltración de agua al cabo de un mes (Figura 1) dieron un promedio de 10.5 cm/hora para el desmonte manual y cerca de 0.5 cm/hora para el desmonte mecanizado. Esta diferencia fue evidente a los 11 meses después del

desmonte; estos resultados indican que este ultisol con capa superficial arenosa es muy susceptible a la compactación cuando se usa maquinaria pesada.

Cuadro 3. **Efecto de dos métodos de desmonte en la producción de cultivos en Yurimaguas. (Los rendimientos son el promedio del número de cosechas indicadas en paréntesis.)**

Cultivos	Nivel de fertilidad*	Método de desmonte		Ventaja: (buldózer vs. quema)
		Roza, tumba y quema	Buldózer	
		— t/ha** —		%
Arroz de secano (3)	Ninguno	1.3	0.7	53
	NPK	3.0	1.5	49
	NPK-cal	2.9	2.3	80
Maíz (1)	Ninguno	0.1	0.0	0
	NPK	0.4	0.04	10
	NPK-cal	3.1	2.4	76
Soya (2)	ninguno	0.7	0.2	24
	NPK	1.0	0.3	34
	NPK-cal	2.7	1.8	67
Yuca (2)	Ninguno	15.4	6.4	42
	NPK	18.9	14.9	78
	NPK-cal	25.6	24.9	97
Panicum maximum (6)	Ninguno	12.3	8.3	68
	NPK	25.2	17.2	68
	NPK-cal	32.2	24.2	75
Rendimientos relativos promedio	Ninguno			37
	NPK			47
	NPK-cal			48

* 50 kg/ha de N, 172 kg/ha de P, 40 kg/ha de K, 4 ton/ha de cal.

** Rendimiento de granos de arroz, maíz y soya; raíces frescas de yuca; materia seca anual de *Panicum maximum*.

Fuente: Seubert *et al.*, 1977.

La remoción parcial de la capa superficial del suelo al usar maquinaria pesada disminuye la materia orgánica. Esta situación ha sido constatada por Seubert y colaboradores (1977), quienes observaron que las parcelas limpiadas con buldózer tenían menores cantidades de N total y C orgánico. Los efectos negativos del desmonte mecánico en el suelo también han sido observados en Surinam (Van der Weert, 1974).

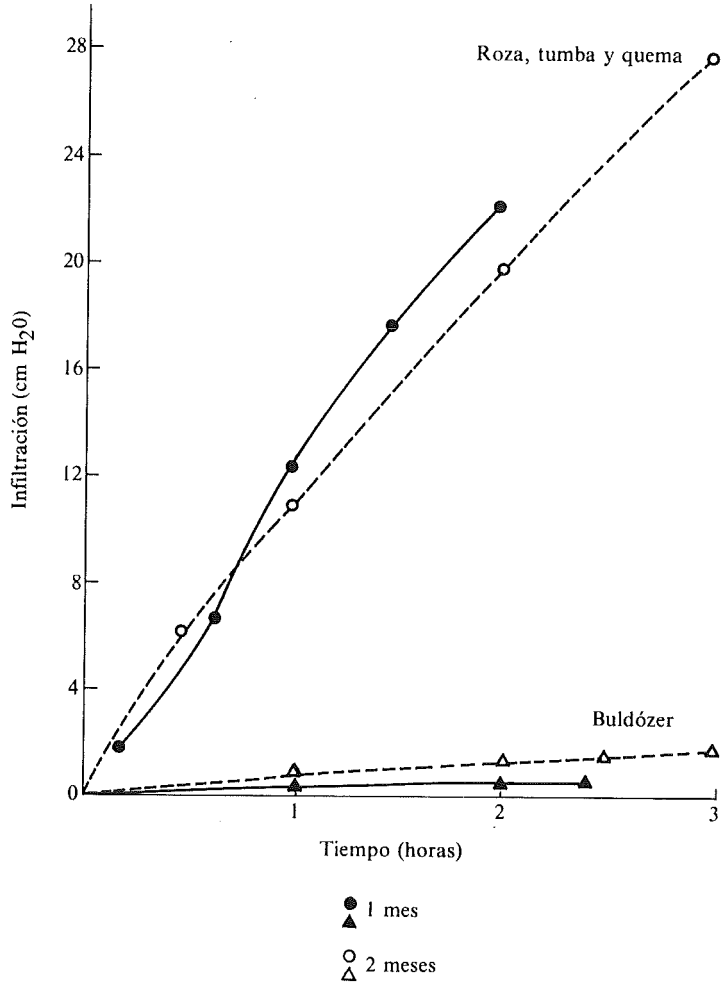


Figura 1. *Efecto de dos métodos de desmonte en la tasa de infiltración de suelos uno y dos meses después de desmontar un bosque húmedo tropical en un ultisol en Yurimaguas, Perú.* (Fuente: Seubert **et al.,** 1977)

Estudios preliminares realizados en el distrito de Suframa, Manaus, en un oxisol (latosol amarillo arcilloso) indican que tanto el desmonte manual como mecanizado no dan lugar a una diferencia marcada en cuanto a la tasa de infiltración y la compactación del suelo, y que el aporte de nutrimentos disponibles a través de las cenizas es similar; no obstante, es necesario agregar fertilizantes fosfóricos (UEPAE, 1979).

Los métodos de desmonte tienen implicaciones no solamente desde el punto de vista técnico sino también económico. Por ejemplo, en el caso del Perú, los costos de desmonte mecanizado de una hectárea de bosque son tres veces más altos que los del método tradicional. En vista de las dificultades del desmonte mecanizado, los métodos tradicionales continúan siendo los más prácticos.

Adaptación de Cultivos Anuales a la Amazonía

Entre los cultivos anuales se encuentran arroz de secano, maíz, soya, maní, caupí y yuca. El Cuadro 4 presenta los caracteres agronómicos descriptivos de estos cultivos. Las experiencias obtenidas se refieren a los aspectos de adaptación varietal y manejo agronómico con énfasis en la interacción con el suelo.

Arroz. El sistema más común de cultivo del arroz en la Amazonia es el de secano, en el cual se cultiva como cualquier otro producto, es decir, sin inundación, trasplante o formación de diques, y depende completamente del régimen de lluvias. El arroz de secano cubre parte del área sembrada en agricultura migratoria en la Amazonía. Una amplia revisión del arroz de secano como cultivo para la selva amazónica del Perú ha sido hecha por Sánchez (1972), Kawano y otros (1972) y en términos globales por el International Rice Research Institute (IRRI).

Desde 1969 se han probado en la zona de Yurimaguas cientos de líneas procedentes del IRRI y del Programa Nacional de Arroz del INIA. Solamente una introducción, IR-4-2, ha demostrado continuamente buena tolerancia al añublo causado por *Pyricularia oryzae*. Incluso en condiciones de deficiente humedad del suelo, rara vez el ataque ha afectado más del 2 por ciento de la población. En condiciones de deficiencia de K y/o humedad del suelo, esta variedad sufre ataques severos de helmintosporiosis (*Helminthosporium oryzae*). En condiciones de buena fertilidad y humedad del suelo (ultisol), da rendimientos experimentales de 4.5 ton/ha.

En agosto de 1979, se introdujeron nueve líneas de arroz de secano de la serie TOX con cierta resistencia al añublo, procedentes del International Institute for Tropical Agriculture (IITA) de Nigeria, las cuales han sido comparadas con el IR-4-2 y con una variedad de porte alto, tradicional de Yurimaguas, denominada "Carolino". Estas introducciones han mostrado excelente resistencia al añublo, buen rendimiento potencial, precocidad y ausencia de síntomas de ataque de *Helminthosporium oryzae* y escaldado de la hoja (*Rinchosporium oryzae*).

Cuadro 4. **Caracteres agronómicos descriptivos de seis cultivos anuales de importancia en la agricultura de los trópicos húmedos de la Amazonia.**

Cultivo	Especie	Características	Adaptación	Defectos	Utilización
Arroz	*Oryza sativa*	Herbácea erecta de 0.60 a 1.50 m de altura; período vegetativo 110 a 150 días.	Resistencia a insectos y enfermedades; no requiere inundación.	Bajo rendimiento potencial; relativa respuesta a la aplicación de fertilizantes.	Consumo directo en la alimentación.
Maíz	*Zea mays*	Erecta de 1.50 a 2.00 m de altura; período vegetativo de 90 a 120 días.	Poco resistente a suelos ácidos y Al; poco resistente a altas temperaturas diurnas y nocturnas.	Muy atacado por insectos y enfermedades.	Verde para la alimentación; cultivo industrial para harinería.
Soya	*Glycine max* (L) Merr.	Herbácea, erecta de 0.30 a 1.50 m de altura; buen potencial de rendimientos.	Requiere condiciones favorables de fertilidad y humedad.	Baja viabilidad de la semilla; requiere de *Rhizobium* especial.	Industrial; consumo directo; forraje y cobertura.
Maní	*Arachis hipogaea* L.	Herbácea, rastrera y con racimo; período vegetativo de 100 a 180 días.	Mejor en suelos arenosos; madura en épocas de fuerte sol.	Susceptible a las enfermedades del follaje; difícil de cosechar manualmente.	Cultivo industrial (aceite y torta); seco se consume como alimento.
Caupí	*Vigna unguiculata* (L) Walp	Erecta, de rápido crecimiento; de 0.40 a 1.50 m de altura; período vegetativo de 65 a 180. días.	Se adapta a suelos arenosos y arcillosos y a altas temperaturas.	Susceptible a insectos y enfermedades.	Se consume como legumbre, y seco como forraje y cobertura.
Yuca	*Manihot* sp.	Tallo erecto; de 1.50 a 2.00 m de altura; período vegetativo 10, 12 o más meses.	Resiste calor, suelos ácidos y Al intercambiable.	Susceptible al ataque de insectos y enfermedades; cosecha difícil.	Como cultivo industrial (harinas) o para consumo directo.

En el área amazónica, principalmente en Brasil, se ha dado fuerte impulso al cultivo de arroz en las várzeas, y el potencial de estos suelos para el cultivo estacional del arroz parece ser promisorio. En Perú se han adaptado en la Estación Experimental de San Roque, Iquitos, dos variedades ("Chancay" e "Inti") con rendimientos de 3.5-4.0 y 4.0-5.0 ton/ha, respectivamente; ambas son resistentes al añublo y tienen un período vegetativo de 120 a 130 días. En el caso de Brasil, la UEPAE de Manaus ha introducido líneas provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, del IRRI (Filipinas), y del Instituto Agronomico de Campinas (IAC) en Brasil. Los resultados preliminares indican rendimientos entre 4.0 y 5.0 ton/ha. Actualmente se está sembrando la variedad denominada BR-1, cuyo rendimiento a nivel experimental alcanza 5.0 ton/ha.

Maíz. Es el cultivo alimenticio que ocupa el segundo lugar en cantidad producida en América tropical, a pesar de ocupar el primer lugar en área sembrada. En la Amazonía, el maíz es parte de los sistemas de la agricultura migratoria; sin embargo, los cultivares normalmente empleados son de baja productividad, de porte alto, susceptibles al volcamiento, a la baja fertilidad y, sobre todo, a la toxicidad por Al.

La selección de variedades en Yurimaguas se inició en 1976 con el objeto de obtener: a) variedades de alto potencial productivo en sistemas de cultivo con alta y baja energía; b) tolerancia a las enfermedades y plagas prevalecientes, como helmintosporiosis (*Helminthosporium* sp.), pudrición de la mazorca (*Diplodia* sp.) y barrenador del tallo (*Ostrinia nuvelalis*); c) plantas de porte bajo para evitar el volcamiento; y d) selección de poblaciones no híbridas a fin de que los agricultores puedan seleccionar y producir su propia semilla.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) tiene amplia información sobre este cultivo. Cerca de 20 selecciones tropicales provenientes del germoplasma del Programa Nacional de Maíz y del CIMMYT se han probado, utilizando como testigo un compuesto denominado "Amarillo Planta Baja" y las variedades tradicionales Polvozera y Cuban Yellow, y un híbrido específico para la selva del Perú, el PMC-747. Estas selecciones han demostrado buen potencial productivo, buena distribución fotosintética y buenas cualidades de llenado de grano, aunque el tamaño de las plantas es una de sus principales desventajas.

En Brasil, la UEPAE de Manaus está probando 20 cultivares oriundos del CIMMYT y compuestos mejorados con genotipos existentes en la Amazonía (Crioula de Roraima, Cavalo, Común, Boca de Acre y Vermelho). Los resultados hasta el presente indican que para suelos de

várzea, la variedad Piranão sembrada en septiembre y octubre produce rendimientos de 4.5 ton/ha. En oxisoles, con una buena fertilización, las variedades Piranão, Mezcla Amarilla, Suwana OMR (PoR-105), Amarillo dentado (BR-104), Tropical Intermediate, Yellow Funky Por 21 presentan buen comportamiento.

Soya. En los últimos tiempos se ha incrementado constantemente su área de cultivo. Principalmente se encuentra diseminada en Brasil y Colombia. Aunque su habitat se localiza primordialmente en las regiones húmedas (Rachie y Roberts, 1974), se ha obtenido producción en elevaciones intermedias y latitudes tropicales más altas. Existe abundante literatura sobre el cultivo de la soya para las condiciones descritas, pero para el caso de la cuenca amazónica esta información es todavía bastante escasa.

En Yurimaguas el cultivo fue introducido en 1974 como parte del Programa de Suelos Tropicales para servir como cultivo anual en una rotación de arroz-maíz-soya. La soya ha mostrado una gran adaptabilidad y rendimientos de grano que llegan a 3.5 ton/ha dadas condiciones óptimas de manejo y fertilidad de suelo.

La mayoría de los cultivares con que se cuenta en la actualidad provienen de Estados Unidos, siendo los más adaptados Improved Pelikan, National y Jupiter. De los tres, Jupiter se ha mostrado mucho más tolerante a la baja fertilidad de los suelos y, sobre todo, a la toxicidad de Al. También es importante el hecho de que los agricultores han aceptado el cultivo y lo usan para consumo doméstico y venta en el mercado local en el cual existe constante demanda, y se está haciendo popular la preparación de leche, harina y queso de soya.

La selección del cultivo de soya está dirigida también a buscar tolerancia a enfermedades que impiden su desarrollo, principalmente durante períodos de lluvia prolongados. Estas enfermedades son la mancha foliar (*Cercospora sojina*), tizón de la vaina y del tallo (*Diaporthe phaseolorium, D. varsojae*) y mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*). Todas reducen los rendimientos y calidad de la semilla, sobre todo en clima húmedo y en época de llenado del grano. Otro aspecto de importancia es la selección de genotipos con buena viabilidad y almacenamiento de semilla.

Al respecto, desde septiembre de 1979 se están probando 16 cultivares seleccionados para los trópicos, en cooperación con el International Soybean Program (INTSOY). Entre los que han demostrado un buen potencial de rendimientos y buenas características agronómicas están Hardee, Davis, Tunía e Improved Pelikan.

Maní. Cultivo introducido en 1974 a la zona de Yurimaguas para rotación dentro del Proyecto Internacional de Suelos Tropicales INIA-NCSU. El maní aparentemente no tiene limitaciones en cuanto a la fecha de siembra, su nodulación es abundante y las bacterias nitrificantes nativas son muy eficientes.

Uno de los problemas del maní es la incidencia de trips, probablemente *Schtothrips dorsalis* y *Frankliniella schultzea* que podrían ser agentes causales de una virosis incipiente. En cuanto a la roya (*Puccinia arachidis*), la resistencia a ésta se encuentra precisamente en el cultivar nativo peruano Blanco de Tarapoto (PI 259747), que está siendo utilizado en los programas de mejoramiento a nivel mundial.

Los bajos niveles de Ca en el suelo parecen ser el principal factor limitante; sin embargo, con el encalado se vienen observando excelentes resultados.

Caupí. Es un producto de gran importancia en la dieta de la población amazónica, y está considerado como el cultivo más extendido en el Estado de Amazonas (Brasil) debido a sus propiedades organolépticas, su alto contenido proteínico y calórico.

El caupí ha adquirido especial importancia en el trópico húmedo en razón de que allí el fríjol común (*Phaseolus vulgaris*) no se adapta a las condiciones ecológicas y es muy susceptible a plagas y enfermedades; además, la demanda local y nacional de caupí es mayor que la del arroz.

Con la ayuda del IITA, 28 líneas, 19 indeterminadas semierectas y 9 determinadas, se han comparado con un cultivar local determinado en Perú. Los resultados preliminares indican que las líneas indeterminadas son las que mejor se adaptan a las condiciones del área para el caso de cultivos en rotación consecutiva, debido principalmente al mayor período de floración y formación de la vaina que determina una menor susceptibilidad a la sequía, al aborto de flores y al ataque de trips, y al mejor aprovechamiento del N residual, que permite a las plantas permanecer verdes durante todo el período de cosecha. De esta manera se puede incorporar una mayor masa vegetal en el suelo, y la actividad de los nódulos no se paraliza durante el período de llenado de la vaina.

Cuando se trata de cultivos intercalados, un cultivar precoz del tipo determinado es el más deseable debido a la menor competencia con el crecimiento lento del cultivo acompañante.

En el Estado de Amazonas (Brasil), se han introducido decenas de cultivares que han sido probados en oxisoles y suelos de várzea, destacándose la variedad IPEAN V-69, oriunda de Pará, cuyo rendimiento es de 1.5 ton/ha, y tiene un gran potencial para las condiciones del trópico húmedo.

Yuca. Se la conoce también en el trópico con los nombres de cazabe, mandioca y tapioca. Es una raíz tropical ampliamente cultivada en suelos infértiles, frecuentemente muy ácidos. Como da buenos rendimientos en condiciones de baja fertilidad, a menudo es el último cultivo que se siembra dentro de un ciclo rotativo de cultivos.

En el pasado, el mejoramiento de la yuca recibió muy poca atención, pero en años recientes el CIAT le está dando la importancia que realmente merece.

Las experiencias en el llano amazónico indican que la yuca se adapta a grandes áreas de oxisoles y ultisoles por su gran habilidad para desarrollarse con niveles bajos de nutrimentos, alta acidez y concentraciones elevadas de Al y Mn. Es altamente tolerante a la sequía y se comporta bien aun en áreas donde las lluvias no están uniformemente distribuidas.

En la Amazonía se calcula que el consumo per capita alcanza un promedio de 65 kg/habitante por año, y los rendimientos, aun sin fertilizantes, varían de 8 a 20 ton/ha de raíces.

Los programas de identificación de cultivares más productivos buscan aquellos más adaptados a las condiciones de suelo y clima existentes. Para el área de influencia de Yurimaguas, se han probado selecciones nativas recolectadas en el Huallaga Central y Yurimaguas. Hasta el momento se han determinado como las más promisorias las siguientes variedades con períodos vegetativos de 11 meses: Palo Blanco-Y (45 ton/ha), Amarilla-Y (30 ton/ha), Motelo Blanco-HC y Motelo Rumo-HC (27 ton/ha), y Rica Chica (26 ton/ha). No existen mayores problemas de orden económico en cuanto a enfermedades e insectos.

En la zona amazónica de Brasil se ha encontrado que las variedades más satisfactorias para tierra firme son Aroari Grande y Olha Raxo, mientras que para áreas de várzea las mejores son Juriti (21 ton/ha), Mae Joana (20 ton/ha), Macaxeira Amarela (18 ton/ha) y Manivao o Tucuma (13 ton/ha). También se encuentran en evaluación más de 200 clones del banco de germoplasma del Centro Nacional de Pesquisas de Mandioca e Fruticultura (CNPMF) con la idea de seleccionar cultivares con

rendimientos superiores a los actuales. El principal problema encontrado en esta área es el superalargamiento causado por el hongo *Sphaceloma manihoticola.*

Sistemas de Cultivos con Plantas Anuales

Los cultivos anuales como parte de los sistemas agrícolas han sido examinados en la zona del trópico húmedo amazónico.

Sistema intercalado. Es el cultivo de dos o más especies que se desarrollan simultáneamente, ya sea en el mismo surco o surcos alternos en una misma área, o en la misma área pero no en surcos.

Sistema de relevo. Consiste en sembrar un segundo cultivo antes de cosechar el primero, particularmente durante su floración.

Sistema consecutivo. Es la siembra de un cultivo subsiguiente después de haber sido cosechado el anterior, que puede ser una misma especie (monocultivo) o diferentes especies (rotación).

Sistema intercalado

Es el más utilizado de todos los sistemas de cultivo en el trópico húmedo amazónico. La práctica común en esta zona es sembrar simultáneamente arroz de secano, maíz, yuca y plátano, y a veces piña.

El arroz es el primer cultivo que normalmente se siembra a distancias aproximadas de 50 a 60 cm; el maíz y la yuca se siembran con un espaciamiento de 1.0 a 2.0 m, y el plátano y la piña a una distancia de 3.0 a 5.0 m, lo que permite un adecuado desarrollo de su follaje después de la cosecha del arroz. Después de cosechada la yuca, en algunos casos se siembran plantas hortícolas o leguminosas, a las que no afecta la sombra, para utilizar el espacio entre las plantas de plátano.

Los resultados experimentales obtenidos en Yurimaguas (Wade, 1978) indican que cultivos intercalados de maíz y soya en el mes de mayo, yuca en los surcos del maíz en el mes de julio, yuca y caupí en crecimiento en el mes de septiembre (Figura 2), presentan una Relación de Equivalencia de Tierra (RET) (Land Equivalent Ratio) de 1.15. Un valor RET mayor de 1 refleja la ventaja relativa del cultivo intercalado en relación con el monocultivo, y los dos primeros decimales, el porcentaje de diferencia.

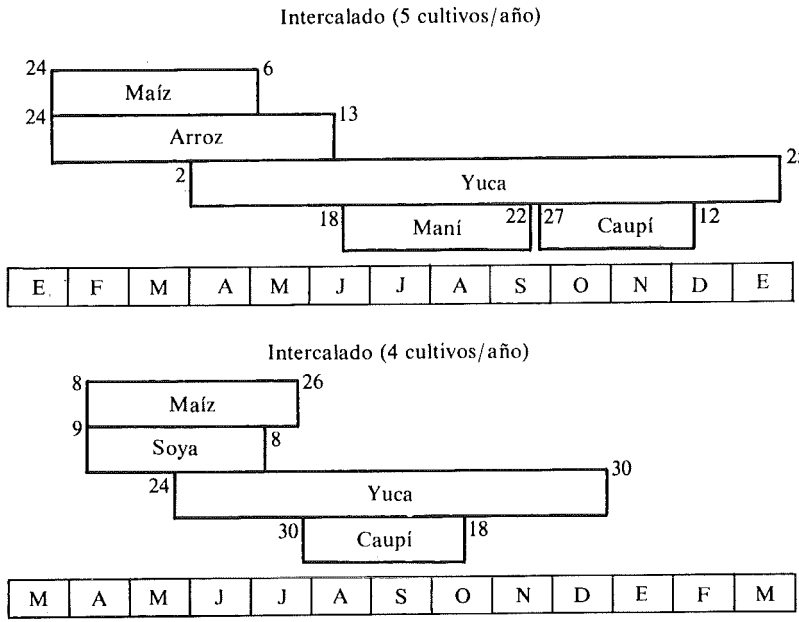


Figura 2. *Sistemas de cultivo intercalados usados en Yurimaguas.* (Fuente: North Carolina State University, 1974-78)

Wade (1978) incrementó el número de cultivos a cinco por año utilizando el modelo de la Figura 2. El sistema intercalado en términos generales disminuyó el rendimiento individual de cada cultivo, expresado en ton/ha (Cuadro 5). Sin embargo, la RET calculada para los tres sistemas intercalados fue siempre mayor de 1. Así, por ejemplo, la combinación arroz-maíz, sin aplicación de N, dio una RET de 1.62.

El cultivo intercalado maíz-arroz se complementa muy bien; el maíz se desarrolla más rápidamente que el arroz durante los primeros tres meses y se cosecha antes del espigado. El arroz al comienzo crece lentamente retardado por el maíz y después se desarrolla hasta la maduración con rendimientos relativamente altos. Este es un caso en el cual el factor crítico radica en la diferencia en el período de maduración: el maíz se cosecha a los 105 días y el arroz a los 140 días después de la siembra. En Manaus, Brasil, en suelos de várzea (César, 1978), se ha demostrado la viabilidad económica del cultivo intercalado de yute (*Corchorus capsularis* L.), sembrado 30 a 45 días después del maíz.

Cuadro 5. **Rendimiento de los cinco sistemas intensivos de cultivos múltiples en Yurimaguas, 1975.**

Sistema de cultivo	Cultivo	Niveles de fertilizante		
		Nada	Bajo NPK-cal*	Alto NPK-cal**
			—— ton/ha ——	
1. Secuencia de cultivo triple	Arroz	1.78	2.37	2.34
	Maíz	0.24	0.64	0.79
	Maní	1.59	1.72	1.43
2. Intercalado en surcos en relevo	Arroz	1.42	1.42	1.57
	Maíz	0.10	0.30	0.60
	Maní	0.68	0.61	0.53
	Yuca	12.10	15.60	17.00
3. Intercalado en relevo, 2 semanas de superposición	Arroz	2.07	2.04	2.30
	Maíz	0.68	0.77	1.05
	Maní	0.78	0.95	1.22
	Caupí	0.23	0.21	0.17
4. Intercalado en relevo, 4 semanas de superposición	Arroz	2.21	2.65	2.67
	Maíz	0.14	0.36	0.40
	Caupí	0.47	0.62	0.52
5. Intercalado en filas, 3 secuencias	Arroz	1.31	1.40	1.57
	Maíz 1	0.06	0.34	0.62
	Maní	1.33	1.25	1.44
	Maíz 2	0.05	0.46	1.09
	Caupí	0.61	1.77	0.36
	Maíz 3	0.53	0.55	1.79

* 0.5 ton de cal/ha y 48 kg/ha de P incorporados antes de la primera siembra. El N y K aplicados a cada cultivo como sigue: (kg/ha de N y kg/ha de K), arroz 30y19; maíz 50y30; maní y caupí 0y30; maní y caupí 0y30; yuca 0y0.

** El doble de las cantidades anteriores.

Las ventajas inherentes a este sistema radican en la reducción de la competencia por la luz, agua y nutrimentos, en que se utiliza mejor la energía solar disponible y el manejo de los suelos, y el control de las enfermedades, insectos y malezas son más eficientes. Además permite el crecimiento de diferentes cultivos al año y, por ende, la diversificación de los alimentos. También se adapta mejor a las condiciones del pequeño agricultor quien normalmente dispone de mano de obra, pero carece de crédito para la compra de insumos y tiene áreas limitadas de cultivo.

Cuando se usan solamente cultivos anuales, estas experiencias no pueden generalizarse para cualquier área de la Amazonía, ya que un diseño

de cultivos intercalados requiere una cuidadosa atención a los detalles del tipo de suelo y fertilidad, tipo de planta, fechas de siembra, régimen pluvial, períodos críticos de mano de obra, etc. Sin embargo, los cultivos intercalados son los más dinámicos biológicamente, y permiten obtener altos niveles de productividad en explotaciones pequeñas y de bajo nivel tecnológico. En efecto, en la medida en que la explotación tiende al tipo intensivo y comercial, el cual requiere mayor tecnología y mayores rendimientos que los cultivos individuales, el sistema intercalado no parece ser más adecuado que el sistema de cultivo intensivo en rotación, el cual se discutirá más adelante.

Es necesario aclarar, sin embargo, que el cultivo intercalado de plantas perennes y anuales ofrece perspectivas halagadoras cuando se dispone de suficiente capital. Así, por ejemplo, en Manaus, Melo (1978) ha diseñado con éxito un sistema intercalado de maíz-caupí, en áreas de plantaciones permanentes de caucho (*Hevea brasilensis*) y guaraná (*Paullenia cupana*).

Sistema de relevo

La siembra de un segundo cultivo en forma consecutiva antes de la floración o cosecha del primero es una alternativa que permite cosechar un mayor número de cultivos anuales que los obtenidos en el sistema consecutivo en rotación. Las ventajas comparativas son una menor inversión de capital y mano de obra, ya que el sistema de relevo requiere una sola preparación y fertilización al año, reducción del riesgo de erosión, y mejor control de malezas y, sobre todo, debido a un menor período de competencia entre cultivos, permite obtener rendimientos relativos más altos que los otros sistemas intercalados.

Este sistema ha sido experimentado en Yurimaguas (Wade, 1978; Bandy y Benites, 1977), y los resultados indican que es posible obtener hasta seis cultivos al año con la adición selectiva de fertilizantes. Hildebrand (1976) obtuvo en El Salvador hasta siete cultivos, pero se deben tener en cuenta varios factores locales para obtener una combinación adecuada de cultivos, variedad, espaciamiento, época y densidad de siembra, y efecto sobre el siguiente cultivo Bandy y Benites (1977) muestran que la siembra de la yuca dentro del surco del maíz 20 ó 30 días antes de su cosecha permite su crecimiento acelerado; sin embarbo, el cultivo subsiguiente puede ser afectado. El Cuadro 6 muestra lo que sucede cuando el maní y la yuca se siembran al mismo tiempo, en comparación con la siembra del maní 20 días después de la yuca.

Cuadro 6. **Rendimientos de maní y yuca intercalados en tres modalidades de relevo.**

Siembra del maní respecto a la yuca	Rendimiento	
	Maní	Yuca
	kg/ha	
Al mismo tiempo	1264	15,400
20 días después	596	16,800
20 días después (las plantas de yuca se cortan a una altura de 15 cm)	948	16,500

Monocultivos

El sistema de cultivo continuo de una misma planta, según la experiencia de Yurimaguas, ha producido una drástica y continua disminución del rendimiento de cultivos anuales tales como maíz, arroz, soya y maní. El Cuadro 7 muestra la reducción de rendimientos debido al clima, enfermedades e insectos en la práctica del monocultivo.

Cuadro 7. **Reducción de rendimientos (en ton/ha) debida a la práctica del monocultivo en Yurimaguas.**

Cultivo	Secuencia de monocultivos					
	1	2	3	4	5	6
Maíz	4.0	4.4	2.7	1.5	1.7	1.6
Arroz	3.9	3.3	3.1	2.5	1.4	1.3
Soya	3.4	2.5	3.5	3.4	2.2	1.0
Maní	3.3	3.0	2.5	2.0	2.5	2.1

En el caso del arroz de secano, el principal factor limitante para su cultivo continuo es la falta de lluvia en ciertos períodos del año y la alta incidencia de helmintosporiosis causada por *Helminthosporium oryzae*. Durante períodos de falta de humedad, normalmente la población de plantas es pobre, no sólo por la sequía, sino porque el arroz se vuelve susceptible al fuerte ataque de topo-grillos o verraquitos de tierra (*Gryllotalpa sp.*), que devoran las plántulas poco después de la germinación.

El monocultivo del maíz, además de sufrir escasez de agua, presenta una incidencia gradual de infestación del barrenador del tallo (*Ostrinia*

nuveladis). La maduración del cultivo durante los períodos de alta precipitación ocasiona dificultades en el proceso de secado, lo que produce la presencia de hongos que afectan seriamente las mazorcas. Tal es el caso de la pudrición de la mazorca causada por *Diplodia* sp.

En el caso de la soya, la distribución de la lluvia tiene una relación directa con el ataque de enfermedades por hongos. Cuando la maduración ocurre durante la estación lluviosa, tanto las vainas como los granos son atacados frecuentemente. Por otro lado, el déficit de agua durante la floración afecta la formación de la vaina y el llenado de grano; tanto las flores como las vainas abortan, y los granos que se logran son de tamaño pequeño.

No parece haber restricciones de importancia para el monocultivo del maní; sin embargo, se presenta un descenso en los rendimientos estrechamente relacionado con el ataque de trips, y el incremento de la población de nemátodos (*Pratylenchus* sp.), cuyo control es antieconómico.

Se puede concluir que el monocultivo de plantas anuales no parece ser una alternativa económica para las condiciones estudiadas, y que este sistema crea ambientes propicios para la proliferación de agentes patógenos; no obstante, la mayoría de los factores adversos mencionados no se presentan en un sistema continuo rotativo.

Sistema consecutivo de cultivos anuales en rotación

Este sistema de cultivo continuo intensivo de plantas en una misma área bajo las condiciones estudiadas eliminó prácticamente la mayoría de los factores limitantes encontrados en Yurimaguas en el sistema de monocultivo. La rotación de cultivos permitió determinar, para cada especie anual, las condiciones climáticas más favorables durante el año, la humedad del suelo adecuada a fin de evitar los excesos o déficit de agua, como también contrarrestar la proliferación e incidencia de insectos y enfermedades. La Figura 3 muestra la tendencia de los rendimientos cuando se cambió de una secuencia continua de arroz a la rotación de arroz-soya-maní. Como consecuencia lógica hubo modificaciones en los niveles de fertilización, los que estuvieron asociados con la introducción de la soya y el maní; sin embargo, las parcelas que nunca recibieron encalamiento y fertilización mostraron incrementos de rendimiento solamente por efecto de la rotación.

La posibilidad práctica y económica de mantener un sistema intensivo de rotación en una misma área por más de siete años se muestra también en la rotación (Figura 4).

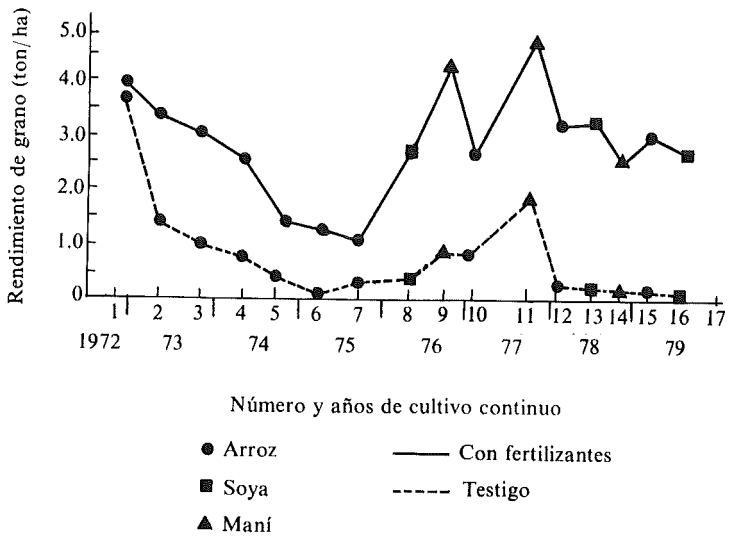


Figura 3. *Rendimiento de grano en un sistema de cultivo continuo arroz-soya-maní en Yurimaguas, 1972-1979.*

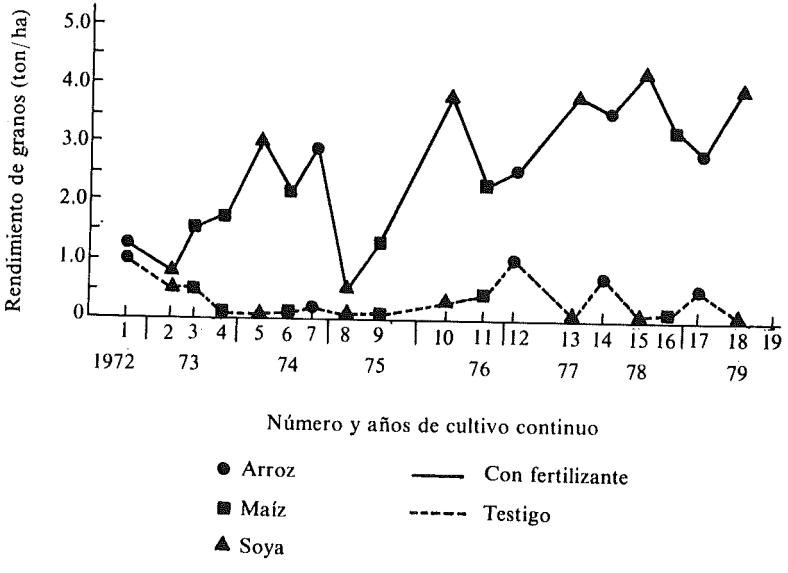


Figura 4. *Rendimiento de granos en un sistema de cultivo continuo arroz-maíz-soya en Yurimaguas, 1972-1979.*

Una vez que se determinó en el año 1976 la estrategia adecuada para manejar el suelo en ambas rotaciones, se pudieron obtener rendimientos promedio de granos del orden de 8-10 ton/ha/año en cultivos anuales (arroz-soya-maní y arroz-maíz-soya), los cúales se han repetido hasta ahora por más de tres años. Estos rendimientos son comparables a los obtenidos cuando cualquiera de estos cultivos se estableció en un terreno recién desmontado mediante el sistema tradicional.

El cultivo continuo en forma intensiva es posible en ultisoles y oxisoles en la Amazonía y constituye una alternativa viable para sustituir la agricultura migratoria existente, siempre y cuando se abastezcan estas áreas adecuadamente con semilla, fertilizantes y pesticidas.

Distanciamiento, población y época de siembra

El método tradicional de siembra y el espacio entre plantas depende de la cantidad de obstáculos tales como troncos, ramas, etc. y la forma como pueden evitarse en el campo. El arroz, por ejemplo, se siembra a una distancia de 50 x 50 cm; el màíz, la yuca y el caupí se intercalan después del arroz, alternando generalmente la yuca y el maíz, y espaciándolos a 4.0 x 2.0 m y 1.0 m, respectivamente; el caupí, una planta que crece muy rápidamente, se siembra al azar entre la yuca y el maíz.

Los experimentos sobre distanciamiento, población y época de siembra se llevan a cabo para cada especie con el objeto de explotar al máximo el potencial de las nuevas variedades de maíz, soya, maní, arroz, caupí y yuca. Los resultados se muestran en el Cuadro 8 e indican las épocas y densidades de siembra más adecuadas para los seis cultivos anuales probados. Estas fechas de siembra confirman la necesidad de una rotación de cultivos y la poca probabilidad de éxito con sistemas de monocultivo.

Los resultados registrados en Manaus (UEPAE, 1979), muestran densidades óptimas algo menores que en Yurimaguas, debido probablemente a la menor precipitación pluvial.

Malezas

Hay dos factores que probablemente obligan al colono a practicar la agricultura migratoria: la disminución gradual de la disponibilidad de nutrimentos del suelo, y la presencia y proliferación de malezas.

Se necesitan más de cinco años para que la purma elimine la mayoría de las malezas de tipo gramíneo.

Cuadro 8. **Distanciamiento, población y época de siembra de cultivos anuales en Yurimaguas, Perú, y Manaus, Brasil.**

Cultivo	Distanciamiento		Población		Epoca de siembra	
	Yurimaguas	Manaus	Yurimaguas	Manaus	Yurimaguas	Manaus
	cm		planta/ha		días y mes	
Maíz	80 x 25	100 x 40	50,000	25,000	20/ 7 a 15/10	25/10 a 15/12
Soya	60 x 8	(*)	200,000	(*)	01/ 9 a 01/10	(*)
Arroz	25	30 x 30	25,000—100,000	30,000—35,000	15/10 a 01/02	01/10 a 30/11
Maní	60 x 11	(*)	150,000	(*)	01/04 a 30/09	(*)
Caupí	50 x 10	40 x 10	200,000	250,000	15/05 a 30/07	01/08 a 30/09
Yuca	100 x 50	100 x 100	20,000	10,000	Todo el año	01/11 a 30/01

(*) Sin información.
Fuente: INIA-NCSU EMBRAPA-UEPAE.

De esta manera, si el agricultor desmonta un bosque secundario antes de que las malas hierbas hayan sido eliminadas naturalmente, no consigue normalmente un segundo cultivo, ya sea de arroz o de maíz, debido a su incapacidad de controlar las malezas; por otro lado, el abastecimiento de nutrimentos a través de las cenizas es inadecuado por la menor cantidad de biomasa quemada. Una alternativa al crecimiento secundario del bosque podría ser una rotación prolongada con kudzú (*Pueraria phaseoloides*), toda vez que un año de siembra de esta leguminosa contrarresta el desarrollo de las malezas. Este problema es tan grave que no es posible en muchos casos obtener rendimientos de arroz o maíz con una sola desyerba. Bandy (1977) pasó de 1.0 a 3.4 ton de arroz/ha con una a tres desyerbas, respectivamente. Cuando el problema fundamental son las malezas, el éxito de un cultivo anual en las condiciones del trópico húmedo es su control preventivo o temprano.

Las malezas más comunes en áreas cultivadas con maíz, maní y soya en la zona de Yurimaguas son ilusión (*Panicum trichoides*), pata de gallina (*Eleusine indica*), bolsa mullaca (*Physallis angulata*), chanca piedra (*Pyllantus niruri*), airambo (*Taunum paniculatum*); amor seco (*Bidens pilosa*) usualmente se presenta en el cultivo de yuca. Otras malezas frecuentes son paja comino (*Homoleasis arvensis*), moco de pavo (*Echinochloa crusgalli*), ucsha (*Leptochida filiforms*), remolina (*Panicum virgatum*) cortadera (*Cyperus diffusus*) y caballousa (*Triunfeta lappula*) (Lewis, 1979).

Coberturas (mulches)

El uso de coberturas como práctica agronómica para cultivos anuales en el trópico húmedo permite conservar la humedad del suelo, controlar las malezas, reducir la compactación, disminuir la temperatura, e incrementar la tasa de infiltración del agua en el suelo. Por otro lado, tiene también desventajas durante el período de intensas lluvias pues la humedad del suelo permanece cerca del punto de saturación ocasionando problemas de encame, así como un medio ambiente favorable para la proliferación de enfermedades.

El Cuadro 9 muestra la gran variabilidad del efecto de las coberturas en el rendimiento en los cultivos de maíz, arroz, soya y maní. En un período de cuatro años y para 22 cultivos, el incremento de rendimiento en la mayoría de los casos fue mínimo. En el caso del arroz el efecto fue negativo, pero no hubo mayor diferencia en el cultivo de soya.

Cuadro 9. **Efecto de la cobertura sobre los rendimientos de varios cultivos.**

Experimento	Cultivo	Rendimiento		Autor	Fecha
		Con cobertura	Sin cobertura		
		kg/ha			
Sistema 1	Soya	2450	1840	D. Bandy	Julio 1979
Sistema 3	Maíz	3950	2710	D. Bandy	Julio 1979
Sistema 3	Arroz	1870	2800	D. Bandy	Feb. 1979
Sistema 1	Arroz	1850	2800	D. Bandy	Feb. 1979
Sistema 3	Soya	2800	3110	D. Bandy	Oct. 1978
Sistema 1	Maní	2350	2320	D. Bandy	Oct. 1978
Sistema 3	Maíz	4530	4040	D. Bandy	Jun. 1978
Sistema 1	Soya	3120	2920	D. Bandy	Jun. 1978
Sistema 3	Arroz	2640	3000	D. Bandy	Ene. 1978
Sistema 1	Arroz	2650	2630	D. Bandy	Ene. 1978
Sistema 1	Maní	2800	2200	D. Bandy	Sept. 1977
Sistema 3	Maíz	4300	3900	D. Bandy	Sept. 1977
Sistema 3	Arroz	2063	2589	D. Bandy	Feb. 1977
Sistema 1	Arroz	1298	2445	D. Bandy	Feb. 1977
Sistema 3	Maíz	2965	3610	H. Villachica	Abr. 1976
Sistema 1	Soya	2213	2546	H. Villachica	Abr. 1976
Sistema 3	Soya	1933	2300	H. Villachica	Sept. 1976
Sistema 1	Maní	4167	4133	H. Villachica	Sept. 1976
Rastrojos	Soya	1000	1040	M. Wade	1974
Rastrojos	Caupí	640	740	M .Wade	1975
Rastrojos	Maní	2530	2880	M. Wade	1975
Rastrojos	Arroz	2310	2740	M. Wade	1975
Promedio		2556	2488		

Experimentos sobre fechas de siembra de la soya, con y sin cobertura (Figura 5), no mostraron mayores ventajas en cuanto al rendimiento con excepción de la fecha de siembra en octubre; esta estrecha correlación se debió a un período seco que se presentó en febrero de 1979 (59 mm de lluvia/mes), el cual coincidió con la fecha del llenado del grano.

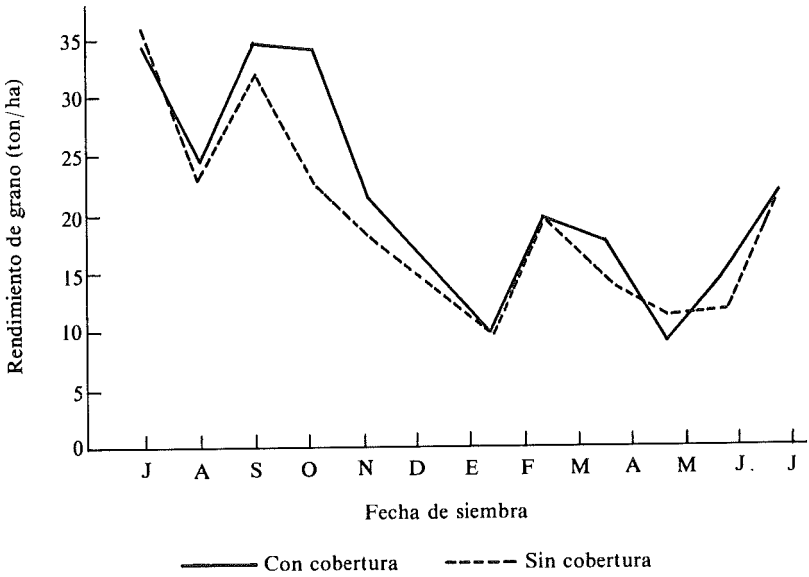


Figura 5. *Efecto de la cobertura en el rendimiento de soya en relación con las fechas de siembra.*

El uso de la cobertura en el verano fue benéfica para el maíz cuando hubo deficiencia de agua durante el ciclo de crecimiento. El cultivo de maní usualmente respondió a las coberturas. Los resultados de los experimentos sobre épocas de siembra muestran que hubo ventajas en ciertas épocas del año (Figura 6).

El efecto de las coberturas en la temperatura del suelo, las malezas y la menor pérdida de agua ha sido estudiado por Wade (1978). El encontró que la temperatura de los 10 cm superiores del suelo disminuye 2°C durante los días calientes y cerca de 5°C en la tarde, gracias a las coberturas.

Se puede afirmar, en términos generales, que las coberturas tienen un efecto favorable sobre el control de la humedad durante períodos secos del año. Por el contrario, con excesos de precipitación tienen efectos negativos, especialmente en el caso del arroz.

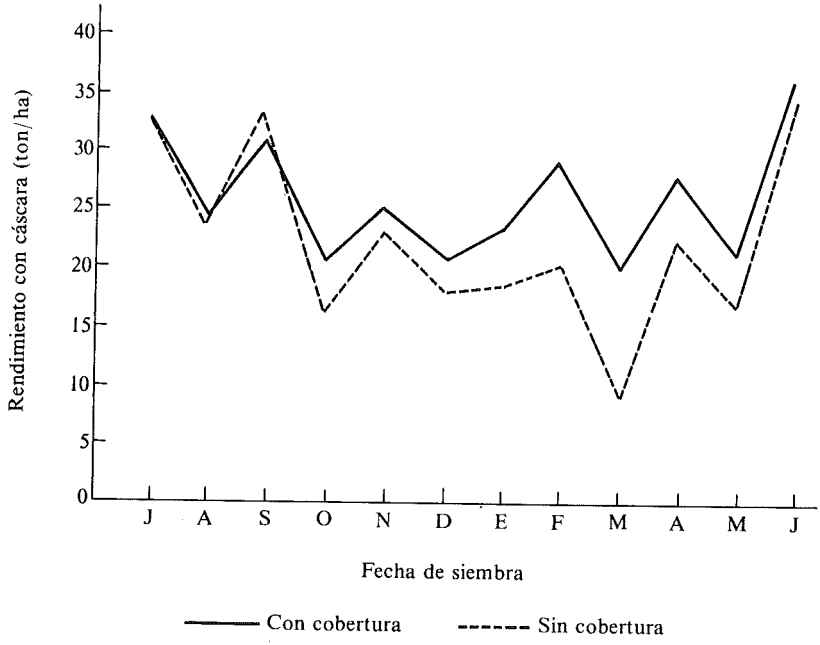


Figura 6. *Efecto de la cobertura en el rendimiento de maní en relación con las fechas de siembra.*

Fertilización

Nueve años de investigación en un ultisol típico del área de Yurimaguas indican que es factible obtener rendimientos adecuados de arroz, maíz, soya y maní en forma continua. La clave del éxito radica en un manejo apropiado del suelo y sobre todo en el conocimiento de las modificaciones de la fertilidad.

Los requerimientos para mantener un adecuado nivel de fertilidad se han investigado desde 1972, usando diferentes sistemas de cultivo (ver Figs. 3 y 4) y dosis de fertilizantes y enmiendas (North Carolina State University, 1973, 1974, 1975, 1976; Sánchez, 1979; Bandy y Benites, 1977; Villachica, 1978; Bandy, 1979, e información inédita). Las experiencias y datos obtenidos indican que se pueden definir etapas en los cambios químicos dentro de la dinámica del suelo y su relación con el abastecimiento de nutrimentos, el cual está como ya se indicó, íntimamente ligado al sistema de desmonte. Al respecto, se recomienda que todo nuevo terreno sea desmontado mediante el sistema de roza, tumba y quema ya que las cenizas aportan nutrimentos para la primera siembra de arroz o yuca, obteniéndose generalmente buenos rendimientos.

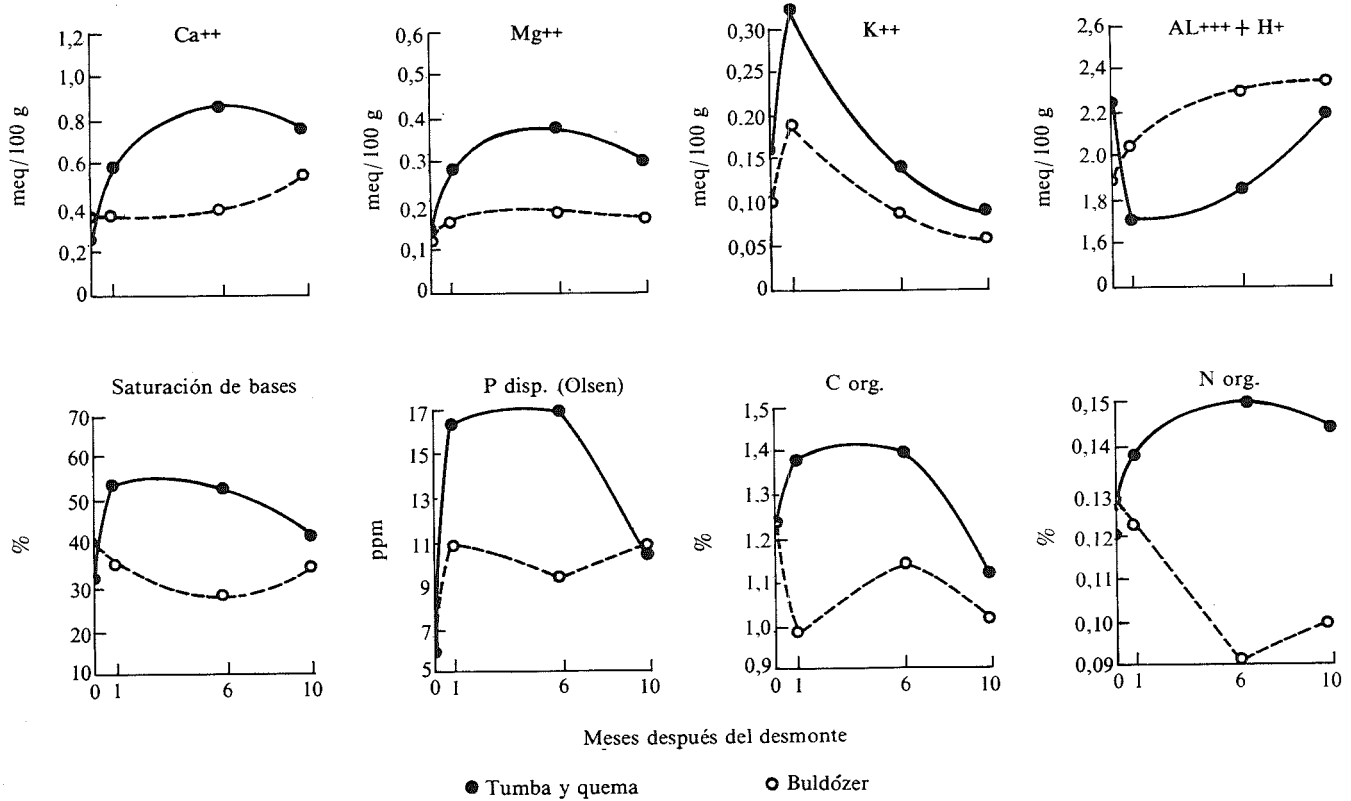


Figura 7. *Cambios químicos en la capa arable de un ultisol arenoso en función del tiempo y método de desmonte en Yurimaguas, Perú.* (Fuente: adaptado de North Carolina State University, 1974).

De no existir aporte de nutrimentos por las cenizas, la aplicación de fertilizantes es absolutamente indispensable, sobre todo si la primera siembra es de un cultivo menos adaptado a las condiciones de los suelos ácidos, tal como sería el caso del maíz, maní o soya.

Después del primer cultivo se presentan deficiencias de N debido a la disminución de la materia orgánica durante el primer año; generalmente el nivel de K es menor de 0.2 meq/100 g, considerado crítico para el crecimiento y desarrollo normal, sobre todo del cultivo de maíz; asimismo, la saturación de Al aumenta a niveles tóxicos para el maíz, la soya y el maní. En cuanto al P, normalmente llega a niveles críticos (12 ppm - Olsen), lo mismo que el Mg intercambiable.

Lo anteriormente mencionado obliga a la aplicación de fertilizantes de NPK y enmiendas para abastecer el suelo de Ca, Mg, reducir la saturación de Al a niveles no tóxicos y alcanzar un pH no menor de 5.5. Mediante curvas de neutralización de la acidez y de fijación de P (Fig. 8), y después de ejecutar decenas de experimentos de campo, se ha determinado que mediante la aplicación de niveles de 80-50-80 kg/ha de N-P-K más la adición de 2-4 ton/ha de cal, se pueden conseguir rendimientos aceptables de arroz, maíz, soya y maní. Tratándose de la soya y el maní, no hay necesidad de aplicar N debido a la fijación simbiótica de este elemento.

Wade (1978) señala que sin las enmiendas calcáreas, el suelo se torna extremadamente ácido y con un alto contenido de Al. Los cultivos producen rendimientos máximos cuando la saturación de Al se reduce a 30 por ciento o cuando el contenido de Ca + Mg se incrementa a más de 2 meq/100 g de suelo, lo que indica claramente que el encalado reduce la toxicidad del Al y que los cultivos responden también al suministro de Ca.

Debido a los bajos niveles de S y elementos menores tales como B, Cu, y en algunos casos Mo y Zn, se realizaron experimentos de campo e invernadero encontrándose respuestas a la aplicación de estos elementos (Villachica, 1978). La deficiencia de S se puede controlar con el uso de superfosfato simple y la de microelementos con la aplicación de 1 kg de Cu/ha por cultivo, 1 kg de B/ha por cultivo y 1 g de Mo/kg de semilla (Villachica y Sánchez, 1980). La deficiencia de Zn se ha observado principalmente después del tercer año de cultivo continuo; actualmente se están haciendo aplicaciones de 1 kg de Zn/ha por cultivo.

Las dosis de N que deben aplicarse al arroz y al maíz sembrados después del segundo año y sucesivos varían de 80 a 120 y de 120 a 160 kg/ha de N, respectivamente, y dependen de si el cultivo se siembra después de una leguminosa o de una gramínea. La aplicación de 30 kg/ha de N, o la inoculación de la soya son suficientes para mantener buenos rendimientos.

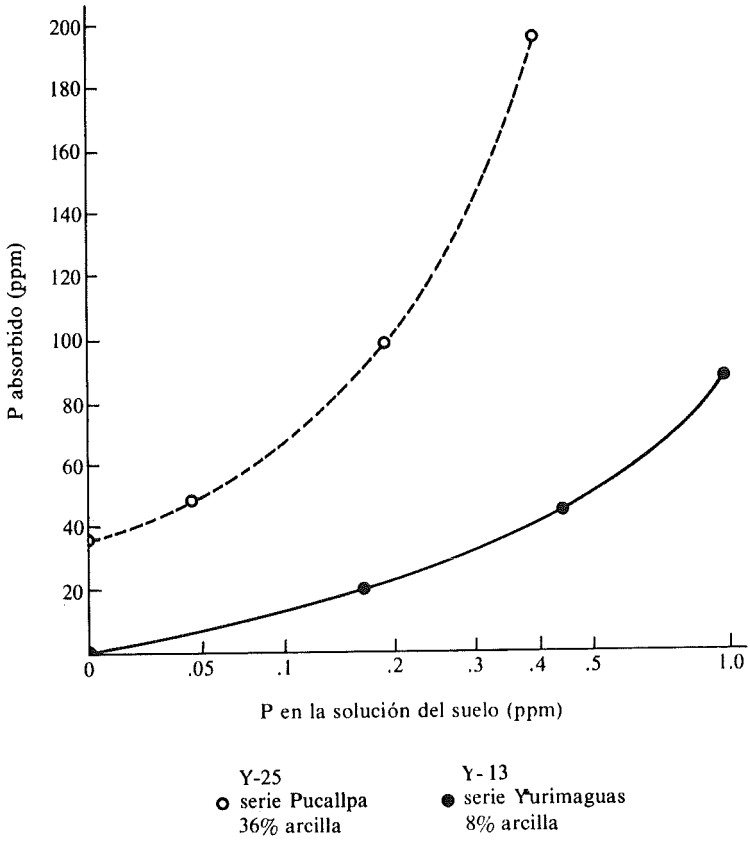


Figura 8. *Curvas de fijación de fósforo de los suelos de las series Yurimaguas y Pucallpa, Perú.* (Fuente: North Carolina State University, 1973).

La aplicación de fertilizantes potásicos debe hacerse teniendo presente la relación K/Mg. La aplicación de 99.6 kg/ha de K y 30 kg/ha de Mg ha dado buenos resultados en la mayoría de los casos en que la deficiencia de ambos nutrimentos es un problema. El uso de cal dolomítica para abastecer Mg podría ser ventajoso.

En el Cuadro 10 se presenta el esquema de un programa de fertilización para la producción continua de tres cultivos anuales en el sistema consecutivo mediante rotación.

Cuadro 10. **Esquema de un programa de fertilización para producción continua de tres cultivos anuales (arroz-maíz-soya, o arroz-maní-soya).**

Meses después del desmonte	Cultivo	Plan de fertilización
0	1	Desmonte: Roza, tumba y quema. Cultivo de arroz de porte bajo sin fertilizantes. Rendimiento 3 ton/ha. Realizar análisis para determinar saturación de Al.
5	2	Aplicar cal dolomítica a 1.5 veces la tasa de Al intercambiable e incorporar con tracción manual. Aplicar 100 kg de P/ha como superfosfato simple para corregir deficiencias de P y S. Aplicar 60 kg/ha y si no hay dolomítica agregar 30 kg de Mg/ha por cultivo.
12 y posteriores	5	Aplicación de mantenimiento (kg/ha por cultivo) de 50 P, 50-80 K, Mg para mantener la relación K:Mg cerca de 1:2. Aplicar 1 kg de B y 1 g de Mo por kg de semilla. Aplicar al arroz 80-120 kg/ha de N y al maíz 160/kg por ha. No aplicar N a la soya ni al maní. Realizar análisis de suelos cada 6 meses para verificar la toxicidad de Al y la deficiencia de P, K, Mg,S y micronutrimentos. Análisis foliares para determinar los niveles de nutrimentos y otras deficiencias. Aplicar 2 kg/ha de Cu cada 3 cultivos.
	9	Puede necesitarse encalado, análisis de suelo y foliar, verificar micronutrimentos y relación P:Zn. El Zn puede llegar a ser crítico.

Fuente: Villachica, 1978; Sánchez, 1979; Bandy, 1979.

En un suelo oxisol (latosol amarillo) de Manaus, Wilms, Stolberg y Carvalho (1979) estudiaron diversos niveles de fertilización en un sistema de rotación de caupí y maíz. Para obtener rendimientos de 1.5 ton/ha de caupí y aproximadamente 4.0 ton/ha de maíz, se necesitó la aplicación de P (132 - 88 - 66 kg/ha de P en tres años), K (74.7 kg/ha de K cada año) y cal (2 ton/ha de cal dolomítica al comienzo) para mantener un nivel mínimo de 5 ppm de P, 0.15 meq de K, y 30 por ciento de saturación de bases. El P fue el principal elemento crítico.

Con un adecuado manejo y el uso eficiente de los fertilizantes, los rendimientos en cultivos anuales en la Amazonia son equivalentes o mejores que en otras zonas tropicales. Así, por ejemplo, el arroz de secano agronómicamente bien manejado produce permanentemente 2.5-3.5 ton/ha; la soya. 1.5-2.5 ton/ha; el maní, 3-4 ton/ha (en cáscara) y la yuca entre 20 y 30 ton/ha de raíces. Una excepción es el maíz cuyos rendimientos, aun en condiciones óptimas, no superan 5 ton/ha.

Transferencia de Tecnología

A fin de incrementar los rendimientos tradicionales, fue necesario ejecutar un programa de transferencia de tecnología en las fincas de los pequeños agricultores. El propósito fue demostrarles cómo mantener una agricultura permanente y económica, y determinar la forma más adecuada de manejo práctico de los ultisoles de Yurimaguas bajo condiciones de campo.

Para tal efecto se determinaron tres niveles de tecnología, los cuales se compararon en once localidades diferentes. Los niveles son: I) tradicional, o sea la forma usual de agricultura, usando su propia semilla; II) tecnología baja, o sea el uso de prácticas agronómicas mejoradas tales como semilla mejorada, correcto distanciamiento y población de plantas, desyerbas y la aplicación de insecticidas cuando fuere necesario; y III) tecnología media, igual a la anterior, pero con el uso de encalado y fertilizantes a niveles medios.

Los resultados del primer año para el caso de cultivos anuales—maíz, arroz, soya y maní—con el sistema de tecnología media mostraron rendimientos estables (Figs. 9 y 10). El uso de semilla mejorada solamente en el sistema tradicional, y el correcto distanciamiento y población de plantas en el maíz incrementaron los rendimientos desde la primera hasta la tercera cosecha. a pesar del descenso en la disponibilidad de nutrimentos del suelo.

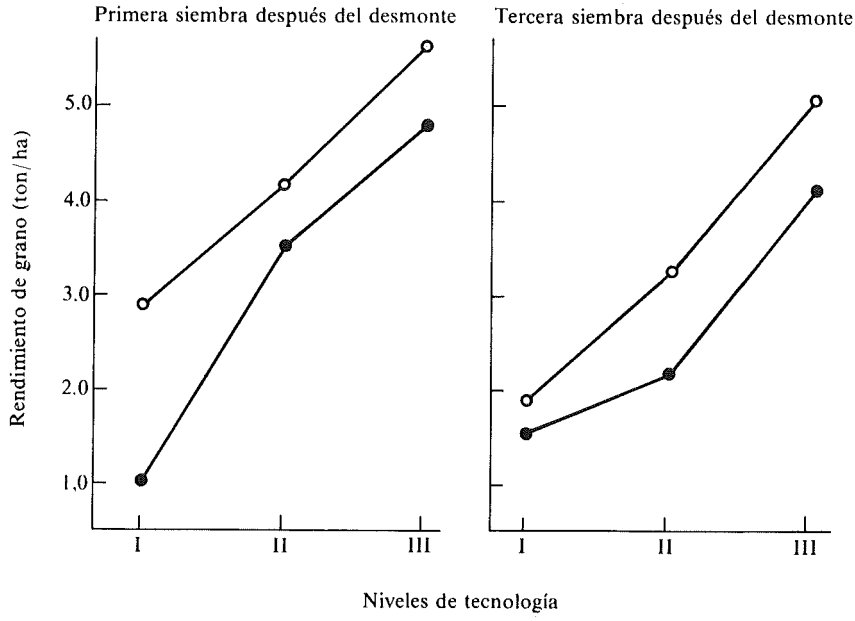


Figura 9. *Respuesta del maíz a tres niveles de tecnología y a Al intercambiable.*

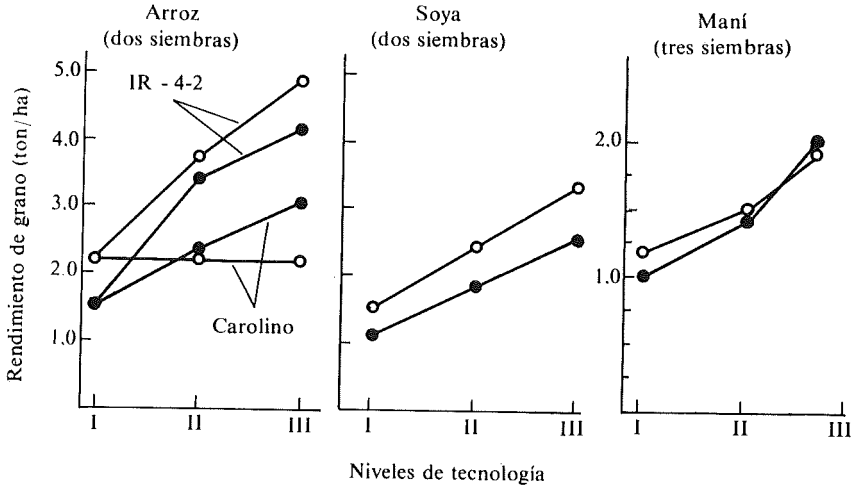


Figura 10. *Respuesta del arroz, la soya y el maní a tres niveles de tecnología en Yurimaguas. (Promedio de 11 predios de agricultores).*

Los colonos respondieron en forma positiva al uso de semilla mejorada (100%), insecticidas (100%), correcto distanciamiento y población (90%), desyerbas (60%) y fertilizantes (50%), pero no encalaron.

La desyerba es una práctica importante si el colono acepta la agricultura continua como una realidad. Sólo después de un año, el 60 por ciento de los colonos aceptó la necesidad de controlar las malezas continuamente; paralelamente, la mayoría de los colonos aceptó el incremento en crecimiento y vigor entre los sistemas I y III, pero no estaban seguros si éste se debía al uso de fertilizantes o al uso de la semilla mejorada. Ninguno de ellos comprendió la necesidad del encalado.

La única manera en que el colono acepta nuevas prácticas es cuando dispone de suficientes ingresos que le permitan asumir el riesgo de insumos caros. En promedio, el sistema II tuvo una tasa de retorno del 65 por ciento en favor del colono que sólo usó el sistema tradicional (Cuadro 11). Con la aplicación de cal y de fertilizantes, los colonos incrementaron sus ganancias en más del 90 por ciento, duplicando prácticamente sus ganancias anuales.

Necesidad de Investigación

Existe un gran número de interrogantes de carácter específico respecto al cultivo de plantas anuales en forma intensiva en el trópico húmedo de la Amazonía. Sólo consideramos aquellos que creemos son de carácter general y revisten prioridad:

- Estudios sistemáticos y detallados de las condiciones climáticas del trópico húmedo, con énfasis en la determinación de patrones de distribución de lluvias.

- Estudios cuantitativos detallados de clasificación de suelos de acuerdo con su vocación agrícola y con énfasis en su adaptabilidad para cultivos anuales.

- Alternativas de explotación de cultivos anuales con sistemas de producción que incluyan pastos y ganadería, cultivos permanentes y forestales.

- Mayor estudio de la diversidad genética de las plantas cultivadas anuales en las condiciones del trópico húmedo de la Amazonía.

- La respuesta de los cultivos anuales a los nutrimentos varía de acuerdo con las especies, variedad, disponibilidad de nutrimentos del suelo y prácticas propias del sistema de cultivo.

Cuadro 11. **Análisis económico preliminar de tres niveles de tecnología en ocho fincas en Yurimaguas, 1979.**

Ubicación de la finca	Nivel	Rendimiento ton/ha	Costo cosecha*	Costo prod./ha**	Utilidades	Efecto del sistema
			Soles $1000			%
Km 15	I	2.9	258	0	258	0
	II	4.6	445	53	392	52
	III	7.2	580	119	461	79
Munichis	I	2.4	204	0	204	0
	II	6.8	510	53	457	124
	III	8.6	658	119	559	164
Callao	I	2.2	216	0	216	0
	II	5.2	465	53	415	92
	III	7.6	675	119	556	157
Km 8	I	4.9	366	0	366	0
	II	7.2	553	53	500	37
	III	9.2	691	119	572	56
Km 22 A	I	2.8	219	0	219	0
	II	4.9	422	53	369	69
	III	7.9	562	119	443	103
Km 28	I	5.3	389	0	389	0
	II	8.7	600	53	547	41
	III	10.5	791	119	672	73
Schucshuyacu	I	4.9	340	0	340	0
	II	7.7	629	53	576	69
	III	9.9	737	119	618	82
Km 22 B	I	3.7	274	0	274	0
	II	4.8	385	53	332	34
	III	6.3	329	119	410	50

* Precio de mercado en 1979;Maíz, S$30 kg; arroz, S$75 kg, maní S$120 kg; soya, S$120 kg.

** El costo incluye fertilizantes, cal, insecticidas, semilla, herbicidas, mano de obra, etc.

Fuente: Bandy y Mesías. inédito.

- Se ha podido determinar la existencia de una estrecha relación entre el comportamiento agronómico del cultivo y la distribución de las lluvias, que además de tener influencia en la fisiología de la planta, es determinante de la virulencia e incidencia de plagas y enfermedades, sobre todo en el sistema consecutivo de monocultivo.

- En los cultivos anuales estudiados se ha determinado que la yuca,

principalmente. y el arroz resisten mejor las condiciones adversas de baja acidez y presencia de Al intercambiable a niveles no tóxicos. El arroz es más sensible a las variaciones climáticas, sobre todo a la precipitación pluvial.

- Las prácticas agronómicas tradicionales, además de la fertilización, como el uso de herbicidas. insecticidas y fungicidas, en forma preventiva y oportuna controlan las malezas y sirven de control fitosanitario en el sistema consecutivo de monocultivo.

- El uso de coberturas vegetales (mulches) aumenta ligeramente el rendimiento de maíz, soya y maní, no así el del arroz. Los efectos favorables se deben a las menores temperaturas del suelo, control de malezas, protección contra la formación de costras superficiales y, sobre todo, al control de la humedad durante los períodos secos del año.

- La aplicación de los resultados experimentales en campos de pequeños agricultores en la zona de Yurimaguas, Perú, no solamente ha sido aceptada sino que los dos niveles de tecnología desarrollados han probado ser superiores al sistema tradicional practicado por la agricultura migratoria.

Recomendaciones

La expansión de la frontera agrícola con cultivos alimenticios anuales en el trópico húmedo de la Amazonía requiere del uso de tecnologías modernas que se desarrollen *in situ* y de acuerdo con las condiciones socioeconómicas del lugar. Esto sólo será posible en la medida en que se dé mayor importancia a la investigación integral para lo cual hay que dotarla de infraestructura, recursos y, sobre todo, de una masa crítica científica de carácter multidisciplinario.

Para que ésto sea posible recomendamos que se aúnen los esfuerzos de carácter nacional e internacional para el desarrollo de una política coordinada y congruente de investigación y experimentación, acorde con las condiciones y necesidades socioeconómicas del agricultor y/o colono de la Amazonía.

- Estudios genéticos y posibilidades de cultivo de plantas alimenticias anuales exóticas tales como papa (*Solanum* sp.) y camote (*Ipomea batata*) y otras plantas nativas del trópico húmedo como guandul (*Cajanus cajan*). ñame (*Dioscorea* sp.), taro (*Colocasia esculenta*), etc.

- Mejoramiento genético tendiente a buscar principalmente: a) plantas menos susceptibles a la presencia de Al intercambiable, y b) plantas precoces y de alta insensibilidad al fotoperíodo.

- Control integrado de insectos y enfermedades, y poder residual de la aplicación de herbicidas, insecticidas, fungicidas y nematicidas.

- Mayor énfasis en el estudio de la nutrición de la planta mediante análisis de los requerimientos nutricionales de cada especie, balance catiónico, niveles críticos de los elementos, y correlación de la fertilidad del suelo con la productividad de cada especie.

- Diseño y/o utilización de equipo mecánico de tracción manual o animal para labores de preparación, siembra, fertilización, cultivo, aplicación de herbicidas y pesticidas en general, dentro del concepto de labranza mínima.

- Estudios de nuevas fuentes y formas de aplicación de fertilizantes con mayor poder residual y viabilidad del uso de la roca fosfatada para aplicación directa.

Conclusiones

- El cultivo continuo e intensivo de plantas alimenticias anuales, como yuca, arroz, soya, maní, caupí, es factible en los diferentes sistemas de agricultura en ultisoles de la Amazonía, principalmente en rotación.

- Los cultivos intercalados son más dinámicos biológicamente y se adaptan bastante a los niveles de explotación de baja tecnología. Es normal que la producción total de un área en cultivos intercalados en condiciones del trópico húmedo de la Amazonía sea mayor que la del monocultivo.

- Actualmente existe la diversidad genética necesaria en las plantas anuales mencionadas que permite seleccionar y/o adoptar cultivares apropiados para las condiciones del trópico húmedo de la Amazonía; sin embargo, aún está por iniciarse la labor genética para obtener resistencia, principalmente a la acidez del suelo, a plagas y enfermedades.

- Los rendimientos de los cultivos anuales son muy superiores en terrenos desmontados con el método tradicional de roza, tumba y quema, que con limpieza mecánica. Las razones de esta superioridad son: a) el valor fertilizante y encalante de las cenizas; b) no hay compactación del suelo; y c) no hay remoción de la capa superficial del suelo como en el caso del desmonte mecánico.

- La agricultura continua e intensiva ocasiona una disminución de la fertilidad del suelo si no se aplican nutrimentos adecuadamente. Esto puede prevenirse con una fertilización adecuada y la aplicación de enmiendas calcáreas, con base en análisis de suelos debidamente correlacionados y controlados continuamente.

Bibliografía

Abastos, M. 1971. **Inventario y evaluación de la Colonización Tournavista Pucallpa.** Le Tourneau del Perú, Inc., Lima. 76 p.

Alvim, P.T. 1978. **A expansão da fronteira agrícola no Brasil.** CEPLAC, Itabuna, Bahía. 32 p.

_____, 1979. **Agricultural production potential of the Amazon region.** *In:* P.A., Sánchez y L.E., Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp. 13-24.

Andráde, E.B.; Frazão, D.A.C. 1979. **Sistema de produção em policultivo de mandioca, milho e caupi para a região du noroeste Paraense.** EMBRAPA, CPATU, Belém, Pará, Brasil*.

Bandy, D.E.; Benites, J. 1977. **Proyecto Internacional de suelos tropicales, Yurimaguas, Perú.** Panfleto: Ministerio de Alimentación, Universidad de Carolina del Norte, Lima*.

Cate, R.B.; Coutu, A.J. 1977. **Interpretación económica de los datos agronómicos de Yurimaguas en la selva amazónica del Perú.** *In* Reunión-Taller sobre Ordenamiento y Conservación de Suelos en América Latina. FAO/SIDA, Lima, Perú*.

Cesar, J. 1978. **Viabilidade técnico-económica do consórcio juta x milho.** EMBRAPA-UEPAE, Manaus, Brasil*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1957. **Shifting cultivation.** Tropical Agriculture (Trinidad) 34:159-164.

Haney, E.B. 1968. **The nature of shifting cultivation in Latin America.** Land Tenure Center, University of Wisconsin LTC. 45:1-29.

Hildebrand, P.E. 1976. **Multiple cropping makes dollars and sense.** *In* Papendick *et al.* (eds). Multiple Cropping Sysmposium, American Society of Agronomy. Special publication 27. pp. 347-372.

Kawano, K.; Sánchez, P.A.; Nureña, M.A.; Vélez, J. 1972. **Upland rice in the Peruvian jungle.** *In* IRRI: Rice Breeding, Los Baños. Filipinas. pp. 243-277.

Kirby, J. 1977. **Agricultural land use and the settlement of Amazonia*.**

Lewis, W.M. 1979. **Evaluation of weed control problems and suggestions for weed management programs.** Peru report. Crop Science Department. NCSU, Raleigh, N.C.*

Lima, R.A. 1976. **A agricultura nas vârzeas do estuario do Amazonas.** IAN, Belém, Brasil. Boletim No. 33*.

Melo, L.A.S. 1978. **Sistemas de produção de feijão e milho intercalados en lavouras permanentes.** EMBRAPA-UEPAE de Manaus, Brasil. Circular No. 2.*

* Esta cita no pudo completarse (Nota del editor).

Moran, E.F. 1977. **Estrategias do sobrevivência: o uso de recurso do longo do rodavia Transamazônica.** Acta Amazônica 7(3):363-379.

North Carolina State University. 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977. **Agronomic economic research on tropical soils.** Annual Reports. Soil Science Department. NCSU, Raleigh, N.C. E.U.

Popenoe, H.L. 1960. **Effects of shifting cultivation on natural soil constituents in Central America.** PhD thesis. Univ. Florida, Gainsville*.

Rachie, K.O.; Roberts, L.A. 1974. **Grain legumes of the lowland tropics.** Advances in Agronomy 26: 1-123.

Sánchez, P.A. 1972. **Técnicas agronómicas para optimizar el potencial productivo de las nuevas variedades de arroz en América Latina.** *In* Políticas Arroceras en América Latina. CIAT, Cali, Colombia. pp. 27-43.

———, 1976. **Properties and management of soils in the tropics.** J. Wiley, N.Y. pp. 413-477.

———, 1979. **Soil fertility and conservation considerations for agro-forestry systems in the humid tropics of Latin America.** ICRAF, Nairobi, Kenia. Bulletin No. 1 pp. 79-124.

———, Schubart, E.C.; Tyler, E.; Valverde, C.; López, C.E.; Nureña, M.A.; Wade, M.K. 1974. **Investigaciones sobre el manejo de suelos tropicales en Yurimaguas, selva baja del Perú.** IICA: Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano, IICA, Zona Andina, Lima, Perú*.

———; Buol, S.W. 1975. **Soils of the tropics and the world food crisis.** Science 188: 598-603.

Santhirasegaram, K. 1975. **Manejo de praderas de leguminosas en un ecosistema de selva lluviosa tropical en Perú.** *In* E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.) Manejo de Suelos en la América Tropical. North Carolina State University, Raleigh, N.C. pp. 445-464.

Seubert, C.E.; Sánchez, P.A.; Valverde, C. 1977. **Effects of land clearing methods in soil properties of an Ultisol and crop performance in the Amazon jungle of Peru.** Trop. Agriculture (Trinidad) 54:307-321.

Serrão, E.A.S.; Falesi, I.C.; Veiga, J.B.; Teixeira, J.F. 1979. **Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brazil.** *In* P.A., Sánchez y L.E., Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp. 195-226.

Toledo, J.M.; Morales, V.A. 1979. **Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon.** *In* P.A., Sánchez y L.E., Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics, CIAT, Cali, Colombia. pp. 177-194.

Unidade de Excução de Pesquisa de Âmbito Estadual. 1979. **Relatorio técnico anual de UEPAE de Manaus 1978.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Manaus, A.M, Brasil*.

Van der Weert, R. 1974. **The influence of mechanical forest clearing on soil conditions and resulting effects on root growth.** Tropical Agriculture 51: 325-331.

* Esta cita no pudo completarse (Nota del editor).

Villachica, J.H. 1978. **Maintenance of soil fertility under continuous cropping on an Ultisol of the Amazon jungle of Peru.** PhD thesis, North Carolina State University, Raleigh, N.C.*

Wade, MK. 1978. **Soil management practices for increased crop production for small farms of the Amazon jungle of Peru.** PhD thesis, North Carolina State University, Raleigh, N.C.*

Watters, R.F. 1976. **The shifting cultivation problem in the American tropics.** Reunión Trópicos Húmedos, IICA, Lima, Peru*.

Wilms, F.W.W.; Bastos, J.B.; Stolberg, A.G.Z. 1979. **Efeito do fósforo na produção de feijão.** UEPAE, Manaus, Brasil*.

———; Stolberg, A.G.; Carvalho, O.S. 1979. **Efeito da adubação continua na produção de feijão caupí e milho e na fertilidade de um latossolo amarelo (Oxisol).** XVII Congreso de Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, Manaus, Brasil*.

* Esta cita no pudo completarse (Nota del editor).

Producción de Pastos y Ganado en la Amazonia

José M. Toledo*
Emanuel Adilson Sousa Serrão**

Introducción

Existen dos posiciones extremas sobre la Amazonia. Una propone la ocupación y utilización masiva de la región, usando métodos de producción desarrollados para condiciones de otros ecosistemas, desconociendo las limitaciones y problemas de la región. La otra posición llega a extremos irreales al proponer conservar la Amazonía como un "museo viviente", afirmando que ella no será capaz de mantener poblaciones superiores a las nativas que hoy sostiene.

Por otro lado, el conocimiento de los ecosistemas amazónicos y sus alternativas de producción forestal, agrícola y pecuaria es sólo superficial. Este conocimiento es producto del esfuerzo aislado de instituciones oficiales y privadas (nacionales e internacionales) que, casi ocultamente, vienen realizando investigación en forma no integrada, muchas veces deficientemente enfocada y sin recursos técnicos y/o económicos adecuados.

Con el escaso conocimiento que hoy se tiene sobre la Amazonía, no hay duda de que la decisión más sabia será la de conservar y no modificar el ecosistema. La pregunta siguiente es: Cuánto tiempo más será posible impedir la ocupación humana de esta región? La realidad es que ya es tarde; la Amazonía viene siendo invadida por el hombre, debido a presiones socioeconómicas y demográficas en países como Colombia, Ecuador y Perú, y en Brasil, en razón de su fuerte política de integración territorial.

* Coordinador, Programa de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Apartado 6713, Cali, Colombia.
** Investigador, Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Úmido (CPATU/EMBRAPA) Caixa Postal 48, 66,000 Belém, Pará, Brasil.

Como consecuencia de la confusión creada por los enfoques conservacionista y expansionista, ambos con una visión incompleta y conceptualmente parcializada de la problemática amazónica, la financiación de la investigación en esta región hasta la fecha ha sido casi nula. La realidad es que ante esta conflictiva situación, los organismos de financiación internacional han preferido no financiar investigación, perdiéndose muchos años en el avance serio del conocimiento de este territorio.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados sobre producción de pastos y ganado obtenidos en la Amazonía.

Características de la Región Amazónica

Suelos

Los suelos de la Amazonía son sumamente diversos debido a la gran variedad de substratos geológicos, tipos de clima y vegetación. La geología y pedogénesis de la Amazonía se tratan en detalle en el trabajo de Schubart y Salati en este mismo libro; en esta sección sólo se reiterarán algunos aspectos. En primer lugar, las características de drenaje contribuyen también a la diversidad de los suelos. Más del 26 por ciento de ellos tienen un drenaje deficiente (Cuadro 1). Las capacidades de retención de humedad son bastantes variables. Unicamente el 2 por ciento de los suelos tienen una elevada capacidad de retención de agua; la del 56 por ciento es media y la del 41 por ciento es baja (Cochrane, 1980, información personal).

Como se observa en el Cuadro 2, la mayoría de los suelos amazónicos son ácidos, tienen contenidos bajos de P, baja saturación de bases y niveles altos de Al.

Cuadro 1. **Calidad de drenaje y capacidad de retención de humedad de los suelos de la Amazonía (áreas y proporciones).**

	Area (millones de ha)	Proporción (%)
Drenaje		
Bueno	354.4	73.3
Suficiente	14.8	3.1
Malo	114.4	23.7
Capacidad de retención de humedad		
Alta	9.3	2.0
Media	274.6	56.8
Baja	199.0	41.2

Fuente: Cochrane, T.T. 1980, comunicación personal.

Existen algunos suelos Alfisoles (terra roxa) y de várzea (vegas ribereñas inundables durante parte del año) de alta fertilidad.

La cuenca amazónica es extremadamente heterogénea, lo que implica diferentes potencialidades para explotaciones forestales y ganaderas, plantaciones y agricultura intensiva. El uso potencial de cada tipo de suelo debería determinarse antes de adelantar programas de colonización.

Cuadro 2. **Frecuencia con que ocurren diferentes niveles de algunas características químicas, a dos profundidades de suelos amazónicos.**

Característica química	Profundidad del suelo*	
	0-20 cm	21-50 cm
	----------%	----------
pH		
ácido (>5.3)	18.9	17.5
muy ácido (<5.3)	81.1	82.4
% Saturación de Al:		
muy alta (>70)	59.0	61.6
alta (40-70)	16.2	8.2
media (10-40)	7.9	8.2
baja (<10)	16.9	19.9
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g):		
Media a alta (>4.0)	20.9	10.9
baja (0.4-4.0)	33.0	16.8
muy baja (<0.4)	46.0	72.9
% Materia orgánica:		
alto (>4.5)	17.0	0.1
medio (1.5-4.5)	9.1	83.8
bajo (<1.5)	74.0	16.1
Fósforo (ppm):		
alto (>7.0)	9.9	3.0
medio (3.0-7.0)	32.9	11.3
bajo (<3.0)	57.3	85.7

* Proporción del área total de 484,3 millones de hectáreas.

Fuente: Cochrane T.T., 1980, comunicación personal.

Reciclamiento de nutrimentos

La exuberante vegetación amazónica parece contradecir la baja fertilidad predominante de los suelos. Esta abundante vegetación sólo es posible debido al muy activo reciclamiento de nutrimentos que ocurre en

este ecosistema. Para un ecosistema similar en Ghana, Africa, Nye (1961) determinó que ese proceso en un bosque tropical lluvioso era de 268 kg de N, 15 kg de P, 303 kg de K, 332 kg de Ca y 75 kg de Mg por ha/año. Schubart y Salati también tienen información al respecto. En los últimos 10 años se han producido varios estudios en gran escala sobre reciclamiento de nutrimentos en América Latina, como los de Odum y Pigeon (1970) en Costa Rica, Golley (1976) en Panamá, y Herrera *et al.* 1978) en Venezuela.

En la Figura 1 se muestran esquemáticamente los tres depósitos de nutrimentos en el ecosistema de bosque lluvioso tropical: El depósito suelo con baja proporción de los nutrimentos totales presentes en el ecosistema, y los depósitos de biomasa y detrito (hojarasca y residuos del bosque), que poseen la mayoría de los nutrimentos.

En este esquema también se indican los procesos más importantes del reciclamiento de nutrimentos.

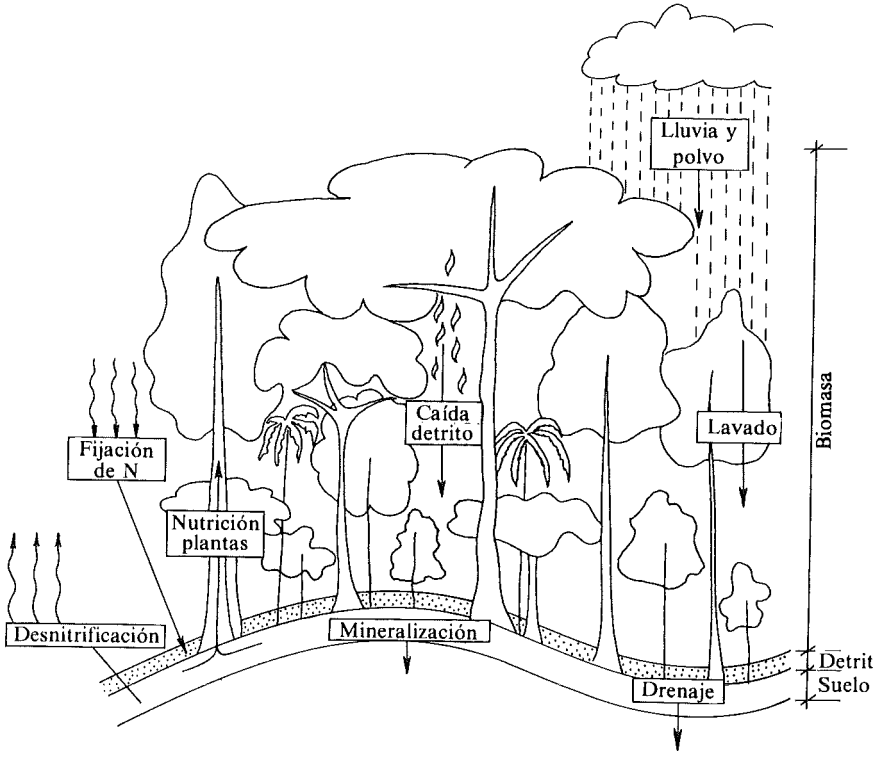


Figura 1. *Ciclo de nutrimentos en el ecosistema de bosque tropical.*

La lluvia al caer sobre la vegetación arrastra polvo y N atmosférico que contribuyen a enriquecer el ecosistema, y a su vez, lava las hojas y tallos, transportando nutrimentos hacia el suelo. Parte de éstos y los presentes en el suelo se pierden, ya sea por escorrentia o por lixiviación, según las condiciones físicas del suelo.

Simultáneamente, la hojarasca y en general el detrito del bosque caen y se acumulan sobre el suelo. Este material sufre el proceso de mineralización, es decir, la degradación de la materia orgánica en compuestos más simples asimilables por las plantas, contribuyendo a aumentar la fertilidad de la capa superficial del suelo. Las plantas del bosque, que justamente tienen un desarrollo radical muy superficial, utilizan estos nutrimentos para su crecimiento, redondeando el ciclo.

Paralelamente tiene lugar el proceso de fijación simbiótica de N por acción del *Rhizobium* y otros microorganismos en simbiosis con las raíces de las plantas del bosque. Parte de este N puede perderse por desnitrificación.

Cuando este sistema de reciclamiento es interrumpido por la tala y quema del bosque, gran parte de los elementos no volátiles del ecosistema son colocados de una vez como cenizas sobre la superficie del suelo. Esto produce una disminución del porcentaje de saturación de Al, un aumento del pH y un incremento de bases cambiables, tal como fue registrado por Seubert *et al.* (1977) en un ultisol de Yurimaguas, Perú, y por Ferreira Da Silva (1978) en un oxisol al sur de Bahía en Brasil.

Esta fertilidad inicial aumentada después de la quema decrece rápidamente por la lixiviación de nutrimentos, especialmente si el bosque es remplazado por sistemas altamente extractivos y de escasa cobertura o cobertura sólo temporal.

Sin embargo, el reemplazo del bosque por sistemas de producción con menores niveles de extracción de nutrimentos y con una cobertura mayor y más efectiva garantiza un reciclamiento que podría sustituir el del bosque nativo, manteniendo la fertilidad del suelo y produciendo alimentos o materiales industriales para beneficio del hombre. Se puede afirmar que las plantaciones y los pastos son alternativas que pueden cumplir con este cometido cuando están bien manejados. La Figura 2 muestra el reciclamiento de nutrimentos en una pradéra bien manejada.

En este sistema de producción se cuenta con los tres depósitos de nutrimentos: la biomasa (plantas y animales), los detritos (hojarasca y residuos de pastos y animales) y el suelo. La lluvia que arrastra polvo y N

atmosférico cae lavando animales y plantas, e incorporando nutrimentos al suelo, parte de los cuales se pierden por escorrentía o lixiviación. Cuando se siembra una leguminosa asociada con gramíneas tiene lugar la fijación de N por simbiosis con el *Rhizobium,* pero, al igual que en el bosque, parte del N se pierde por desnitrificación. Simultáneamente, las plantas toman nutrimentos del suelo, que son transferidos al animal mediante el pastoreo. Parte de estos nutrimentos son asimilados por el hombre como carne o leche, y el resto vuelve al suelo mediante las heces y orina que se distribuyen sin uniformidad en el suelo. El animal al pisotear la pradera produce ruptura de las partes aéreas de las gramíneas y leguminosas; estos materiales orgánicos, junto con raíces muertas producto de la reacción de la planta a la defoliación, son mineralizados y nuevamente absorbidos por las plantas.

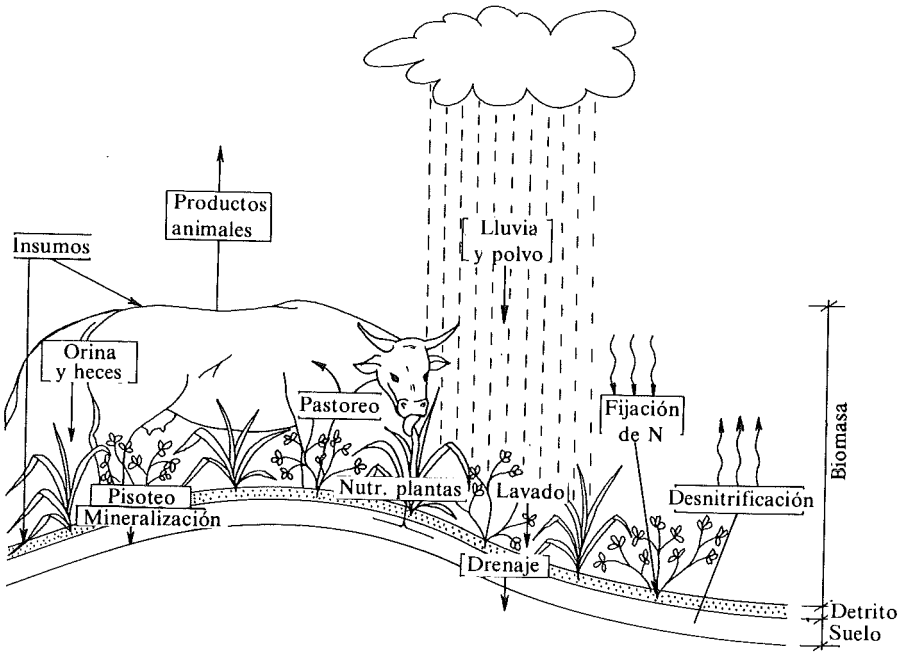


Figura 2. *Ciclo de nutrimentos en una pradera de gramínea y leguminosa.*

Además de estos procesos naturales de reciclamiento de nutrimentos, el hombre debe "pagar", o devolver al sistema, los elementos que tomó mediante la aplicación de nutrimentos baratos directamente al suelo o al animal. El hombre también debe ejecutar las prácticas de manejo que garanticen el reciclamiento efectivo y la estabilidad productiva del sistema,

o de lo contrario, se deteriorarán los recursos existentes produciéndose la degradación de las praderas.

Modelo Propuesto

Toledo y Ara (1977), Serrão *et al.* (1976) y Alvim (1978) concuerdan básicamente en el modelo que muestra la dinámica de la fertilidad del suelo al cambiarse el bosque tropical amazónico por praderas. Sin embargo, "discrepan", aunque en forma teórica, en cuanto a la magnitud de los cambios de fertilidad del suelo y la velocidad con que éstos ocurren después de la quema

Para hacer compatibles los criterios de los tres autores se replanteó el modelo. El nuevo modelo parte de una fertilidad estable del suelo, debido al reciclamiento bajo el ecosistema de bosque. La fertilidad del suelo es más bien baja debido a que gran parte de los nutrimentos del ecosistema se encuentra en la biomasa y la capa de detritos en el suelo.

Esta estabilidad de la fertilidad es interrumpida por el desmonte y quema del bosque, que depositan, a manera de fertilizantes y enmiendas, la mayoría de los nutrimentos del ecosistema sobre el suelo, elevando la fertilidad a niveles adecuados para la producción agrícola intensiva (Fig. 3).

Esta alta fertilidad inicial, normalmente es aprovechada por el colono para obtener una o dos cosechas cortas que ayudan a pagar el costo del desmonte del área y proporcionan la cobertura rápida que protege el suelo de la erosión. La siembra del pasto debería hacerse mientras los cultivos están creciendo de manera que cuando se cosechen, los pastos hayan cubierto suficientemente el terreno, evitando o disminuyendo así los riesgos de erosión.

Si la pradera no está bien establecida y el manejo posterior es malo, lo más probable es que la fertilidad del suelo disminuya rápidamente, tal como lo muestra el modelo (pradera tradicional), llegando inclusive a niveles inferiores al nivel original de fertilidad del bosque. Contrariamente, si la pradera de gramíneas y leguminosas adaptadas tiene un buen establecimiento y el mantenimiento (presión de pastoreo e insumos) es adecuado, la fertilidad del suelo decrece más lentamente, estabilizándose a un nivel muy probablemente superior al de la fertilidad natural del suelo bajo bosque.

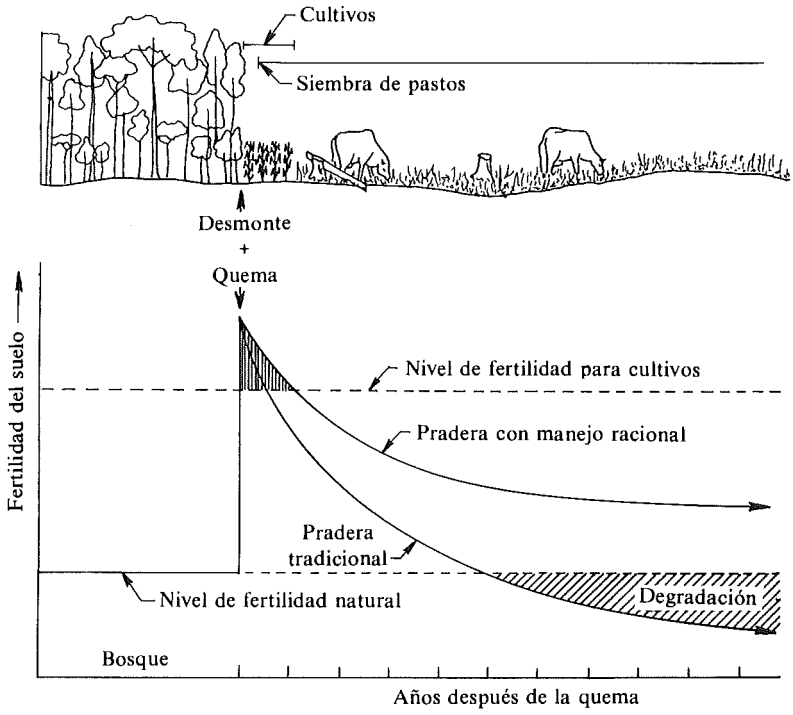


Figura 3. *Modelo que muestra los cambios probables de fertilidad del suelo al cambiar de la vegetación de bosque a la de pradera.*

Fuente: Toledo, 1977; Serrao, 1978; Alvim, 1978.

Durante los primeros años después de la tala del bosque, los niveles de manejo se encuentran limitados por la imposibilidad de mecanización, debido a la presencia de residuos del bosque (troncos y tocones) no quemados. Aunque es posible desmontar y limpiar inicialmente el área con buldózer*, esto sería contraproducente debido a la compactación inicial y movimiento de la capa superficial del suelo que contiene la mayor parte de los nutrimentos (Seubert *et al.*, 1977; Ferreira da Silva, 1978).

Sin embargo, después de seis a 10 años, según el bosque original, los "troncos" y "tocones" en su mayoría se han descompuesto e incorporado en el suelo, ya sea por acción microbiana o por quemas estratégicas de la pradera. Una vez que el terreno queda libre de obstáculos para la mecanización, es posible intensificar el nivel de manejo (especialmente mecánico) elevando la productividad por unidad de superficie.

+ Tractor de oruga con cuchilla frontal, fija o inclinable o giratoria. Se seguirá empleando el término buldózer consagrado por el uso común. (Nota del editor.)

Métodos de Desmonte

La operación de desmonte resulta crítica para el futuro de cualquier sistema de producción que remplace el bosque.

El método de desmonte tradicional es el de hacha y machete, últimamente mejorado con el uso de motosierras. Además de este método, Toledo y Morales (1979) describen dos sistemas mecanizados probados y evaluados en Tocache y Pucallpa en Perú.

El Cuadro 3 compara las necesidades de mano de obra, la eficiencia y los costos de operación de los diferentes métodos de desmonte (hacha y machete, buldózer y triturador de árboles).

Cuadro 3. **Eficiencia y costos comparativos de diferentes métodos de desmonte en la Amazonía peruana.**

Método	Eficiencia		Costo (US$/ha)
	hombres/ha	horas/ha	
Hacha y machete (Tocache)	50.00	8.00	96.00*
Buldózer (Tocache)	3.00	9.92	204.00*
Triturador de árboles G-40 (Pucallpa)	0.25	0.84	55.00**

* Costos en 1966

** Costo en 1971.

Fuente: Saco Vertiz *et al.*, 1977; Valdivieso, 1973.

El Cuadro 4 compara los rangos de presión sobre el suelo, producidos por diferentes agentes de compactación, incluyendo el hombre y las máquinas usadas en los tres métodos evaluados.

Cuadro 4. **Peso y rango de presión sobre el suelo producida por varios agentes de compactación.**

Agente compactante	Peso (ton)	Rango de presión sobre el suelo (kg/cm^2)
Buldózer (180 HP)	18.30	0.67-0.51
Buldózer (270 HP)	28.10	0.95-0.68
Buldózer (385 HP)	38.80	0.95-0.76
Triturador de árboles G-40 (475 HP)	45.00	1.03- <1
Triturador de árboles G-60 (475 HP)	65.00	1.37- <1
Equino	0.40	4.00-1.00
Vacuno	0.35	3.50-0.88
Humano	0.07	0.47-0.23

Fuente: Toledo y Morales, 1979.

Desmonte manual

El método de desmonte con hacha y machete es el que mayor mano de obra requiere, de aquí que el costo de operación dependa en gran medida del nivel de salarios y la disponibilidad del personal en la región y país en cuestión (Cuadro 3).

Este es un método relativamente lento apropiado para desmonte en extensiones limitadas. Es también el que introduce niveles de cambio mínimos en el suelo, ya que el hombre es quien produce la menor compactación (Cuadro 4). Por otro lado, como los "tocones" (raíces de árboles cortados) quedan en el suelo muchos de ellos rebrotan con el bosque secundario si la quema no es efectiva, como muchas veces ocurre.

Sin embargo, este es el método más usado en la actualidad, pues da ocupación a la población nativa, cuando la hay, y puede ser muy efectivo dependiendo del bosque, la posibilidad de talar y quemar, y la destreza de los hombres para reducir el espesor del material derribado y quemarlo eficazmente.

Desmonte con buldózer

Este sistema (Cuadro 3) requiere menor cantidad de mano de obra, pero con niveles de especialización superiores (tractoristas, mecánicos, ayudantes, etc.). Utiliza tractores de oruga grandes de más de 270 HP, con hojas tipo KG (para corte y empuje). El método consiste en cortar los troncos a ras del suelo y empujarlos apilándolos en hileras donde luego son quemados, reapilados y nuevamente quemados hasta dejar el terreno libre de residuos del bosque y en condiciones de mecanización inmediata.

Los buldózeres de 385 HP con hoja tipo KG pueden abrir una hectárea en aproximadamente 10 horas de trabajo. Este método relativamente lento requiere varias máquinas cuando se trata de extensiones medianas o grandes. Es el sistema más costoso (Cuadro 3) y el que en mayor grado modifica la condición del suelo ya que: a) distribuye sin uniformidad los nutrimentos en la biomasa y detritos quemados; b) desplaza la capa superficial del suelo, la cual contiene la mayoría de los nutrimentos en los suelos amazónicos pobres (oxisoles y ultisoles); c) produce fuerte compactación a pesar de los niveles relativamente bajos de presión sobre el suelo (Cuadro 4). Esta compactación es originada por el repaso de los tractores sobre el suelo al cortar y apilar los troncos. La Figura 4 muestra el efecto de la compactación con buldózer después de cortar y apilar los residuos del bosque en un ultisol en Yurimaguas, Perú, y un oxisol en Bahía, Brasil. El buldózer reduce las tasas de infiltración de ambos suelos,

pero el oxisol (Haplorthox) parece menos sujeto a la compactación que el ultisol (Paleudult).

El desmonte con buldózer es definitivamente perjudicial para la mayoría de los suelos amazónicos. Sin embargo, cuando el suelo es profundo y de alta fertilidad, como algunos inceptisoles de "várzeas", este método permite una utilización intensiva inmediata, mediante la mecanización del área después del desmonte.

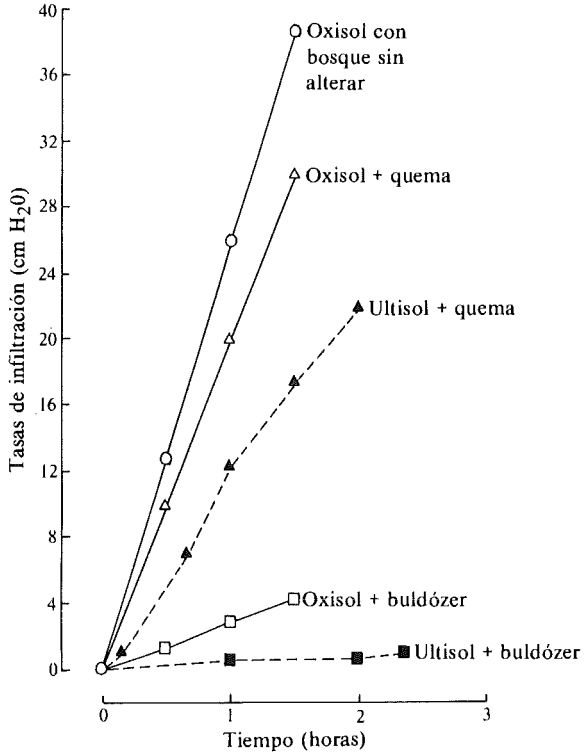


Figura 4. *Efecto del método de desmonte en las tasas de infiltración de dos suelos de la Amazonia.*
Fuente: Bandy y Benitez, 1977; Ferreira da Silva, 1978.

Apertura con triturador de árboles

Al igual que el anterior, este sistema requiere personal capacitado, pero debido a su rapidez de operación (Cuadro 3), el número de personas por ha se reduce considerablemente.

El costo de operación es también menor dada su alta eficiencia. El triturador (Fig. 5) pesa 45 ton, tiene tres rodillos con cuchillas, a manera de triciclo, y funciona mediante transmisión eléctrica, con un generador diesel en el centro de la máquina. El desmonte se efectúa empujando los árboles más altos con un puntal y los más pequeños con una barra horizontal a manera de "T". La máquina derriba los árboles y camina sobre ellos para derribar los siguientes. De esta forma, su peso queda distribuído sobre una superficie mayor (Cuadro 4) que la de contacto de sus rodillos con el suelo, reduciéndose el nivel de compactación total del suelo.

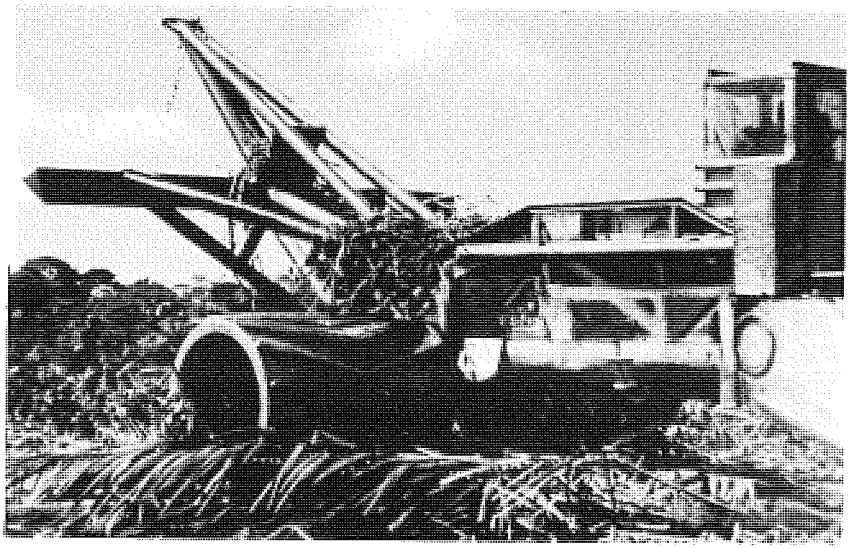


Figura 5. *Triturador de árboles empleado en Pucallpa, Perú, para operaciones de desmonte.*

Las experiencias en Pucallpa, Perú, mostraron que la quema de residuos del bosque derribados con triturador de árboles era bastante más efectiva que la de los cortados con hacha y machete, toda vez que el secado es más uniforme en material desmontado rápidamente (8-10 ha/día). Además, el apilamiento más estrecho y uniforme de la biomasa del bosque resultante del paso de la máquina sobre los árboles, permite una mejor continuidad del fuego.

Este es un método que altera el suelo, pues levanta las raíces superficiales de los árboles dejándolas expuestas, pero produce una compactación moderada, por cuanto sólo pasa una vez distribuyendo su peso en una amplia superficie de material ya derribado. En razón de su rapidez, eficiencia en la quema y bajo costo de operación, debe ser tomado en

cuenta para el desmonte de grandes áreas de bosques, puesto que no es un sistema económicamente operable en extensiones menores de 1000 ha.

Pastos y Ganado

No existen cifras actualizadas sobre la población ganadera de la Amazonía, pero se estima una población de bovinos de 7 a 10 millones y 700.000 búfalos.

El inventario de la cantidad de áreas de bosque hoy en praderas es aún más incierto; sin embargo, considerando un 60 por ciento de la población de bovinos y bubalinos en áreas de bosque y una capacidad de carga promedio de 1,0 animal/ha, puede estimarse que hay entre 4,2 y 6,0 millones de hectáreas de pastos ganadas al bosque. La casi totalidad de búfalos en la Amazonía están localizados en pastos nativos de tierras inundables como los existentes en la isla de Marajó y el medio y bajo Amazonas en el estado de Pará (Serrão y Falesi, 1977).

Los informes extraoficiales, recogidos personalmente de funcionarios y ganaderos de los diferentes países amazónicos, indican que cerca de un millón de hectáreas de praderas ya se encuentran en proceso de degradación principalmente en Brasil, Colombia y Perú.

En el muy activo proceso de colonización en los diferentes países de la región amazónica, el establecimiento de pastos y ganado es el sistema de explotación más barato y estable para remplazar el bosque. Sin embargo, el colono no cuenta con las especies forrajeras de gramíneas y leguminosas, ni con la tecnología de manejo para establecer y mantener las praderas en niveles de productividad ecológica y económicamente justificables.

Persistencia de las praderas

El colono de la Amazonia sólo dispone de una o dos especies de gramíneas para establecer sus praderas. En los contrafuertes andinos de la Amazonía, donde no hay período seco, siembran predominantemente *Axonopus scoparius* y *Axonopus micay*, en muchos casos después de una tumba sin quema. En el resto de la Amazonía tradicionalmente se siembra *Panicum maximum* e *Hyparrhenia rufa*, después de una quema no siempre efectiva. Estas especies, tal como lo muestran los resultados de Simao Neto *et al.* (1973) en la Figura 6, tienen poca persistencia después del establecimiento, mientras que otras como *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* parecen tener un nivel mas alto de persistencia ante los cambios de fertilidad que gradualmente ocurren (ver Fig. 3), como lo corroboran Serrão y colaboradores (1979) (Figs. 7-10). Las Figuras 7, 8, 9

y 10 muestran los cambios en materia orgánica, Ca+Mg, K y P que experimenta el suelo como resultado de la quema y su posterior utilización con *P. maximum*, en diferentes suelos de la Amazonía brasileña.

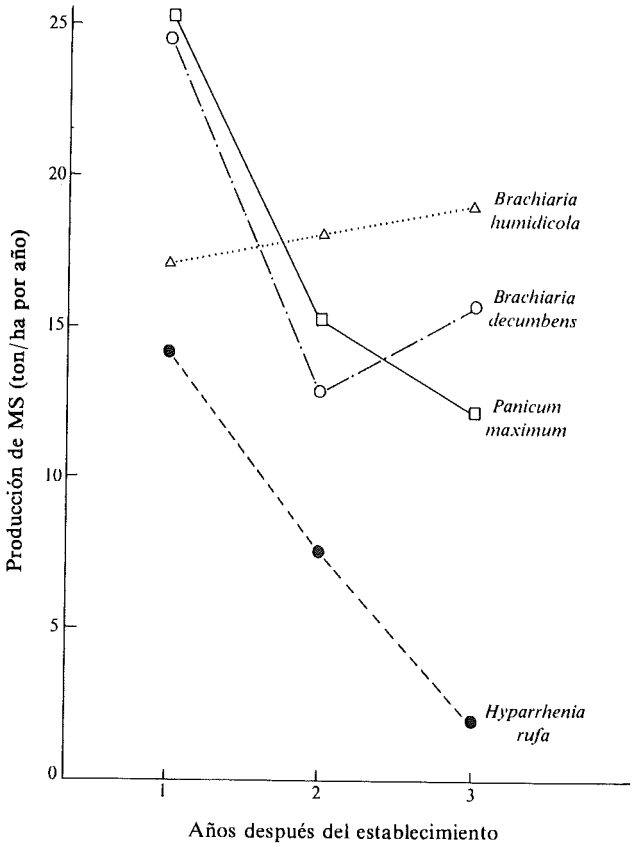


Figura 6. *Productividad de algunas gramíneas durante los tres primeros años de establecimiento en un oxisol de Belém, Brasil.*

Fuente: Simao Neto *et al.*, 1973.

Con base en estas cuatro figuras se concluye que parte de la materia orgánica del suelo es destruída por la quema, pero que la cobertura de pastos en corto tiempo incorpora suficiente materia orgánica para elevar un poco su contenido, aunque no se recupere. La quema aumenta sustancialmente los contenidos de Ca++ + Mg++, los cuales tienden a decrecer en los primeros años para estabilizarse en niveles que dependen de los diferentes suelos.

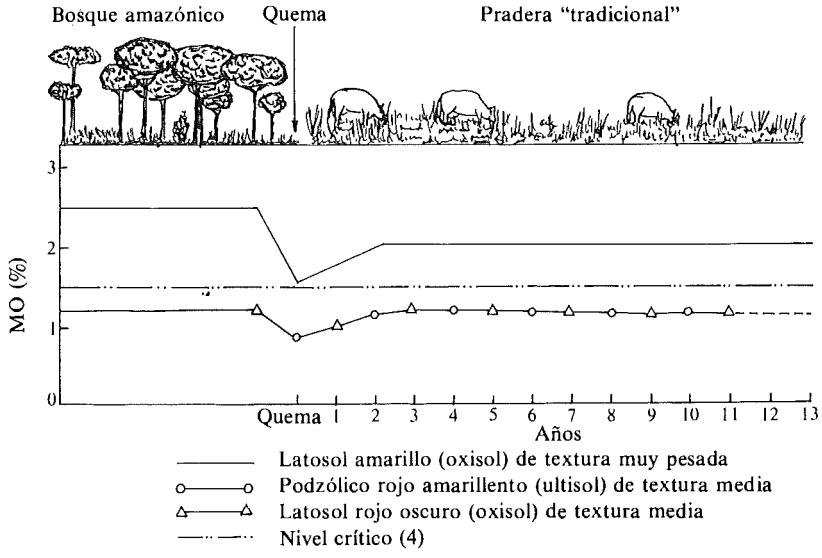


Figura 7. *Alteraciones en los valores de materia orgánica (MO) en suelos bajo bosque y bajo praderas de* **P. maximum** *de diferentes edades.*

Fuente: Serrão *et al.*, 1979.

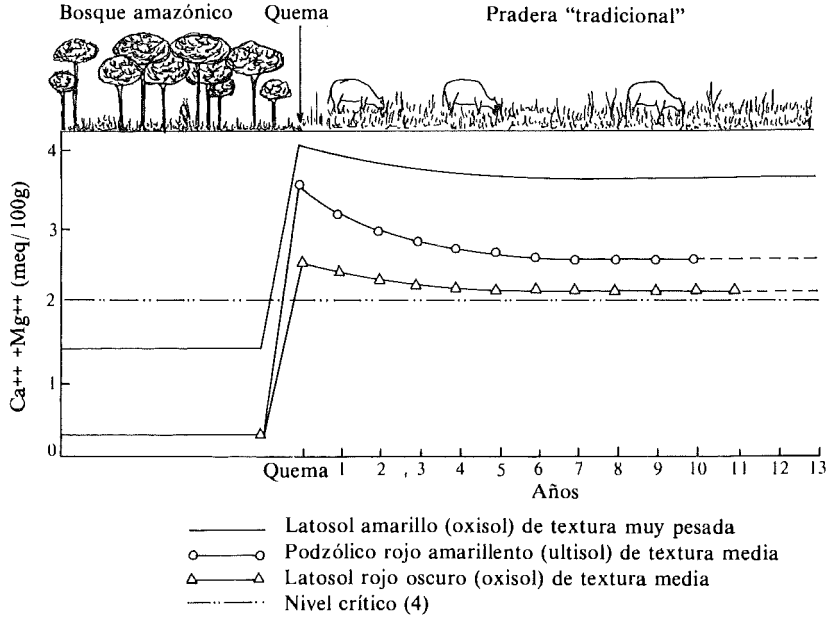


Figura 8. *Alteraciones de los contenidos de Ca++ +Mg++ en suelos bajo bosque y praderas de* **P. maximum** *de diferentes edades.*

Fuente: Serrão *et al.*, 1979.

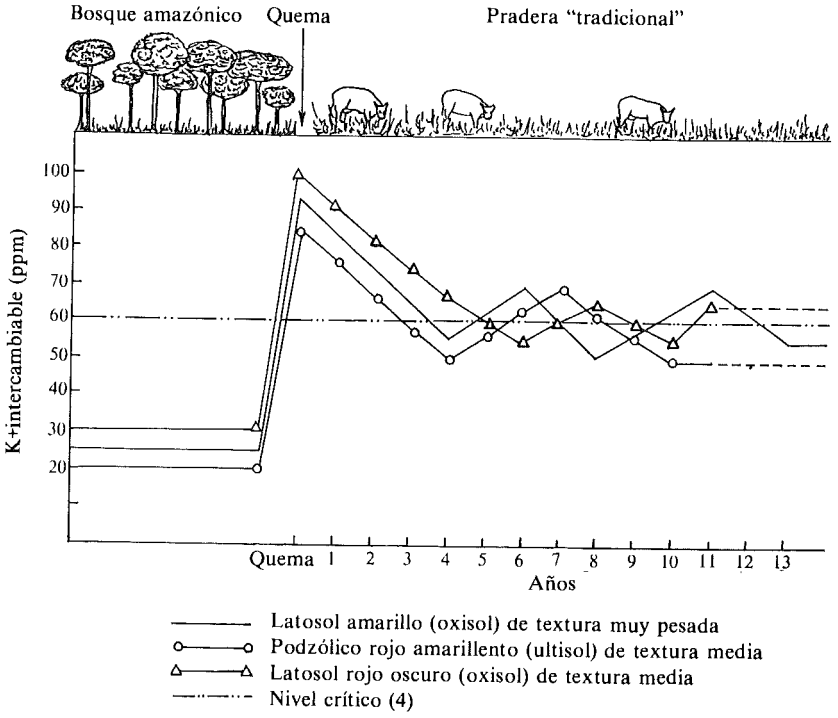


Figura 9. *Alteraciones en los contenidos de K+ intercambiable en suelos bajo bosque y bajo praderas de* **P. maximum** *de diferentes edades.*
Fuente: Serrão *et al.*, 1979.

El nivel inicialmente bajo de K en el suelo del bosque es fuertemente incrementado por la quema y luego decrece a niveles aceptables para la producción de pastos. El P disponible que se encuentra normalmente en niveles muy bajos en el suelo original, también se incrementa considerablemente con la quema. La ocupación posterior del área con praderas dificilmente puede mantener el nivel alto de P disponible del primer año y este decrece vertiginosamente a niveles que se hacen tremendamente deficientes para la producción de cualquier pradera, especialmente si está asociada con leguminosas.

El P, un elemento bastante inmóvil en el suelo, no desaparece con la lixiviación o lavado superficial. El P es absorbido por los óxidos de Fe y Al, que recubren las arcillas y precipitado por los cationes de Fe y Al que forman fosfatos insolubles.

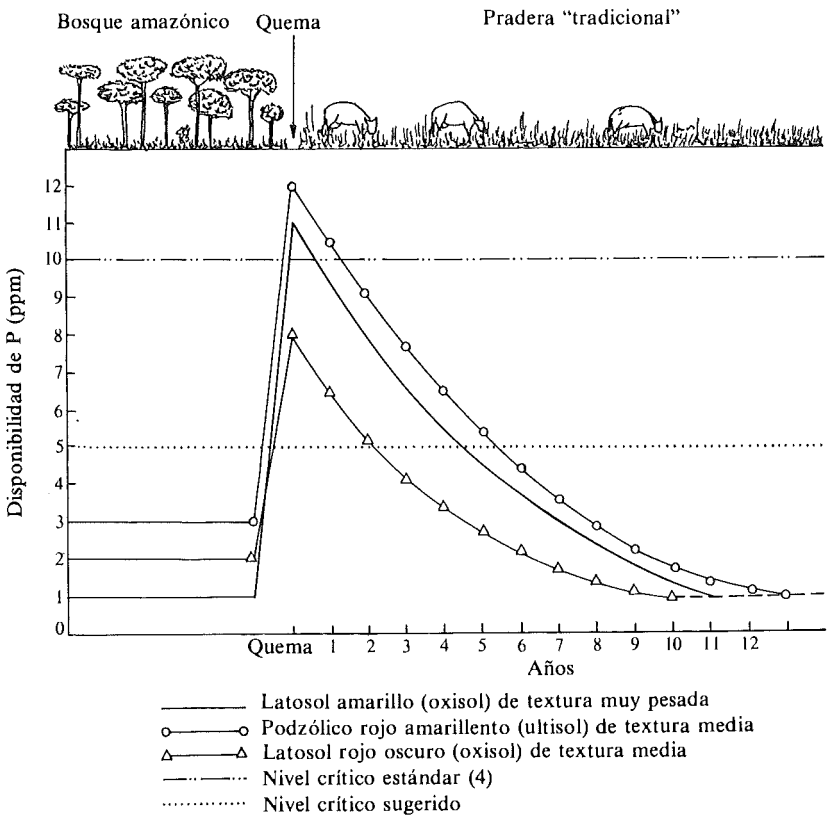


Figura 10. *Alteraciones en los contenidos de P disponible en suelos bajo bosque y bajo praderas de* **P. maximum** *de diferentes edades.*

Fuente: Serrão *et al.*, 1979.

El fósforo como factor limitante

La importancia del P como elemento limitante es corroborada una vez más en el Cuadro 5, que muestra los resultados de pruebas de fertilización en cuatro suelos de la Amazonia. Mediante la técnica del elemento faltante, se comparó el rendimiento del pasto (*P. maximum* en Manaus, sur de Pará y Paragominas, e *H. rufa* en Pucallpa) con fertilización completa con el rendimiento obtenido cuando se dejó de aplicar por separado cada uno de los elementos. En este cuadro se observa que, en todos los casos, el rendimiento fue más bajo cuando faltó P, no diferenciándose mayormente del tratamiento sin ningún fertilizante y no pasando de un 45 por ciento del rendimiento obtenido cuando se aplicó una fertilización completa.

Cuadro 5. **Proporción de la producción con abono completo, alcanzada por gramíneas sin la aplicación de uno o todos los elementos, en cuatro suelos de la Amazonía.**

Tratamiento	Oxisol (8)* de Manaus-Itacoatiara	Oxisol (12)* de Sul de Pará	Oxisol (13)* de Paragominas	Ultisol (3)* de Pucallpa
	%			
Completo	100.0	100.0	100.0	100.0
-N	120.0	90.1	101.3	26.0
-P	36.0	37.0	45.3	29.0
-K	84.0	61.7	74.7	85.0
-S	106.0	74.1	86.7	58.0
-Ca	84.0	84.0	90.7	84.0
-FTE**	104.0	74.1	85.3	-
Sin fertilización	41.3	33.3	33.3	21.0

* Orden de suelo y años después del desmonte

** Fritted trace elements (oligoelementos fritados).

Fuente: Serrão *et al*, 1979; Toledo y Morales, 1979.

El P es, sin lugar a dudas, el elemento nutritivo de plantas y animales que restringe en mayor grado la producción ganadera de la región. Este problema puede ser corregido mediante la aplicación de abonos químicos fosforados como superfosfato simple (SFS) o triple (SFT), o con la aplicación más eficiente de rocas fosfóricas, las que debido a su baja solubilidad, liberan lentamente el P en la solución del suelo.

Otro procedimiento consiste en encalar para aumentar el pH, desplazar los iones de Fe++ y Al++ de las partículas de arcilla y precipitarlos de la solución del suelo en forma de hidróxidos no solubles, eliminando o disminuyendo los procesos de fijación de P.

La Figura 11 muestra el efecto de diferentes niveles equivalentes de encalado en el nivel de saturación de Al de un ultisol en Pucallpa, Perú. Se observa que el nivel de cal corrigió gradualmente y en forma lineal el pH, aunque su efecto fue bastante más alto a todo nivel de encalado a los cuatro meses de la incorporación en los 15 cm superficiales que seis meses después. Esto indica el poco efecto residual del encalado.

De otro lado, el efecto del encalado sobre el porcentaje de saturación de Al es mayor a niveles más bajos de encalado, y su efecto es más estable con el transcurso del tiempo después de la incorporación.

Otra solución es utilizar especies gramíneas y leguminosas adaptadas a suelos ácidos con niveles de saturación de Al altos y con capacidad para aprovechar el P insoluble. La Figura 12 muestra el nulo efecto del encalado

a niveles de fertilización medios y bajos y su muy limitado efecto sobre una especie adaptada como *B. decumbens,* inclusive sin fertilización.

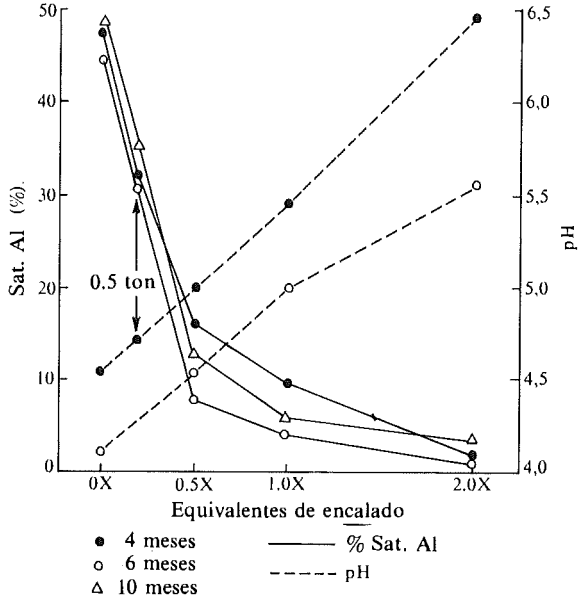


Figura 11. *Efecto del encalado sobre el porcentaje de saturación de Al y el pH, 4, 6 y 10 meses después de la incorporación de cal en los 15 cm superficiales en un ultisol de Pucallpa, Perú.* Fuente: Ara y Toledo, 1979.

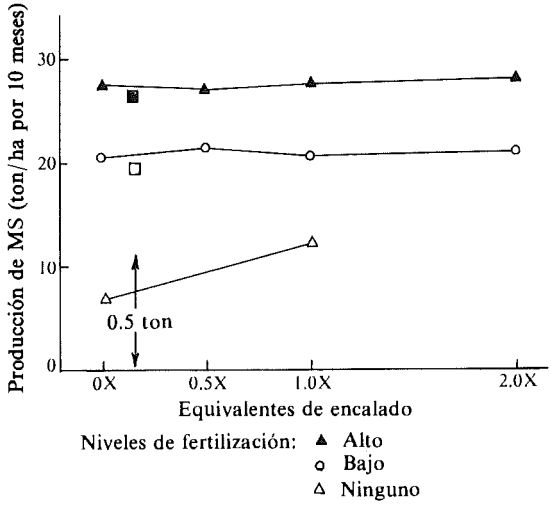


Figura 12. *Efecto del encalado sobre la producción de* **Brachiaria decumbens** *en Pucallpa, Perú.* Fuente: Toledo, 1979.

La selección de especies y ecotipos de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas a la gama de condiciones de la Amazonía (climas, suelos, plagas y enfermedades) debe dar excelentes resultados que permitan incrementar la productividad y garantizar la estabilidad de las praderas.

En los últimos 40 años, diversas estaciones experimentales y granjas estatales han introducido un buen número de gramíneas y leguminosas en la región, pero su presencia no ha sido significativa, ya que estas introducciones no pasaron de ser meras colecciones o jardines que jamás fueron adecuada y sistemáticamente evaluadas. El Cuadro 6 presenta una lista de los géneros, especies y cultivares introducidos en la región.

En las ganaderías de la Amazonía son comunes las praderas con especies no adaptadas, con problemas de inestabilidad ocasionados por los cambios de fertilidad del suelo y por plagas y enfermedades. Lógicamente, los problemas de las praderas afectan el comportamiento animal.

Cuadro 6. **Gramíneas y leguminosas forrajeras mejoradas, introducidas en la Amazonía.**

Gramíneas		Leguminosas	
Géneros	Especies y cultivares	Géneros	Especies y cultivares
Andropogon	2	*Cajanus*	1
Azonopus	10	*Centrosema*	22
Brachiaria	10	*Calopogonium*	1
Chloris	2	*Canavalia*	4
Cynodon	9	*Cassia*	1
Digitaria	6	*Clitoria*	1
Echinochloa	2	*Desmodium*	7
Eragrostis	2	*Dolichos*	1
Eriochloa	4	*Galactia*	9
Hemarthria	1	*Glycine*	5
Hyparrhenia	1	*Leucaena*	10
Melinis	2	*Lotononis*	1
Panicum	22	*Macroptilium*	2
Paspalum	11	*Macrotiloma*	2
Pennisetum	35	*Periandra*	1
Saccharum	10	*Phaseolus*	1
Setaria	14	*Pueraria*	2
Sorghum	7	*Rhynchosia*	1
Tripsacum	1	*Stylosanthes*	25
		Stizolobium	1
		Teramnus	2
		Zornia	1
Totales	151		101

Fuente: Serrão y Simão Neto, 1975; Serrão y Falesi, 1977.

Productividad animal

Ganado vacuno. La producción animal puede incrementarse fuertemente solucionando los problemas de manejo en cuanto al P necesario para el crecimiento estable de gramíneas y especialmente de las leguminosas que a su vez incorporan N en el sistema mediante la simbiosis. Toledo y Morales (1979) registran promedios de seis años de un experimento que compara la pradera "tradicional" de *H. rufa* sola con una pradera mejorada que incluye *H. rufa* + *Stylosanthes guianensis* + 100 kg de superfosfato simple de Ca aplicados anualmente.

El Cuadro 7 muestra que la inclusión de la leguminosa y la fertilización con P,S y Ca provenientes del SFS, produjeron una mejora del 44 por ciento en la capacidad de carga del potrero, duplicaron las ganancias de peso por animal y triplicaron la producción de carne por hectárea.

Cuadro 7. **Comportamiento animal y producción de carne por ha en praderas tradicionales y mejoradas en Pucallpa, Perú. Promedio de seis años.**

Tratamientos		Ganancia de peso	
Tipo de pradera	Carga (cabeza/ha)	por animal (g/día)	por hectárea (kg/año)
Hyparrhenia rufa (tradicional)	1.2	160	70
	1.5	169	92
	1.8 (100%)*	227 (100%)*	149 (100%)*
	1.9	215	149
	2.1	169	129
	2.3	203	170
	2.6	160	151
Hyparrhenia rufa + *S. guianensis* + 100 kg/ha/año de SFS (mejorada o "pionera")	2.1	403	308
	2.4	401	351
	2.6 (144%)*	495 (218%)*	469 (314%)*
	2.7	340	335
	3.0	345	377
	3.1	439	496
	3.6	350	459
	4.1	286	428

* Porcentaje comparativo entre los tratamientos que resultaron con mejores ganancias de peso por animal y por ha.

Fuente: Adaptado de Toledo y Morales, 1979.

De la Torre *et al.* (1977) informan que una pradera de *B. decumbens* que recibió 280 kg de N, 18 kg de P y 42 kg de K/ha/año, manejada intensivamente en rotación con intervalos de 23 días, soportó una carga de

3,45 vacas/ha y dio una producción diaria de leche de 8,75 litros por vaca, para un total de 30,5 litros diarios de leche/ha con sólo la suplementación de sales minerales (Cuadro 8).

Estos resultados dan una idea del potencial de la Amazonía para la producción animal en praderas. Resaltan aquí las mayores cargas que son capaces de soportar las praderas establecidas en el ecosistema de bosque, en comparación con las capacidades de carga de las praderas nativas de sabanas o cerrados.

Cuadro 8. **Producción de leche y manejo de vacas lactantes Cebú x Holstein pastoreando *B. decumbens* fertilizado en Pucallpa, Perú. Promedio de dos años.**

Parámetro	Promedio por estación		Promedio anual
	Lluviosa (8 meses)*	Seca (4 meses)*	
Pastoreo:			
Intervalo promedio (días)	22.75	22.20	22.57
Capacidad de carga promedio (vacas/ha)	3.80	2.75	3.45
Producción de leche:			
Promedio por vaca (kg/vaca/día)	9.00	8.20	8.75
Promedio por ha (kg/ha/día)	34.40	22.75	30.52

* Duración de la estación.

Fuente: De la Torre *et al.*, 1977.

Búfalos. Una alternativa interesante para la producción animal con el fin de aprovechar las extensas áreas de suelos inundables es el búfalo doméstico de agua, cuya población actual en Suramérica está en su mayor parte en la Amazonía del Brasil.

Nascimento *et al.* (1979) registraron índices productivos para los búfalos superiores a los de los bovinos (Cuadro 9). El búfalo de agua produce carne, leche y trabajo en praderas de baja calidad y de difícil acceso para animales Cebú.

El Cuadro 10 presenta coeficientes de digestibilidad de la materia seca (MS) y la fibra cruda (FC) de heno de *Melinis minutiflora* supermaduro. En esta prueba se extrajo fluído ruminal de búfalos y ganado Cebú y europeo, procediéndose al proceso normal de digestibilidad *in vitro*. Los resultados muestran que los coeficientes de digestibilidad de la MS y de la FC son en general bajos, debido a la pobre calidad del heno digerido. Sin embargo, el fluído ruminal del búfalo dio una digestibilidad de la MS

ligeramente superior a la obtenida con fluidos de las otras dos especies animales. Esta diferencia en el coeficiente de digestibilidad fue aún mayor en el caso de la FC. Esto sugiere una flora ruminal celulósica bastante más efectiva en el rumen del búfalo, lo que explicaría una mejor utilización de los forrajes toscos de la región y una productividad mayor que la del ganado Cebú y europeo en las condiciones de la Amazonía.

Cuadro 9. **Indices productivos predominantes en la Amazonía para bubalinos y bovinos.**

Parámetros	Bubalinos	Bovinos
Natalidad (%)	60-70	40-50
Mortalidad (%)		
primer año	5-6	10-11
primer y segundo año	3-4	6-7
adultos	1-2	2-3
Descarte (%)	6	9
Edad al beneficio (años)	2-3	3.5-5.0
Peso al beneficio (kg)	300-400	300- 350
Producción de leche (kg/lactancia)	1000-1400	800-1200

Fuente: Nascimento *et al.*, 1979.

Cuadro 10. **Coeficientes de digestibilidad** *in vitro* **de heno supermaduro de** *Melinis minutiflora* **usando inóculos terminales de búfalo y ganado bovino Cebú y europeo.**

Especie (raza)	Coeficientes de digestibilidad	
	Materia seca	Fibra cruda
Búfalo (Jafarabadi)	34.0	31.6
Cebú (Gir)	31.1	24.7
Europeo (Holstein)	30.6	23.1

Fuente: Nascimento *et al.*, 1979.

Las ventajas del búfalo sobre el ganado vacuno se presentan en los Cuadros 11 y 12. El Cuadro 11 compara los pesos corporales en el nacimiento y a los 24 meses de animales de diferentes razas de las dos especies en pastoreo en praderas nativas en Belém, Brasil. Bajo las condiciones de la evaluación, el peso de los búfalos al nacer fue consistentemente mayor que el de los bovinos; igualmente, el peso de los búfalos a los 24 meses fue superior al de los bovinos.

El Cuadro 12 muestra datos sobre comportamiento animal y del pasto para novillos de búfalo y Cebú, bajo pastoreo rotacional en *Echinochloa pyramidalis*. Inicialmente, los novillos de búfalo de la misma edad (24

meses) pesaron más que los de Cebú, y los aumentos de peso/animal por día fueron también superiores en el caso de los búfalos. No obstante, la capacidad de carga de los potreros fue mayor en términos de animales Cebú, lo cual compensó en este caso la ventaja de los búfalos cuando se expresa la producción en ganancia de peso/ha.

Cuadro 11. **Promedios de peso al nacer y a los 24 meses de bubalinos y bovinos en pastos nativos en Belém, Brasil.**

Especie (raza o tipo)	Peso al nacer		Peso a los 24 meses	
	No.	kg	No.	kg
Búfalos:				
(Mediterráneo)	71	36.8	19	369.0
(Carabao)	32	36.8	10	322.7
(Jafarabadi)	26	36.2	8	308.3
Bovinos:				
(Canchin)	13	30.9	16	281.8
(Nelore)	28	24.5	22	264.7

Fuente: Nascimento *et al.*, 1979.

Cuadro 12. **Ganancia de peso y manejo de novillos bovinos y bubalinos en *Echinocloa pyramidalis* bajo rotación en Belém, Brasil.**

Parámetro	Cebú Nelore	Búfalo Mediterráneo
Edad inicial (años)	2	2
Peso inicial (kg/animal)	187.3	300.7
Peso final (kg/animal)	305.8	483.8
Ganancia de peso (g/an/día)	353.0	545.0
Capacidad carga (an/ha/año)	3.4	1.9
Ganancia peso/ha (kg/ha/año)	404.0	382.1

Fuente: Nascimento *et al.*, 1979.

La producción de leche de búfalo es superior a la de bovinos (Nascimento, 1979). La composición de la leche producida por vacas de ambas especies es también diferente. El más alto contenido de sólidos de la leche de búfalo la hace más rica y más productiva para la elaboración de quesos. Sin duda, el búfalo es un animal promisorio que está llamado a cumplir un papel importante en la ganadería amazónica futura.

Necesidades de Investigación

Dadas las condiciones del ecosistema, la Amazonía exige niveles de manejo de intensidad media a alta. No se puede pensar en modificaciones extensivas, pues económica y ecológicamente el cambio del bosque natural por pastos es muy costoso. Tampoco es justificable desmontar para utilizar únicamente la fertilidad inicial alta después de la quema, y una vez que ésta se vuelva limitante, simplemente disminuir la presión de pastoreo en las áreas degradadas y talar nuevas áreas de bosque.

La investigación debe dar prioridad a los componentes tecnológicos que solucionen el problema de la inestabilidad de la producción de pastos después de la tala y quema del bosque original. Estos son:

- Selección por capacidad de uso de las áreas de la Amazonía con vocación para el establecimiento de pastos y explotaciones ganaderas.

- Selección de especies adaptadas a las diferentes condiciones de los ecosistemas amazónicos (clima, suelo, enfermedades y plagas, y bajo P en el suelo).

- Estudios *in situ* sobre reciclamiento de nutrimentos en diferentes tipos de bosque y praderas bajo diferente manejo.

- Determinación de métodos más eficientes de aplicación de P (fuentes, frecuencias, efectos residuales, etc.)

- Estudios de microbiología de suelos en relación con microorganismos que propicien la absorción del P por las plantas forrajeras (*Mycorrhiza*, etc.).

- Estudios de deficiencia de otros elementos y su corrección para las variadas condiciones de suelos de la Amazonía.

- Desarrollo de técnicas de recuperación de praderas degradadas.

- Manejo de especies gramíneas y leguminosas en asociación, bajo pastoreo, en condiciones inundables y no inundables.

- Sistemas agro-silvo-pastoriles (praderas + bosques, praderas + plantaciones, etc.).

- Desarrollo de razas o tipos de ganado productivo, de doble propósito para zonas de latitud y altura bajas.

Bibliografía

Alvim, P. de T. 1973. **Los trópicos bajos de América Latina: recursos y ambiente para el desarrollo agrícola.** *In* Simposio sobre el Potencial de los Trópicos bajos de América Latina, Cali, Colombia. pp. 43-61.

———. 1976. **Floresta amazônica: equilíbrio entre utilização e conservação.** Ciência e Cultura 30(1):9-16.

———. 1978. **A expansão de fronteira agrícola no Brasil.** Primer Seminario Nacional de Política Agrícola, Brasilia. 32 p.

Ara, M.; Toledo, J. M. 1979. **Fertilización de pasturas en Pucallpa, Perú.** CIAT, Cali, Colombia. Boletín Informativo de Pastos Tropicales no. 1. pp. 6-8.

Bandy, D.E.; Benítez, J. R. 1977. **Proyecto internacional de suelos tropicales-Yurimaguas, Perú.** Ministerio de Alimentación y North Carolina State University. 32 p.

Buol, S.W.; Hole, F.D.; McCracken, R. J., 1973. **Soil genesis and classification.** Iowa State University Press, Ames. 360 p.

Bradley, R.S.; Oliveira, L.A.; Podestá Filho, J.A.; St. John, T.V. 1978. **Fixação de nitrogênio associada com raizes em solos diferentes na floresta de Amazônia central.** INPA, Manaus, Brasil, 16 p.

Dantas, M.; Rodríguez, I.A. 1980. **Plantas invasoras de pastagems cultivadas na Amazônia.** Boletím de Pesquisa no. 1, EMBRAPA-CPATU, Belém, Pará, Brasil. 23 p.

De la Torre, M.; Pezo, D.; Echevarría, M. 1977. **Producción de leche en base a pastoreo en la Amazonia peruana.** *In* Resúmenes VI Reunión ALPA, La Habana, Cuba. 42 p.

Ducke, A. 1949. **As leguminosas da Amazônia brasileira.** Boletím Técnico do Instituto Agronómico do Norte. 19:53-94.

———; Black, G.A.; Fróes, R.L. 1950. **Notas sobre a flora neotrópica.** III Boletím Técnico do Instituto Agronómico do Norte no. 19. 97 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárica-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. 1979. **Relatorio técnico anual do Centro Nacional do Trópico Úmido 1977.** Belém, Pará, Brasil. 178 p.

Falesi, I.C. 1976. **Ecossistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira.** Boletím Técnico no. 1, EMBRAPA-CPATU, Belém, Pará, Brasil. 193 p.

———; Bastos, T.X.; Moraes, V.H.F. 1972. **Zoneamento agrícola da Amazônia (1a. aproximação).** Boletím Técnico de IEPAN no. 54. 153 p.

Ferreira, R. 1971. **Flora invasora de los cultivos de Pucallpa y Tingo María.** Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú 265 p.

Ferreira da Silva, L.F. 1978. **Influência de manejo de un ecossistema nas propiedades edaficas dos Oxisoles de Tabuleiro.** CEPLAC-SUDENE, Brasil. 25 p.

Gibbs, R.J. 1967. **The geochemistry of the Amazon River system.** Geological Society of America Bulletin 78. pp. 1203-1232.

Golley, F.B.; McGinnis, J.T.; Clements, R.G.; Child, G.I.; Denver, M.J. 1976. **Mineral cycling in a humid tropical forest ecosystem.** T.I.E. Athens, Georgia, Estados Unidos*

Gonçalves, C.A.; Madeiros, J.C.; Curi, W.J.; Jorge, M.J.; 1979. **Produção de gramíneas e leguminosas forrageiras no territorio federal de Rondônia.** Comunicado Técnico no. 3, EMBRAPA-UEPAE, Porto Velho, Rondonia, Brasil. 37 p.

Herrera, R.; Jordán, C.F.; Klinge, H.; Medina, E. 1978. **Amazon ecosystems. Their structure and function with particular emphasis on nutrients.** Intersciencia 3(4): 223-232.

Lee, D.H.K. 1968. **El clima y el desarrollo económico en los trópicos.** Manual Utelia no. 363, México. 246 p.

Lourenço Junior, J.B. 1979. **Relatório anual do projecto sistema de produção animal.** EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. 76 p.

Meggers, B. 1976. **Amazonía, un paraíso ilusorio.** Siglo Veintiuno, México. 248 p.

Morales, A.; Santhirasegaram, K. 1977. **Producción animal en base a pasturas en el trópico de Pucallpa, Perú.** *In* Resúmenes de la VI Reunión ALPA, La Habana, Cuba*

Nascimento, C.N. 1979. **Water buffalo production and research in Brazil.** EMBRAPA-CPATU, Belém, Pará, Brasil. 11 p.

_____; Guimaraes, J.M.; 1970. **Fatores afetando o peso ao nacer de bufalos pretos.** Boletín IPEAN (Belém, Brasil) 1(2): 1-57.

_____; Guimaraes, J.M.; Goudin, A.G. 1970. **Fatores de produtividade leiteira em bufalas pretas.** Boletím IPEAN (Belém, Brasil) 1(1): 1-36.

_____; Moura Carvalho, L.O. 1973. **Estudo comparativo de produção leiteira de bufalas Mediterrâneas em uma e duas ordenhas diarias.** Boletim Técnico IPEAN no. 56. pp. 9-14.

_____; Moreira, E.D. 1974. **Estudio comparativo sobre hábitos de novilhas bubalinas e zebuinas em pastagem.** Boletím Técnico do IPEAN. pp. 43-53*

_____; Moura Carvalho, L.O. 1978. **Características reproductivas de bufalas leiteiras da raça Mediterrâneo.** EMBRAPA, Comunicado Técnico no. 8. 5 p.

_____; Moura Carvalho, L.O.; Lourenço, J.B. 1979. **Importancia do bufalo para á pecuária brasileira.** EMBRAPA-CPATU, Belém, Pará, Brasil. 31 p.

North Carolina State University. 1974. **Agronomic-economic research on tropical soils.** Soils Science Department, Annual Report 1973. Raleigh, North Carolina, Estados Unidos. 230 p.

_____. 1975. **Agronomic-economic research on tropical soils.** Soils Science Department. Annual Report 1974. Raleigh, North Carolina, Estados Unidos. 230 p.

* Referencia incompleta (N del E).

———. 1976. **Agronomic-economic research on tropical soils.** Soils Science Department. Annual Report 1975. Raleigh, North Carolina, Estados Unidos. 312 p.

———. 1978. **Agronomic-economic research on tropical soils.** Soils Science Department. Annual Report 1976-77. Raleigh, North Carolina, Estados Unidos. 267 p.

Nye, P.H.; Greenland, D.J. 1960. **The soil under shifting cultivation.** Commonwealth Agricultural Bureaux, Inglaterra. 156 p.

———. 1961. **Organic and nutrient cycles under a moist tropical forest.** Plant and Soil 13:333-346.

Odum, H.; Pigeon, R. 1970. **A tropical rain forest.** AEC., Washington, Estados Unidos*

Oliveira, M.A.S.; Curi, W.J. 1979. **Dinámica de população e controle biológico da cigarrinha em pastagems de** *Brachiaria decumbens* **em Rondônia.** Comunicado Técnico no. 7, EMBRAPA-UEPAE, Porto Velho, Brasil. 13 p.

Pinedo, L.; Santhirasegaram, K. 1973. **Respuesta de algunas especies de pastos tropicales a la aplicación de P y Ca.** *In* Resúmenes de IV Reunión de ALPA, México. 155 p.

Reyes, C.A. 1974. **Estudio preliminar de compatibilidad de tres gramíneas y tres leguminosas en la zona de Pucallpa.** Tesis Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. 60 p.

Rolim, F.A.; Koster, H.W.; Khan, E.J.A.; Saito, H.M. 1979. **Algums resultados de pesquisas agrostológicas na região de Paragominas, Pará e nordeste de Mato Grosso.** SUDAM-IRI, Brasil. 56 p.

Saco Vertiz, C.; Bravo, G. 1967. Operación Tocache. Lima, Perú, 129 p.

Salinas, J.G.; Sánchez, P.A. 1975. **Soil-plant relationship affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus.** Ciência e Cultura 28(2): 156-168.

Sánchez, P.A. 1973. **Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical.** North Carolina State University, Technical Bulletin 219, Raleigh, Estados Unidos. 215 p.

———. 1976. **Properties and management of soils in the tropics.** Wiley and Sons, N.Y., Estados Unidos. 618 p.

Santhirasegaram, K. 1974. **Manejo de praderas de leguminosas y gramíneas en un ecosistema de selva lluviosa tropical en Perú.** *In* Manejo de Suelos en la América Tropical, N.C.S.U., Estados Unidos. pp.445-466.

———; Morales, V.; Pinedo, L.; Díez, J. 1972. **Pasture development in the Pucallpa region.** Interim Report, IVITA, Peru, 132 p.

———; Morales, V.; Reyes, C. 1973. **Second interim report on pasture development in the Pucallpa Region.** IVITA, Perú, 213 p.

* Referencia incompleta (N del E).

Serrão, E.A. 1977. **Adaptação de gramineas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia.** *In* Encontro sobre forrageiras do genero Brachiaria, pp. 21-54*

_____; Batista, H.A.; Boulhosa, J.A. 1970. **Canarana erecta lisa *Echinocloa pyramidalis* (Lam.) Hitch. et Chase.** Serie: Estudios sobre Forrageiras na Amazônia.Boletím IPEAN (Belém, Brasil) 1(1):1-35.

_____; Simão Neto, M. 1971. **Informacões sobre duas especies de gramineas forrageiras de gênero *Brachiaria* na Amazônia: *B. decumbens* and *B. ruziziensis*.** Serie: Estudios sobre Forrageiras na Amazônia. Boletim IPEAN (Belém, Brasil) 2(1):1-31.

_____; Cruz, E.S.; Simão Neto, M.; Sousa, G.F.; Bastos, J.B.; Guimaraes, M.C.F. 1971. **Resposta de tres gramíneas forrageiras (*Brachiaria decumbens, Brachiaria ruziziensis* e *Pennisetum purpureum*) a elementos fertilizantes em latosolo amarelo textura media.** Serie: Fertilidade de Solo. Boletím IPEAN (Belém, Brasil) 1(2): 1-38.

_____; Simão Neto, M. 1975. **The adaptation of tropical forages in the Amazon region.** *In* Tropical Forages in Livestock Production Systems. ASA-CSSA-SSSA special publication no. 24 pp. 31-52.

_____; Falesi, I.C. 1977. **Pastagems do Trópico Úmido Brasileiro.** EMBRAPA-CPATU, Belém, Brasil. 76p.

Seubert, C.E.; Sánchez, P.A.; Valverde, C. 1977. **Effect of land clearing methods on soil properties of an Ultisol and crop performance in the Amazon jungle of Perú.** Raleigh, North Carolina Agricultural Experiment Station and Min. de Alimentación, Perú. Journal Series Paper No. 500 Z. pp. 307-321.

Simão Neto, M.; Serrão, E.A.; Gonçalvez, C.A.; Pimentel, D.M. 1973. **Comportamento de gramineas forrageiras na região de Belém.** Comunicado Técnico IPEAN no. 44, Belém, Pará, Brasil. 19p.

_____; Serrão, E.A. 1974. **Capim quicuio de Amazônia (*Brachiaria* sp.).** Boletím Técnico IPEAN no. 58, Belém, Pará, Brasil. pp. 1-17.

Toledo, J.M.; Ara, M. 1977. **Manejo de suelos para pasturas en la selva amazónica.** Trabajo preparado para la Reunión Taller FAO-SIDA sobre Ordenación y Conservación de Suelos en América Latina, Lima, Perú. 46 p.

_____; 1979. **Resultados experimentales sobre pasturas en la Amazonía peruana.** Seminario sobre los Recursos Naturales Renovales y el Desarrollo Regional Amazónico, IICA, Bogotá, Colombia. pp. 170-179.

_____; Morales, V.A. 1979. **Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon.** *In* Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Memorias de un seminario llevado a cabo en el CIAT, Cali, Colombia. pp. 177-194.

Valdivieso, A.L. 1973. **Análisis del sistema de desmonte Le Tourneau en el trópico peruano.** Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.*

Viera, L.S.; Oliveira, N.V.; Bastos, T.X. 1971. **Os solos de Estado de Pará.** Cadernos Paraenses no. 8, IDESP, Belém, Brasil. 175 p.

* Referencia incompleta (N del E).

Una Evaluación en Perspectiva de los Cultivos Perennes en la Cuenca Amazónica

Paulo de T. Alvim*

Introducción

Los cultivos perennes han jugado un importante papel en la economía de los países situados en el trópico húmedo. Han sido producidos con gran éxito y durante muchos años en muchas regiones ecológicamente comparables dentro de la Amazonía, por su clima y, tal vez en menor grado, por sus condiciones de suelo. Actualmente las más importantes regiones productoras se encuentran en el sudeste de Asia, en algunos países africanos y en algunas áreas dispersas del trópico americano, fuera de la cuenca amazónica. Vale la pena mencionar que donde los cultivos perennes tienen éxito, las prácticas de cultivo desarrolladas por los agricultores se encuentran muy adelantadas y a tono con las buenas técnicas agronómicas dictadas por la investigación.

Dos de los cultivos perennes más importantes, el caucho y el cacao, son originarios de la Amazonía, pero sólo recientemente los países de la cuenca le han prestado atención a la investigación de estos dos cultivos y al desarrollo de la agricultura comercial.

Lo mismo puede decirse de otros cultivos tropicales principales, cuales son la palma de aceite, el cocotero, el banano, etc. La historia nos enseña que en el trópico la agricultura científica siempre se ha iniciado en los países industrializados interesados en promover el cultivo de algunos productos de exportación en sus antiguas colonias o en sitios donde se pudiese obtener mejor retorno a su inversión. Posiblemente la única excepción a la regla la constituye el cultivo del café en Brasil. Bien podría pensarse que las actividades de investigación de cultivos perennes tropicales podrían haberse iniciado muchísimo antes, si la región hubiese dependido políticamente de algún país industrializado que hubiera estado interesado en el pasado en los productos de la agricultura tropical.

* Director Técnico-Científico, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Caixa Postal 7, 45600 Itabuna, Bahía, Brasil.

Hay evidencias de que la falta de asistencia técnica al agricultor y una investigación agronómica inadecuada fueron las razones principales por las cuales los diversos intentos de plantar cultivos perennes no tuvieron éxito en el pasado. En algunos países se presta más atención a estos problemas actualmente. Algunos cultivos perennes arbustivos como el cacao, la palma de aceite, el caucho y la pimienta se cultivan con resultados satisfactorios en algunas áreas de la Amazonía, especialmente en Brasil, gracias a las mejores prácticas culturales desarrolladas por la investigación nacional. Se reconoce que aún hay mucho por hacer en el campo de la investigación de tales cultivos, no solamente para decidir cuáles pueden recomendarse para determinados sitios, sino también cómo podrían cultivarse o cuál sistema de producción resultaría más ventajoso, tanto desde el punto de vista de la economía, como de la ecología. Igualmente, se precisa investigación sobre muchas plantas perennes originarias de la Amazonía que podrían convertirse en cultivos comerciales importantes en el futuro.

El presente trabajo pretende resumir y evaluar lo que actualmente se conoce el tema. Para un análisis general de los requisitos ecológicos de los cultivos tropicales más conocidos, se sugiere referirse al libro editado por Alvim y Kozlowsky (1977). Parte de la información incluída en el presente trabajo, al igual que la de muchas otras publicaciones referentes a la agricultura en la Amazonía, se basa en suposiciones teóricas más que en estudios de casos bien documentados.

Ventajas y Limitaciones de los Cultivos Perennes

Los cultivos perennes, al igual que las plantaciones forestales, se consideran la mejor forma de utilizar la tierra en regiones tropicales tales como la Amazonía, donde la precipitación pluvial es alta y los suelos son en su mayoría pobres e infértiles. Desde el punto de vista de la ecología, los primeros presentan ventajas obvias sobre los cultivos anuales. La más importante ventaja es la protección que brindan contra la degradación del suelo causada por la lixiviación, la erosión y la compactación. La lixiviación es tal vez el más grave enemigo de la agricultura en el trópico húmedo. Para usar una "explicación" teleológica, la naturaleza parece haber "inventado" árboles con el fin primordial de hacer el trabajo de reciclamiento de los nutrimentos del suelo, impidiendo en consecuencia la lixiviación. No es pues sorprendente que los árboles constituyan siempre el componente predominante de los ecosistemas naturales en todas las regiones en donde la lixiviación puede llegar a convertirse en un problema (i.e., donde la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial durante la mayor parte del año).

Otra ventaja importante de los cultivos perennes, en comparación con los anuales, es su menor demanda de nutrimentos del suelo, a veces acompañada de mayor tolerancia a la acidez del suelo y/o a la toxicidad por aluminio, que son problemas de común ocurrencia en la mayoría de las áreas tropicales de América Latina. La inferior demanda de los nutrimentos del suelo no parece deberse solamente al reciclamiento de minerales —una función que los cultivos anuales no pueden desempeñar eficientemente— sino que parece estar relacionada también con el hecho de que los productos cosechados de los cultivos perennes, por lo regular, tienen un contenido inferior de nutrimentos del suelo que los productos de los cultivos anuales. Indiscutiblemente, productos tropicales tales como el caucho, el azúcar, los aceites vegetales, las fibras y las féculas alimenticias primordialmente se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno e incluyen solamente una pequeña fracción de elementos minerales extraídos del suelo. En otras palabras, los cultivos tropicales perennes "exportan" del campo principalmente elementos extraídos del aire (carbono y oxígeno) y del agua (hidrógeno) mediante el proceso de la fotosíntesis.

Aunque hay razones para albergar optimismo en cuanto a la posibilidad de utilizar los cultivos perennes en el desarrollo de los programas para la Amazonía, existen algunas limitaciones obvias que se deben tener en cuenta. Tales limitaciones variarán según el cultivo, pero la más general es que se conocen muy pocos cultivos perennes que se puedan recomendar para siembra comercial en el área. Más aún, muchos de estos pocos cultivos perennes tienen un mercado potencial verdaderamente limitado y no se pueden sembrar en gran escala. Según se ve el problema hoy en día, las limitaciones no se deben solamente a las pocas alternativas que se le pueden ofrecer al agricultor potencial, sino también a que el área total que se sembrará con algunos de los cultivos conocidos, será relativamente pequeña comparada con la inmensa extensión de la cuenca amazónica. Posiblemente se podría pensar en un área total de dos o tal vez tres millones de hectáreas que se podrían sembrar en los próximos 20 ó 30 años con cultivos tradicionales, tales como caucho, palma de aceite, cacao, coco y otros pocos. Si se incluyen cultivos semi-perennes como la caña de azúcar, el banano, la piña, etc., el área total de siembra sería indiscutiblemente mayor, tal vez dos veces más grande, pero, aún así, no ocuparía más de un 1 por ciento de la Amazonía. Dentro de este contexto, los cultivos perennes podrían considerarse por el momento como adecuados para promover polos de desarrollo bien escogidos en la Amazonía, pero no como la panacea para el desarrollo de la región en su totalidad.

Entre las diversas alternativas para el uso de la tierra, la producción comercial de madera, pulpas y otros productos forestales (carbón, metanol, etc.), bien sea mediante plantaciones forestales o mediante

prácticas de manejo auto-sustentadas, aplicadas a la selva natural, parecen tener mejores posibilidades para una amplia expansión en la Amazonía, que los relativamente pocos cultivos perennes sobre los cuales los agrónomos tienen actualmente suficiente conocimiento.

Otro problema con los cultivos de plantación es el tiempo entre la siembra y una producción redituaria. Esto resulta particularmente inconveniente para los pequeños agricultores, quienes obviamente precisan de otras fuentes de ingreso durante los años iniciales de sus plantaciones. Este problema se resuelve parcialmente mediante la siembra de cultivos de ciclo breve, cuales son el banano, el ñame, la yuca y otros, destinados a consumo humano, antes y durante la fase inicial de la plantación; no obstante, tal práctica no siempre resulta factible o suficientemente atractiva para el pequeño agricultor. Igualmente, puede retardar por competencia el crecimiento del cultivo permanente.

Existen algunos programas de asentamientos humanos dirigidos por los gobiernos, tales como el del Programa Federal de Desarrollo de Tierras de Malasia (Federal Land Development Program, FELDA), que parecen haber encontrado una solución al problema mediante la financiación del establecimiento de cultivos perennes durante los cuatro o seis años iniciales, y la postergación del asentamiento de los pequeños agricultores en sus tierras hasta cuando ya casi se inicia la cosecha. Durante la fase inicial del proyecto, los núcleos humanos futuros trabajan como empleados en el establecimiento de la nueva plantación. El mencionado sistema parece ser uno que vale la pena ensayar en la Amazonía para algunos cultivos perennes, especialmente caucho y palma de aceite.

Cultivos Perennes y Semi-perennes para la Amazonía

Actualmente los cultivos principales que parecen ofrecer las mejores posibilidades para expansión en la Amazonía son el cacao, el caucho y la palma de aceite, y, posiblemente, la caña de azúcar (especialmente para producción de alcohol). Se está sembrando café (*Coffea arabica*) con resultados promisorios en unas pocas áreas de la Amazonía brasileña, especialmente en Rondônia (12°C), a alturas superiores a los 300 metros donde la temperatura no es muy alta y los suelos son alfisoles. Dependiendo de las oportunidades futuras del mercado, el café robusta (*Coffea canephora*), que es más tolerante a las temperaturas ecuatoriales, posiblemente juegue un papel en la agricultura comercial en otras regiones de la Amazonía, pero por el momento no parece tan promisorio como los cultivos mencionados anteriormente. El coco y el banano que parecen ser adecuados ecológicamente para la Amazonía, no son interesantes desde el punto de vista comercial, aunque los dos podrían utilizarse en combinación con las especies tolerantes al sombrío, como el cacao.

El caucho

La historia de la Amazonía está estrechamente vinculada a la historia del caucho (*Hevea brasiliensis*). Indiscutiblemente, fue el caucho el que primero atrajo la atención hacia la región amazónica. No solamente por lo ya dicho, sino por su importancia económica y estratégica, el caucho merece ser analizado antes de entrar a considerar otro cultivo perenne.

Hace aproximadamente un siglo el mundo conocía el caucho como un producto que se extraía de árboles silvestres que se encontraban en la selva amazónica. Actualmente la región de la Amazonía produce menos del 1 por ciento de la producción mundial, que se calcula en tres millones de toneladas por año.

Cuando en 1838, Charles Goodyear desarrolló el proceso de vulcanización, el caucho llegó a conocerse como un producto comercial. Este acontecimiento desató la búsqueda del caucho silvestre y aumentó la migración hacia la Amazonía; sin embargo, no fue hasta 1888, con el invento de la llanta neumática y del automóvil que se produjo el incremento en la demanda del producto y se originó la llamada "bonanza del caucho" de la Amazonía, la cual se prolongó hasta 1912. En este año, la producción de caucho en el sureste asiático superó la de la Amazonía, produciendo una brusca baja en los precios con graves consecuencias económicas para los países del área, especialmente para Brasil, que era entonces el primer exportador de caucho. No obstante, "el principio del fin" se había iniciado 35 años antes, en 1876, cuando se le permitió al ciudadano británico Henry A. Wickham llevar 70,000 semillas de Hevea de la región de Tapajós a Kew Gardens en Londres. De las 2397 plántulas producidas a partir de tales semillas, 1900 se enviaron a Ceilán, dos a Buitenzorg, en Java Occidental, y otras a Malasia. Este es el origen de las plantaciones de caucho en el sureste asiático.

Los primeros intentos de cultivar caucho en la Amazonía tuvieron poco éxito. El malhadado experimento de Henry Ford en el área de Tapajós, cercana a Santarém es el mejor ejemplo. En 1926, Ford compró aproximadamente un millón de hectáreas de tierras para sembrar caucho en un sitio que inicialmente se denominó Fordlandia y posteriormente Belterra. En ese momento no se sabía prácticamente nada sobre la grave enfermedad de la hoja denominada "añublo suramericano de la hoja" (SALB), causada por el hongo *Microcyclus ulei*. Esta enfermedad es endémica en todas las regiones tropicales de América Latina, pero no se encuentra en otros continentes donde las plantaciones de caucho son un éxito. Otras enfermedades del caucho también se presentan en la Amazonía, por ejemplo, la enfermedad causada por *Phytophthora*

palmivora. Existen igualmente algunas plagas de insectos siendo la más problemática la oruga defoliadora *Erinnyis ello,* pero, hasta el presente, el mayor obstáculo al cultivo del caucho en el área de la Amazonía, y sin duda la causa del fracaso de Ford, ha sido *M. ulei.* En 1939 el mencionado proyecto se abandonó y, en 1944 se vendió el área al gobierno brasileño por un precio simbólico.

En años recientes se han desarrollado métodos para el control de *M. ulei,* y ésto abre nuevas posibilidades para expandir las plantaciones de caucho. Un logro importante ha sido la selección en Brasil de diversos clones que presentan resistencia al añublo suramericano de la hoja (SALB), cuales son el IAN 3087, IAN 2903, IAN 3193, Fx 3899, que actualmente se están sembrando de manera extensiva. En el estado de Bahía, los clones resistentes que actualmente se recomiendan son Fx 9851, Fx 3844, Fx 4163, Fx 2261 y Fx 3864.

Las siembras comerciales de caucho en Brasil se establecieron aproximadamente hace 30 años en el estado de Bahía, donde se encuentran unas 25,000 ha en cultivo. La mayoría de las siembras originales se hicieron con el clon Fx 25, que en ese entonces se clasificó como resistente al SALB. A mediados de la década del 60 se presentó un grave brote de la enfermedad en Bahía, que causó gran daño a todas las plantaciones que habían sido sembradas con ese clon específico. CEPLAC, en consecuencia, inició un programa de investigación con el fin de controlar la enfermedad con fumigaciones aéreas, al igual que con bombas aspersoras de alta presión. Se obtuvieron magníficos resultados y actualmente la fumigación con fungicidas se ha convertido en práctica común en el estado de Bahía, especialmente en las áreas sembradas con Fx 25. Cada año durante los meses de agosto y septiembre se fumigan un promedio de 5,000 a 6,000 ha en el momento en que se desarrollan nuevas hojas que son las susceptibles al hongo.

En Brasil la investigación también ha demostrado que el daño ocasionado por el SALB se puede disminuir al máximo y, más aún, evitarse completamente si se siembra el caucho donde la renovación foliar o la "invernada" se presenta en períodos secos bien definidos (Moraes, 1974). En la región amazónica tres meses consecutivos con una precipitación pluvial inferior a 50 ó 60 mm/mes* son suficientes para prevenir un daño grave causado por el SALB. Igualmente, se ha demostrado que la enfermedad causa poco daño en las plantaciones situadas cerca a grandes masas acuáticas (océanos, lagos o amplios ríos). Esto puede explicarse como resultado de una reducción en la formación de rocío, aparentemente

* Esta corresponde a la Subregión B del trabajo de Cochrame y Sánchez en este libro (Nota del editor.)

como consecuencia de una radiación neta más alta o de una turbulencia eólica mayor en tales sitios.

Otro método recomendado actualmente en Brasil para controlar el SALB en aquellas áreas que carecen de estación seca (Subregión A), o en donde no existe posibilidad de que los rebrotes se escapen a la enfermedad, es utilizar plantas injertadas, con follaje de *Hevea pauciflora* y el tronco de clones de alto rendimiento de *H. brasiliensis*. La primera no es una especie muy productiva pero ha demostrado que es completamente inmune al SALB. Al injertarla en clones de alto rendimiento de *H. brasiliensis* se evita la enfermedad, y los rendimientos son razonablemente buenos (Moraes, 1974).

Actualmente Brasil importa aproximadamente 75,000 ton de caucho natural por año y produce solamente 25,000, de las cuales un 90 por ciento se obtienen de árboles silvestres. El pronóstico de un aumento de consumo en el Brasil a 200,000 ton/año para 1980, indujo un ambicioso programa de siembra de 120,000 hectáreas de caucho para 1982 (Programa de Borracha-PROBOR). La Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) estableció un Centro de Investigación de Caucho cercano a Manaus, y la siembra se incentiva mediante un generoso programa de crédito a los agricultores. Hasta la fecha solamente se han sembrado 30,000 ha. El principal factor limitante ha sido la producción de material de propagación en cantidades suficientes para satisfacer la demanda de los agricultores. En consecuencia, el programa ha sido revisado para lograr la meta en 1984.

La palma de aceite

La palma africana (*Elaeis guineensis*) es reconocida como la planta más eficiente para la producción de aceite jamás cultivada por el hombre. Con buenas prácticas agronómicas produce entre 4 y 6 ton de aceite por ha/año, en comparación con 1.5-2.5 ton de la palma de coco, 1 ton de la soya, 1 ton del girasol y menos de 0.8 ton del algodón y el maní.

La mayoría de las siembras comerciales de la palma de aceite se encuentran ubicadas en áreas cuyas temperaturas anuales fluctúan entre 24 y 27°C, con precipitaciones anuales promedio entre 1800 y 2500 mm y, 1500 o más horas de luz solar por año, preferiblemente por encima de las 2000 horas. Para un rendimiento óptimo la precipitación debe ser más o menos bien distribuída durante el año. En las regiones donde se presenta una estación seca muy pronunciada o donde la estación húmeda es muy encapotada, los rendimientos se pueden afectar drásticamente.

Con base en el conocimiento que se tiene del clima de la cuenca amazónica, se puede afirmar que allí se encuentran regiones favorables para el cultivo de la palma africana en casi todas partes, pero las mejores regiones en cuanto a distribución de precipitación pluvial parecen ser aquellas situadas entre el Río Negro y los Andes de Colombia, Ecuador y Perú y en una pequeña área cerca de Belém (Moraes y Bastos, 1972). La parte central de la baja Amazonía (Subregión B) presenta el inconveniente de tener épocas secas relativamente prolongadas.

En relación con el suelo, la palma africana no es un cultivo muy exigente. La planta es tolerante a la acidez del suelo y/o a la toxicidad por aluminio, sin que haya necesidad aparente de encalar. La mayoría de las siembras comerciales se han establecido en suelos con pH entre 4 y 6, y se sabe de muchos ejemplos de plantaciones exitosas hechas en arcillas caoliníticas, químicamente pobres, donde los requerimentos de abonamiento han sido relativamente modestos (Ferwerda, 1977).

De las anteriores consideraciones se desprende que la palma africana es uno de los cultivos más promisorios para los suelos predominantemente pobres de la región amazónica. Desde el punto de vista económico, este cultivo también parece atrayente debido a la creciente demanda mundial de aceites vegetales. El consumo mundial de este tipo de aceite aumenta a una tasa de 3 por ciento anual, y durante los próximos 20 años posiblemente se duplicará. Igualmente vale la pena mencionar que el aceite de palma, al igual que otros aceites vegetales, puede remplazar con éxito al aceite diesel (ACPM) para motores. Al aumentar la escasez de combustibles fósiles, la posibilidad de cultivar palma de aceite como una fuente alterna de energía transportable, ha sido indicada ya por otros autores (Alvim y Alvim, 1979). Otros cultivos oleaginosos no parecen ser tan promisorios para tal fin, no solamente en razón de su baja productividad sino también porque requieren un suelo más fértil.

La tecnología para el cultivo de la palma de aceite es bien conocida y ya se está utilizando en algunas regiones dispersas de la Amazonía. Por ejemplo, cerca de Belém, se estableció hace 15 años una plantación de 1500 ha que está dando resultados excelentes con un promedio de producción de aceite de 4 ton/año. Hasta el momento, el mayor cuello de botella para expandir el área sembrada con palma de aceite ha sido la carencia de material de siembra mejorado producido a nivel local. Unos pocos países latinoamericanos, incluyendo Ecuador, Venezuela y Brasil, están produciendo actualmente una pequeña cantidad de híbridos de alto rendimiento que se conocen con el nombre de *tenera,* obtenidos mediante cruzamientos de los tipos genéticos *dura* (con endocarpio grueso) y tipos selectos de *psifera* (endocarpio delgado). Este método estándar para

producir material de propagación mejorado es de uso común en los principales países productores en el sureste de Asia y Africa. La mayoría de las siembras comerciales de reciente establecimiento en América Latina han utilizado semillas de *tenera* importada de la Costa de Marfil (Institut de Recherches pour les Huiles et Oleagineux, IRHO), bajo el supuesto que las diferencias ambientales no alterarán mayormente su desempeño. La necesidad de fortalecer los programas de fitomejoramiento locales es un hecho reconocido, pero hasta la fecha muy poco se ha logrado.

Una línea promisoria de investigación sería la selección de la palma de aceite amazónica, que en el Brasil se conoce como "caiaué" (*Elaies melanoccoca* = *E. oleifera*) para cruzarla con *E. guianensis*. Algunos de estos cruzamientos ya se han efectuado con resultados promisorios, pero aún se precisan muchos años de investigación antes de poder producir material de siembra superior a partir de los mencionados híbridos.

Trabajos recientes adelantados por Rabéchaud y Martin (1976) han conducido al desarrollo de una nueva técnica de propagación de la palma de aceite, mediante el cultivo de tejido, empleando discos de las hojas como material de propagación. Esto constituye un avance muy importante que ofrece la posibilidad de multiplicar, rápidamente y en gran escala, material de siembra de calidad superior, aun en el área de la Amazonía donde el programa de fitomejoramiento es incipiente. Desafortunadamente, detalles completos sobre este nuevo método de propagación no se han sacado a la luz pública y aparentemente están protegidos por una patente que tiene el IRHO.

El cacao

Se cree que el centro de origen del cacao (*Theobroma cacao*) son las faldas de la cordillera de los Andes. De la Amazonía se han exportado pequeñas cantidades de semillas durante casi tres siglos de explotación del cacao silvestre, pero la región nunca se ha convertido en un área importante de producción. Inclusive hoy en día, su producción total representa menos del 1 por ciento de la producción de América Latina, y solamente un 0.2 por ciento de la producción mundial total, que asciende a 1,5 millones de ton/año, aproximadamente.

Hasta hace relativamente poco tiempo existían muy pocos cacaotales sembrados en la Amazonía, y la producción provenía casi exclusivamente de los cacaotales naturales que, por lo regular, se encuentran a lo largo de las riberas estacionalmente inundables de los ríos ("várzeas"), donde la fertilidad del suelo es mayor. Dependiendo de la densidad de población, estos cacaotales se estima que producen solamente unos 20 a 50 kg/ha, o

sea, más o menos un 5 por ciento del rendimiento promedio de los cultivos comerciales.

El cacao no es una planta tan tolerante a los suelos pobres como el caucho o la palma de aceite. No se puede cultivar en los oxisoles y ultisoles de la Amazonía sin hacer aplicación de fertilizantes (especialmente fósforo) y encalar. Posiblemente esta ha sido la razón principal del fracaso de los intentos de años anteriores de cultivar cacao en la Amazonía. Algunos agricultores lograron establecer cacaotales en los suelos más fértiles de "várzea", donde los rendimientos siempre han sido muy bajos como consecuencia de las inundaciones periódicas.

Los estudios de suelos adelantados en la región amazónica de Brasil indican que existen áreas relativamente extensas de suelos fértiles (alfisoles), similares a los mejores suelos para cacao del estado de Bahía, que es la principal región productora de cacao en Brasil. Posiblemente existen entre ocho y 10 millones de hectáreas de suelos fértiles en la parte brasileña de la cuenca amazónica. Algunas de las áreas más extensas se hallan situadas en Rondônia, sur de Pará (Altamira y São Felix do Xingú), y la parte norte de Mato Grosso. Los experimentos adelantados por el Centro de Investigación de Cacao de la CEPLAC demostraron la posibilidad de obtener altos rendimientos del producto en dichas áreas, sin necesidad de aplicar fertilizantes o encalados. Con base en tales resultados se lanzó en 1975 un plan gubernamental (PROCACAU) con el fin de sembrar 160,000 ha de cacao en la Amazonía, en un período de 10 años. Se estima que el plan generará aproximadamente 80,000 nuevos empleos, produciendo beneficios indirectos a más de 400,000 personas. Hasta diciembre de 1979, ya se habíam sembrado aproximadamente 50,000 ha, y se espera que la meta de 160,000 se podrá completar en los próximos cinco años. El plan también incluye aproximadamente 15,000 ha de cacao que se sembrarán en oxisoles y ultisoles cerca de Manaus y de Belém, donde el agricultor tiene mayor disponibilidad de fertilizantes y cal.

El limitante principal para la producción de cacao en la Amazonía es la incidencia de la enfermedad superbrotamiento (escoba de bruja) causada por el hongo *Crinipellis perniciosa*. La enfermedad ocasiona graves pérdidas en el rendimiento en muchas zonas tradicionalmente cacaoteras de Ecuador, Colombia y Trinidad, en las cuales se presenta. En Brasil se están sembrando híbridos que muestran cierto grado de resistencia al superbrotamiento, pero tal resistencia se puede perder con el tiempo, como parece haber ocurrido en Ecuador. La remoción del material infectado, junto con la aspersión de fungicidas, puede ayudar a reducir la incidencia de la enfermedad, pero la experiencia en otros países ha demostrado que

tales prácticas no siempre resultan eficientes ni económicas. En términos generales, se acepta que se precisa mucha investigación para desarrollar medidas de control eficientes contra esta enfermedad.

Se han organizado diversas expediciones para recoger material vegetal en diversas regiones de la Amazonía (especialmente en Ecuador, Perú y Brasil) en búsqueda de nuevas fuentes de resistencia al superbrotamiento. En años recientes, estas expediciones han aumentado especialmente en el Brasil, conexas con los programas de fitomejoramiento en busca de mayores rendimientos y resistencia a enfermedades. En Brasil, la investigación que actualmente se adelanta hace énfasis en la epidemiología y el mecanismo de resistencia al superbrotamiento.

La caña de azúcar

Desde el punto de vista climatológico no existe duda que es posible cultivar caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la Amazonía. Para la producción de azúcar se le debe dar preferencia a aquellas áreas que tienen una época seca definida, por cuanto ésta es esencial para la acumulación de sacarosa o "maduración" de las cañas antes de la cosecha (Salter y Goode, 1967). Para la producción de alcohol, no existe una limitación de clima para cultivar caña de azúcar en la Amazonía, puesto que un período de carencia de humedad no es esencial para la maduración adecuada.

Se han obtenido altos rendimientos (aproximadamente 80 ton/ha/año) en caña de azúcar sembrada en alfisoles cerca a Altamira, en la carretera transamazónica, donde hay una estación seca de tres meses, de agosto a octubre. Igualmente, se ha informado que hay buena productividad en los oxisoles vecinos a Manaus, cuando se hace aplicación de fertilizantes.

Los limitantes principales para la producción de azúcar en la Amazonía han sido la inelasticidad de los mercados, el alto costo de la producción (especialmente los fertilizantes), y la distancia a los centros de consumo. El ambicioso programa de alcohol del Gobierno brasileño actualmente ofrece nuevas posibilidades para la caña de azúcar, al igual que para la yuca, en todo el territorio nacional, incluída la región amazónica. Con el creciente costo de los combustibles fósiles parece que la caña de azúcar se sembrará en gran escala en el futuro inmediato en muchas áreas dispersas de la región amazónica, con el fin de atender las necesidades locales de alcohol.

Cultivos Intensivos

Existe una amplia gama de cultivos perennes y semi-perennes que se producen casi siempre en pequeña escala y que encontrarían lugar como

cultivos comerciales en la Amazonía. En Brasil, los mejores ejemplos son la pimienta negra (*Piper nigrum*) y la papaya (*Carica papaya*), que se cultivan con gran éxito en el estado de Pará. Igualmente, es común el cultivo de cítricos en pequeños huertos en áreas cercanas a los centros urbanos para consumo local. Estos cultivos, al igual que otras especias y frutales que tradicionalmente se producen en otras regiones tropicales, siempre requieren manejo más intensivo que los cultivos perennes tropicales. Son más adecuados para los pequeños agricultores que los cultivos de plantación. Algunos de estos cultivos tienen un mercado más bien inelástico y, lógicamente, se precisa de investigación para definir cuáles son los más promisorios desde el punto de vista comercial.

Pimienta negra

Actualmente el cultivo de exportación más importante de la región amazónica de Brasil es la pimienta negra (*Piper nigrum*). Esta planta se introdujo en el estado de Pará en 1933, traída desde Singapur por colonos japoneses. El cultivo se concentra principalmente en la región de Tomé-Açú y en la vecindad de Belém. Más recientemente, la pimienta negra ha sido introducida con éxito en algunas áreas a lo largo de la carretera transamazónica, al igual que en el estado Amazonas. La producción total de la Amazonía brasileña es actualmente 50,000 ton/año, lo cual coloca al Brasil como tercer productor de pimienta, después de Malasia e India. El área total cultivada se estima en 20,000 ha.

Prácticamente todas las plantaciones de pimienta en el estado de Pará se han establecido en oxisoles bien drenados de baja fertilidad, pero utilizando altas tasas de fertilizantes. Casi un 70 por ciento de los costos de producción están representados por los insumos y la mano de obra. Sin embargo, debido al alto precio de la pimienta en el mercado internacional, su cultivo constituye una de las actividades más rentables en la Amazonía.

El factor limitante principal para el cultivo de la pimienta negra en la región amazónica es la alta incidencia de la pudrición de la raíz, enfermedad causada por el hongo *Fusarium solani* f. sp. *piperi*. Una pequeña estación de investigación específicamente dedicada al estudio de esta grave enfermedad se estableció en Tomé-Açú hace aproximadamente tres años, en colaboración con la Japan International Cooperation Agency, pero hasta la fecha no se ha podido desarrollar un método de control eficiente.

Debido a la pudrición radical, la mayoría de las plantaciones de pimienta en la Amazonía tienen una vida productiva promedio de ocho a 10 años

solamente, después de los cuales el área tiene que abandonarse. Los agricultores japoneses desarrollaron un sistema interesante para sustituir el cultivo con cacao; dicho sistema está dando resultados muy satisfactorios, y actualmente está siendo ampliamente adoptado en la región. Aprovechando los efectos residuales de los fertilizantes aplicados a la pimienta, se siembra el cacao sin aplicación adicional de fertilizantes, exactamente en las mismas áreas donde las plantas de pimienta comienzan a perecer como consecuencia de la enfermedad. Este mismo sistema se está utilizando con otros cultivos, por lo regular el caucho, la papaya y el maracuyá.

Papaya

La producción comercial de papaya (*Carica papaya*) es relativamente reciente en la Amazonía, pero se está convirtiendo en una actividad de gran éxito, especialmente en el estado de Pará y en algunos sitios de la Amazonía peruana. El área total sembrada es aún relativamente pequeña (aproximadamente 500 ha en Brasil) y se encuentra concentrada principalmente en la región de Castanhal, cerca a la ciudad de Belém. Más recientemente el cultivo se ha expandido hacia otras áreas, especialmente a Tomé-Açú. El cultivar Sunrise Solo es prácticamente el único que se siembra extensivamente en los oxisoles que son de común uso para la siembra de la pimienta negra; ésto implica el uso de altas tasas de fertilizantes al igual que tratamientos con herbicidas. En suelos pesados es común sembrar la papaya en camas combadas incluyendo una zanja de drenaje cada dos surcos. Unos cuantos agricultores en las vecineades de Belém utilizan la papaya como sombrío temporal para el establecimiento de nuevas plantaciones de cacao, y han obtenido resultados promisorios.

Al igual que en el caso de la pimienta negra, aunque el costo de producción es alto, el cultivo de la papaya en esta región ha demostrado ser un negocio rentable gracias al buen precio del producto y a los altísimos rendimientos que obtienen los agricultores (aproximadamente 40 ton/ha/año). La producción no sólo se consume localmente sino que parte se exporta al sur de Brasil, especialmente a Río de Janeiro y São Paulo.

Nuevos Cultivos Potenciales

Considerando la inmensidad de la cuenca amazónica y la riqueza de su flora, que se estima cubre casi 100,000 especies, el número de plantas nativas domesticadas y actualmente sembradas como cultivos comerciales parece sorprendentemente pequeño. Además del caucho y del cacao que ya se han mencionado, existen solamente otras tres especies amazónicas que son de amplio cultivo en los trópicos: la yuca (*Manihot esculenta*), la piña

(*Ananas comosus*), y el anacardo o marañón (*Anacardium occidentale*). La yuca se cultiva prácticamente en toda el área de la Amazonía, especialmente por parte de los agricultores migratorios. La piña y el marañón se encuentran tradicionalmente en huertos caseros y solamente se han establecido unas pocas plantaciones comerciales en el área de la Amazonía, como por ejemplo cerca de Belém

La National Academy of Sciences de los Estados Unidos (1975) recientemente auspició una encuesta mundial sobre plantas tropicales subexplotadas que serían promisorias para mejorar la agricultura y la calidad de la vida en las áreas tropicales. Con la experiencia y criterio de un grupo de expertos, se eligió una lista de 36 plantas, de un total de 400 especies mencionadas por los expertos en ciencias vegetales quienes respondieron a una encuesta escrita. Es interesante observar que 12 de las 36 plantas seleccionadas, o sea una tercera parte del total, son plantas nativas de la Amazonía. Hubo otras especies promisorias anotadas por diferentes autores como Le Cointe (1947), Froes (1959), Cavalcante (1976) y Schultes (1979). Excluyendo las especies maderables, que aparentemente se pueden contar por centenares, las especies perennes que se mencionan a continuación parecen ser las más promisorias para amplia explotación, dependiendo de la investigación agronómica que se adelante en el futuro.

Bertholletia excelsa (nuez del Brasil)

Los intentos de cultivar este importante árbol que se da silvestre en toda la cuenca amazónica han sido infructuosos hasta la fecha. Una desventaja es el prolongado período desde la siembra hasta la producción (15 años). Hace 25 años se estableció una plantación grande cerca de Manaus, que prácticamente se encuentra abandonada por su baja productividad. Se sospecha que el monocultivo de tales especies no brinda sitios de apareamiento para los insectos polinizantes naturales (*Bombus* spp.) que se encuentran comúnmente en las regiones selváticas, pero tal hipótesis no se ha demostrado a nivel experimental. La baja productividad de la plantación en Manaus también podría atribuirse a prácticas culturales inadecuadas (distancias de siembra muy cortas, uso de material de siembra no seleccionado, etc.).

Algunos estudios adelantados en Brasil (Moraes, 1974) indican que los clones seleccionados, propagados mediante injertos, no solamente aumentaron los rendimientos sino que redujeron considerablemente el lapso entre la siembra y la cosecha (de 15 años para plántulas a cuatro o cinco años para las plantas injertadas). Esto es un avance importantísimo para la domesticación de tan valiosa planta.

Paullinia cupana **(guaraná)**

Esta enredadera leñosa se puede considerar parcialmente domesticada por cuanto ha sido cultivada durante siglos por los indios del Amazonas. Tiene un buen potencial de mercado en Brasil, donde las semillas se utilizan para preparar un refresco que se denomina "guaraná". Actualmente existen aproximadamente 500 ha bajo cultivo en Brasil, especialmente en el estado Amazonas, y el área sembrada se está expandiendo rápidamente en respuesta al aumento de la demanda y al buen precio interno del producto.

Bixa orellana **(achiote o urucum)**

Como el "guaraná", esta popular planta procedente del Amazonas se puede considerar como parcialmente domesticada por cuanto ya se está cultivando en pequeña escala en los trópicos. El colorante que se extrae de la pulpa roja-anaranjada que recubre la semilla se emplea como colorante en los alimentos, especialmente en arroz, sopas, mantequilla, quesos, margarinas, carnes procesadas, etc. Se sabe que la planta es muy tolerante a suelos ácidos e infértiles.

Guilielma gasipaes **(pupunha, chontaduro, pejibaye, pijuayo)**

Igualmente esta planta se encuentra domesticada parcialmente y se cultiva por lo regular en huertos caseros, pero algunas pequeñas siembras de esta especie también se encuentran en la Amazonía y en América Central (Johanssen, 1966). Esta valiosa palma también conocida como "peach palm", produce no solamente un fruto muy nutritivo que se consume cocido, sino que los rebrotes se pueden cosechar como "corazones de palmitos" (Camacho y Soria, 1970).

Euterpe oleracea **(palmito)**

Ha sido explotada para producir los corazones de palmitos, pero sus frutos también se emplean para preparar una bebida bastante apreciada que se llama "açai". En algunas partes se está cultivando con métodos primitivos.

Jessenia **spp. (seje o patauá)**

Existen tres especies de interés particular: *J. polycarpa* (Colombia y Venezuela); *J. bataua* (Brasil, Venezuela y Colombia) y *J. weberbaueri* (Perú). Los frutos de estas palmas, que son poco conocidas, producen un aceite comestible de alta calidad, casi idéntico al aceite de oliva. Se considera que las plantas adultas de *J. polycarpa* pueden producir 30 kg de frutos por año, de los cuales se pueden extraer 22 kg de aceite.

Caryocar villosum **(piquiá)**

Los frutos de este árbol, al igual que los de la palma de aceite, producen dos tipos de aceite comestible, uno extraído del pericarpio y el otro de la almendra. Las almendras se consideran una de las nueces más comestibles en el trópico. Este cultivo fue introducido en Malasia por la misma persona que introdujo el caucho, pero solamente se han adelantado estudios preliminares con la planta (Lane, 1975). La investigación puede contribuir muchísimo a aumentar la productividad de tan interesante planta.

Couma **spp. (sorva)**

Este árbol, además de producir un látex de uso común en la industria de la goma de mascar, produce unos frutos que son sumamente apreciados y pueden tener valor comercial. Las especies mejor conocidas son *C. macrocarpa, C. utilis* y *C. guianensis.*

Mauritia flexuosa **(buriti)**

Esta palma crece a todo lo largo de la cuenca amazónica, principalmente a bajas altitudes en palmares cercanos a pantanos o suelos muy húmedos que son inutilizables para la agricultura. Los frutos tienen una pulpa delgada comestible, rica en vitaminas A y C. La semilla rinde aproximadamente 50 por ciento de aceite comestible. Otros productos potenciales son los "corazones de palma" de los rebrotes, un almidón parecido a la fécula de sagú que se extrae de la médula del tronco, y fibras industriales que se extraen de las hojas.

Copaifera **spp. (copaiba o palo de aceite)**

Diversas especies de este género producen una resina oleosa (conocida como bálsamo) que se extrae del tronco. Las especies más productivas parecen ser *C. officinalis* y *C. langsdorffii,* ambas nativas de la Amazonía. El aceite se ha utilizado principalmente para hacer barniz y para papel de fotografía. Antiguamente se empleaba en medicina como desinfectante. Se extrae perforando la base del tronco, la cual debe luego taponarse y renovarse para sostener la producción. Un árbol produce un promedio de 3 a 5 lt/año, pero algunos árboles han llegado a producir entre 20 y 30 lt. Recientemente se ha logrado demostrar que el aceite de *Copaifera* es un buen sustituto del ACPM lo cual lo convierte en un cultivo interesante para la investigación en el futuro.

Otro árbol de la Amazonía que es promisorio como fuente de aceite para remplazar el ACPM es el *Ocotea barcellensis,* localmente conocido con el

nombre de "louro mamorin" o "árvore do querosene". El aceite que se extrae del tronco ha sido tradicionalmente utilizado por los nativos para sustituir el kerosene (Correa, 1969), pero no existen datos sobre la productividad de la planta.

Sistemas Agroforestales

En años recientes ha surgido interés en la investigación para desarrollar sistemas agroforestales adecuados para el trópico húmedo. Estos sistemas a veces se denominan "cultivos múltiples" o agricultura estratificada o de multiestratos. Se definen como sistemas de manejo de tierras sostenibles que ofrecen la posibilidad de aprovechar al máximo el rendimiento total de un área mediante la combinación de diferentes cultivos (especialmente de perennes), de manera simultánea o en secuencia con forestales y/o animales, utilizando la misma unidad de tierra (King y Chandler, 1978).

Desde el punto de vista de la ecología, las ventajas de la agricultura agroforestal sobre las formas de la agricultura convencional se reconocen ampliamente (King y Chandler, 1978: Budowski, 1978; Huxley, 1979). Estos sistemas simulan el ecosistema selvático natural y se consideran mucho más eficientes que las plantaciones de monocultivos en cuanto a la prevención de la degradación del suelo como consecuencia de la lixiviación y la erosión. Como lo indicó Huxley (1979), el problema principal con el sistema agroforestal es que se dispone de muy pocos datos ciertos de la investigación que sean utilizables en la implantación del sistema o en la recomendación de modelos específicos para los agricultores. Los experimentos sobre sistemas agroforestales precisan de un enfoque integrado, siendo mucho más complejos que las experimentaciones de campo con un solo cultivo.

Las interacciones entre diferentes especies vegetales son por lo regular específicas para cada localidad, lo cual dificulta generalizar conclusiones a partir de estudios aislados. Por consiguiente, el sistema agroforestal se debe considerar como un campo promisorio de investigación que se debe apoyar y fomentar, especialmente en el trópico húmedo, pero no como un sistema que se pueda recomendar ampliamente para fomentar el desarrollo agrícola.

En algunas áreas de la Amazonía se han iniciado algunos experimentos agroforestales (Alvim y Dias, 1975; Andrade, 1979). En el caso de algunas especies tolerantes al sombrío, tales como el cacao y la pimienta, parece que existen buenas posibilidades para desarrollar suficientes sistemas agrícolas estratificados, empleando como sombrío plantas económicas como el cocotero, "pupunha" (*Guilielma gasipaes*), la nuez del Brasil y diversas

especies maderables valiosas (Alvim, 1979). La combinación de cacao con palma de coco es ya una práctica común en Malasia. En la India, Nelliat *et al.* (1974) propusieron un sistema de agricultura múltiple combinando siembras de coco, pimienta, cacao, canela y piña. La reciente revisión hecha por Dubois (1979) y otros trabajos en este libro brindan una evaluación general de sistemas agroforestales potenciales que podrían ensayarse en la Amazonía.

Bibliografía

Alvim, P. de T. 1979. **Agricultural production potential of the Amazon región.** *In* Sánchez, P.A. y L.E., Tergas (eds.) Pasture Production in Acid Soils of The Tropics. Memorias de un seminario llevado a cabo en el CIAT, Cali, Colombia. pp. 13-24.

———; Alvim, R. 1979. **Sources d'énergie d'origine végétale: hydrates de carbone, huilles et hydrocarbures.** Oléagineux 24:465-472.

———; Días, A.C.P. 1975. **Produtividade de solos amazônicos e'mudanças ecológicas sob diferentes sistemas de manejo.** *In* Grupo Trabajo sobre Directrices de Investigación en Sistemas de Producción para el Trópico Americano. IICA/INPA, Manaus, Amazonas, Brasil: 14p. (Mimeo).

———; Kozlowsky, T.T. (eds.), 1977. **Ecophysiology of tropical crops.** Academic Press Inc., New York. 512p.

Andrade, E.B. 1979. **Sistemas de producão com plantas perennes em consórcio duplo.** EMBRAPA/CPATU, Belém, Brasil. 32 p. (Mimeo).

Budowski, G. 1978. **Sistemas agro-silvo-pastoriles en los trópicos húmedos.** Report presented at IDRC, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 39 p. (Mimeo).

Camacho, E.; Soria, J. 1970. **Palmito de pejibaye. Proceedings for the Tropical Region.** Amer. Soc. for Hort. Sci. 14:122-132.

Cavalcante, P.B. 1976. **Frutas comestíveis da Amazônia.** Tercera edición. INPA, Manaus, Amazonas, Brasil, 166 p.

Correa, M.P. 1969. **Dicionário das plantas úteis do Brasil.** Con la colaboración de L.A. Penna, IBDF, Rio de Janeiro, Vol. IV. pp. 701-702.

Dubois, J. 1979. **Los sistemas de producción más apropiados para el uso racional de las tierras de la Amazonía.** *In* Seminario sobre los Recursos Naturales Renovables y el Desarrollo Regional Amazónico. IICA, Bogotá, Colombia. pp.72-130.

Ferwerda, J.D. 1977. **Oil palm.** *In* Alvim, P. de T. y Kozlowsky, T.T. (eds.) Ecophysiology of tropical crops. Academic Press, New York. pp. 351-382.

Fróes, R. L. 1959. **Informações sobre algumas plantas económicas do planalto amazônico.** IPEAN. Belém, Pará Brasil. Technical Bulletin 35. 113p.

Huxley, P.A. 1979. **The need for agroforestry and special considerations regarding field research.** ICRAF, Nairobi, Kenia. 27p. (Mimeo).

Johannessen, C.L. 1966. **Pejibaye palm: yields, prices and labor costs.** Econ. Bot. 20:302-315.

King, K.F.S.; Chandler, M.T. 1978. **The wasted lands: the programme of work of ICRAF.** ICRAF, Nairobi, Kenia. 35p.

Lane, E.V. 1957. **Piquiá-Potential source of vegetable oil for an oil-starving world. Econ.** Bot. 11:187-207.

Le Cointe, P. 1947. **Amazonia brasileira. III. Arvores e plantas úteis (indígenas e aclimatadas).** Segunda edición Cia. Ed. Nacional, São Paulo, Brasil. 506p.

Moraes, V.H.F. 1974. **Fatores condicionantes e perspectivas atuais de desenvolvimento de cultivos perenes na Amazônia Brasileira.** *In* Reunião do Grupo Interdisciplinar sobre Diretrizes de Pesquisa Agrícola para a Amazônia. Brasília, D.F. Brasil. 37p. (Mimeo).

_____; Bastos, T.X. 1972. **Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes, semipermanentes e anuais, com possibilidades de expansão na Amazônia.** *In* Zoneamento Agrícola da Amazônia. IPEAN, Belém, Pará, Brasil. Boletín Técnico 54.pp.123-153.

National Academy of Sciences. 1975. **Underexploited tropical plants with promising economic value.** Washington, D.C., Estados Unidos. 189p.

Nelliat, E.V.; Bavappa, K.V.; Nair, P.K.R. 1974. **Multi-storeyed cropping, a new dimension in multiple cropping for coconut plantations.** World Crops 26:262-266.

Rabéchaud, H.; Martin, J.P. 1976. **Vegetative propagation of oil palm (*Elaeis guineensis*) by means of leaf tissue culture.** C.R. Hebd. Seanc. Acad. Sci. D 285(16):1735-1737.

Salter, P.J.; Goode, J.E., 1967. **Crop responses to water at different stages of growth.** Commonwealth Agricultural Bureaux. 246p.

Schultes, R.E. 1979. **La Amazonia como fuente de nuevas plantas económicas.** *In* Seminário sobre los Recursos Naturales y Renovables y el Desarrollo Regional Amazónico. IICA, Bogotá, Colombia. pp.200-212.

Silvicultura y Agrosilvicultura

Los Sistemas Agroforestales en la Cuenca Amazónica: Practica, Teoría y Límites de un Uso Promisorio de la Tierra

Susanna B. Hecht*

Introducción

Este trabajo explora el potencial de los sistemas agroforestales en la cuenca amazónica. Estos son "sistemas sustentables de manejo de la tierra que combinan la producción de cultivos agrícolas con plantaciones de árboles frutales o forestales y/o animales simultánea o consecutivamente en la misma unidad de tierra, aplicando prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local" (King y Chandler, 1978). Sistemas agroforestales es un término que cubre un rango muy vasto de usos de la tierra a todas las escalas de tenencia e inversión, desde la agricultura de subsistencia hasta las plantaciones, y desde docenas de especies (Conklin, 1957) hasta sólo dos o tres. Estos sistemas generalmente comprenden varias coberturas de follaje, ya sea en el espacio o en el tiempo, y más de un estrato cosechable.

Los sistemas agroforestales han recibido mucha atención en los últimos años. En 1979 se llevaron a cabo tres conferencias exclusivamente sobre este tema: una patrocinada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica (De las Salas, 1979), otra por el International Council for Research on Agroforestry en Kenia (Mongi y Huxley, 1979), y la tercera por el ICRAF y la DSE (Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung) en Nigeria (Chandler y Spurgeon, 1979). Numerosos programas nacionales de investigación agrícola están comenzando a incluir experimentos agroforestales como se observa en los informes de los países y los trabajos técnicos de este libro. Aunque el interés científico es reciente, los sistemas agroforestales en sí no lo son. Estos sistemas pueden considerarse, particularmente en relación con el cultivo migratorio, como el fundamento de la agricultura en las tierras bajas de los trópicos húmedos, y han servido de base también para el

* Department of Geography, University of California, Los Angeles, California 90024, Estados Unidos.

desarrollo de varios mercados e industrias de cultivos comerciales, incluyendo la palma de aceite nigeriana (Obi y Tuley, 1973), y otros cultivos comerciales citados por Kundstater *et al.* (1978). King (1979 a, b) señala que algunas de las plantaciones más valiosas de árboles tropicales de madera dura del mundo se desarrollaron a partir de la agricultura migratoria y mediante técnicas agroforestales. Aunque no toda la agricultura migratoria se puede considerar como práctica agroforestal, muchos agricultores migratorios siembran a propósito especies leñosas perennes o protegen las existentes para cosecharlas en el futuro. Entre las especies que se siembran comúnmente en la Amazonía están *Inga edulis* (inga), cuyo fruto se consume y también se emplea para leña, *Carica papaya* (papaya), *Genipapo americana* (genipa) y *Guilielma gasipaes* (peach palm, pejibaye, pijuayo, chontaduro o pupunha). Estos sistemas de cultivo han servido como prototipos para muchos sistemas agroforestales que incorporan características de sucesión (Hart, 1980; Dubois, 1979; Bishop, 1978). El hecho de que la agricultura migratoria se practique en todas las regiones tropicales sugiere que muchos de los atributos de dichos sistemas se podrían modificar e integrar a la agricultura comercial.

Bosques y Sistemas Agroforestales

En el afán de colonizar la Amazonía, muy a menudo se ha pasado por alto la importancia de los recursos forestales para las economías amazónicas, tanto en términos de valor y absorción de mano de obra como de los beneficios obtenidos de los bosques, entre ellos el control de las inundaciones (Godfrey, 1979; Guess, 1979; Gentry y Parodi, 1980). Por ejemplo, el Banco do Brasil informó que las exportaciones del estado de Pará en 1979 fueron del orden de US$234 millones. Las exportaciones de madera, pimienta negra, nueces del Brasil, y palmitos representaban 70, 43, 32 y 15 millones de dólares, respectivamente (0 liberal, 1980). O sea que más de la mitad del valor total de las exportaciones correspondía a tres productos estrictamente de extracción; madera, nueces y palmitos. El Cuadro 1 muestra la magnitud de la producción y los valores de los productos forestales. El Cuadro 2 presenta el sinnúmero de plantas medicinales o productoras de látex, aceite o resinas, muchas nativas de la región amazónica, que podrían introducirse en sistemas agroforestales.

Las estimaciones sobre el volumen de madera potencialmente exportable existente en la Amazonía fluctúan de 60 a 120 m^3/ha en las tierras altas (terra firme) y de 30 a 90 m^3/ha en las várzeas o vegas ribereñas periódicamente inundadas (Pandolfo, 1978). Aunque siete especies (dos de *Virola,* dos de *Carapa, Swietenia macrophylla, Octea cymbarum* y *Cedrela odorata*) representan casi todo el comercio maderero (Palmer, 1977), ya se han estudiado más de 200 especies amazónicas en varios laboratorios

brasileños, ingleses y estadounidenses, y las propiedades de un gran número de variedades maderables son relativamente bien conocidas (Carvajal, 1978). Las características silviculturales de varias especies están siendo estudiadas (SUDAM, 1979), incluyendo muchas para las cuales ya existen datos comparativos en muchos países de América Latina tropical (e.g., *Cedrela odorata, Cordia alliodora*).

A pesar del gran potencial forestal, hasta ahora tres especies maderables dominan el comercio: "ucuuba" (varias especies de *Virola*), caobo (*Swietenia macrophylla*) y "andiroba" (varias especies de *Carapa*). Estas especies se encuentran en poblaciones relativamente uniformes y probablemente se podrían manejar de tal manera que mantuvieran un rendimiento estable. Desafortunadamente la cosecha no ha sido bien supervisada o controlada, lo que ha ocasionado la sobreexplotación de las existencias de los géneros *Swietenia* y *Virola*. La selva amazónica ha sido descrita por Fox (1978) "como un desorden gigantesco incontrolado". Los análisis detallados de la industria forestal del área sobrepasan los objetivos de este trabajo pero son discutidos por Muthoo (1977), MA/-IBDF/COPLAN (1977), FAO (1976), Bruce (1976), Glerum y Smit (1960, 1962), PRODEPEF (1977), Pandolfo (1978), y Palmer (1977). Una forma de racionalizar el manejo forestal podría ser la integración de las plantaciones forestales con la agricultura de subsistencia, uno de los sistemas agroforestales más antiguos y más desarrollados.

La Deforestación

La preocupación internacional por la deforestación de las regiones tropicales encendió la polémica dando lugar a dos puntos de vista opuestos, lo que llevó a la National Academy of Sciences de los Estados Unidos a solicitar un informe (Myers, 1980). Lugo y Brown (en prensa) arguyen que en dicho documento se exageran la tasa y grado de alteración del bosque tropical. Aún no se ha podido lograr un consenso al respecto, pero el Cuadro 3 da una idea sobre la tasa y magnitudes de la deforestación en los países amazónicos. Si bien estas cifras son simplemente aproximaciones, es probable que en la última década se hayan desmontado más de 15 millones de hectáreas en la cuenca del Amazonas. En el Cuadro 4 se presentan estimaciones detalladas para la Amazonía brasileña basadas en información obtenida mediante imágenes por satélite (ERTS). Entre 1976 y 1978, se talaron cerca de dos millones de hectáreas de bosques únicamente en la Amazonía brasileña. Si se extrapolaran las tasas de desmonte actuales (haciendo caso omiso de la tendencia de estas tasas a aumentar en muchas áreas) podría concluirse que más de 11 millones de hectáreas de la Amazonía brasileña han sido taladas, casi todas en los últimos 10 años.

Cuadro 1. **Componentes del bosque amazónico y productos forestales: Producción y valor 1974 - 1976.**

Producto	Producción en toneladas			Valor en US$1000		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976
Fruta de Açai[1]	n.a.	17,474	18,743	n.a.	2,068	2,104
Andiroba[2]	325	252	302	14	21	11
Nueces de Babacu[3]	1,354	1,227	1,784	204	223	124
Balata[4]	274	283	512	166	189	516
Caucho[5]	162	327	319	130	348	268
Copaiba[6]	160	23	26	378	22	19
Cumaru[7]	24	13	13	21	15	17
Látex de Hevea[8]	19,086	13,060	14,678	20,127	12,483	14,723
Líquido de Hevea[8]	1,027	887	1,016	476	442	512
Jatoba[9]	32	33	21	10	13	5
Macaranduba[10]	526	496	541	248	237	235
Murumuru[11]	107	44	41	6	2	2
Palmito[12]	24,342	192,182	197,671	723	9,352	i1,598
Sorva[13]	3,787	3,294	6,197	1,465	1,235	1,909
Timbo[14]	19	6	15	5	1	3
Ucuuba[15]	111	110	109	13	10	9
Nueces del Brasil[16]	35,776	51,719	61,043	8,597	12,619	16,286
				32,583	39,280	48,340

Producción de madera*	1975	1976	1975	1976
Trozas	7,684,395	8,770,955	136,481	650,580
Carbón de leña (m³)	33,789	36,497	3,706	3,839
Leña·	16,333,375	16,620,382	294,440	366,463
			176,672	1,020,882

1 = *Euterpe oleraceae*, 2 = *Carapa guianensis*, 3 = *Orbynea speciosa*, 4 = *Manilkara bidentata*, 5 = *Castilloa ulei*, 6 = *Copaifera multijuga*, 7 = *Dipteryx oderata* 8 = *Hevea brasiliensis*, 9 = *Hymenea coubaril*, 10 = *Manilkara huberi*, 11 = *Astrocaryum murumuru*, 12 = *Euterpe edulis*, 13 = *Couma utilis*, 14 =various lianas, 15 = *Virola* sp. 16 = *Bertholetia excelsa*.

* El valor de la madera incluye partes de Mato Grosso y Goiás. Durante este período estadístico el desmonte de bosques en la región occidental central del Brasil se concentró en las regiones amazónicas de los dos estados.

Fuente: Anuario Estadístico de Brasil. 1977, 1978.

Cuadro 2. **Especies amazónicas utilizadas como fuente de látex, aceites, resinas y productos medicinales que cuentan con mercados establecidos.**

Género y especies	Familia	Uso
Látex		
Hevea brasiliensis	Euphorbiaceae	Caucho
Hevea genera	Euphorbiaecae	Caucho
Castilloa ulei	Moraceae	Caucho
Sapium sp.	Euphorbiaceae	Caucho
Manilkara bidentata	Sapotaceae	Isómeros de caucho, plástico natural para uso industrial
Pouteria gutta	Sapotaceae	Isómeros de caucho, plástico natural
Landolphia elata	Apocynaceae	Isómeros de caucho, plástico natural
Ecclinusa balata	Sapotaceae	Isómeros de caucho, plástico natural
Actras sapota	Sapotaceae	Chicle
Aceites		
Acromia sclerocarpa	Palmae	Aceite comestible y jabón
Orbynea martiana	Palmae	Las almendras contienen 60% de aceite
Oenocarpus sp.	Palmae	Aceite comestible
Carapa guianensis	Meliaceae	Analgésicos y jabón (altamente productivo-200 kg/ton)
Caryocar brasiliensis	Caryocaraceae	Jabón, aceite industrial
Licania rigida	Rosaceae	Usos industriales
Resinas		
Hymenea coubaril	Leguminosae	Barnices
Eperua sp.	Leguminosae	Lacas y barnices
Tintes		
Bixa orrelleana	Bixaceae	Pigmento rojo comestible
Aromáticas		
Dipteryx oderata	Leguminosae	Anticoagulantes como cumarina y dicumarina
Croton	Euphorbiaceae	Aceite de ricino
Medicinales		
Chondodendron	Menispermaceae	Curare
Abuta	Menispermaceae	Curare
Telitoxica	Menispermaceae	Curare
Strychnos	Loganaceae	Curare
Rauwolfia (12 sp)	Apocynaceae	Reserpina
Croton sellowil	Euphorbiaceae	Antibióticos
Capraria biflora	Scrophulariaceae	Antibióticos
Thevetia peruviana	Apocynaceae	Glucósido cardíaco
Asclepias currassavica	Asclepidaceae	Glucósido cardíaco
Chenopodium ambrosoides	Chenopodiaceae	Ascaricida (vermífugo)
Stevia rebaudiana	Compositae	Stevioside (edulcorante 300 veces mas poderoso que la sucrosa)
Dimorphandra mollis	Leguminosae	Fuente de rutina

Fuente: Mors y Pizzinni, 1966.

Cuadro 3. **Bosques tropicales de las tierras bajas de la cuenca amazónica: área desmontada aproximada y principales usos sustitutivos de la tierra.**

País	Area amazónica en bosques (millones de ha)	Tasa actual de desmonte* (ha/año)	Uso principal de la tierra
Brasil	280	1,000,000[1]	Ganadería (+ 95%)
Peru	65	Cifras no disponibles, pero probablemente un 10%	Cultivos de subsistencia y comerciales, ganadería (15%)
Bolivia	51	3,000[2]	Ganadería, cítricos, cacao, café
Colombia	31	150,000+[2]	Ganadería, arroz
Guyana	13	10,000[2]	Cultivos de subsistencia
Surinam	13	3,000[2]	Cultivos de subsistencia
Venezuela	13	n. d.	Cultivos de subsistencia
Ecuador	10	n. d.	Ganadería (81%)[2]
Guayana Francesa	8	Insignificante	Cultivos de subsistencia
	484	1,166,000	

* El desmonte en este caso significa la sustitución total del bosque por un uso alterno de la tierra. La explotación selectiva de la madera y otros usos similares no se incluyen. Todas las cifras son tan sólo aproximaciones. Fuente: 1) INPE/IBDF, 1980; 2) Myers, 1980.

Tardin *et al.* (1979) indican que en las zonas donde el desmonte ha sido especialmente pronunciado, casi una tercera parte de los bosques han sido sustituidos por otros usos de la tierra, principalmente actividades pecuarias.

Al debate sobre la magnitud del desmonte se suma otro tipo de inquietudes. En primer lugar, gran parte de la madera que se talaba simplemente se quemaba. Aunque se carecía de la infraestructura para aprovechar la madera y de incentivos monetarios, el desperdicio de millones de metros cúbicos de esta materia prima no puede simplemente pasarse por alto, especialmente si se tiene en cuenta que muchos bosques valiosos fueron remplazados por otros usos de la tierra bastante inestables. Este es el caso del estado de Acre donde se desmontaron bosques naturales de caucho para sembrar pastos, y del estado de Pará donde los pastizales sustituyeron los bosques de caobo y nueces del Brasil (Godfrey, 1979; Bunker, 1980a).

Cuadro 4. **Area desmontada aproximada en la cuenca del Amazonas.**

Estado	Area desmontada en 1975 (ha)	Area desmontada en 1976-1978 (ha)	Incremento en el desmonte de 1975 a 1976-1978 (%)	Total desmontado hasta 1978 (ha)	Area desm. en 1980* (ha)
Mato Grosso	1,012,425	1,823,075	180	2,825,500	5,085,900
Pará	865,400	1,379,125	159	2,244,524	3,575,528
Maranhão	294,075	439,325	149	733,400	1,092,766
Rondônia	121,650	296,800	243	418,450	1,016,833
Acre	116,550	129,900	111	246,450	273,559
Amazonas	77,950	100,625	129	198,575	230,361
Roraima	5,500	8,875	161	14,375	23,000
Amapa	15,250	1,800	11	17,050	20,119
TOTAL	2,859,525	4,857,650		7,717,175	11,318,060

* Datos estimados obtenidos de multiplicar el incremento porcentual en el desmonte por los totales desmontados en 1978.

Fuente: INPE/IBDF, 1980.

El fracaso de algunos sistemas agrícolas y el abandono subsiguiente de la tierra después del desmonte, así como la naturaleza especulativa de gran parte del proceso de desarrollo de la tierra, confirman la necesidad de reconsiderar la práctica del desmonte y los diferentes usos de la tierra con que se sustituyen los bosques. El punto clave es la destrucción del medio ambiente por el uso que se le da a la tierra más que la deforestación en sí.

Los sistemas agroforestales no son una panacea, pero se emplean con éxito en toda la cuenca amazónica y tienen características que moderan los rigores ambientales a los que se ven sometidos allí los sistemas agrícolas. Aquellos sistemas permiten mantener los recursos forestales y aumentar simultáneamente la producción de alimentos, haciendo de la expansión de la agricultura a las áreas de bosques un proceso integral en lugar de sustitutivo.

Sistemas Agroforestales en la Amazonía

La Figura 1 muestra los usos de la tierra en la Amazonía. Los bosques son la base de casi todos los sistemas de producción que proveen productos de extracción, barbechos y cenizas. Los usos de la tierra pueden clasificarse en dos categorías: los que proveen materia prima industrial y los que suministran alimentos.

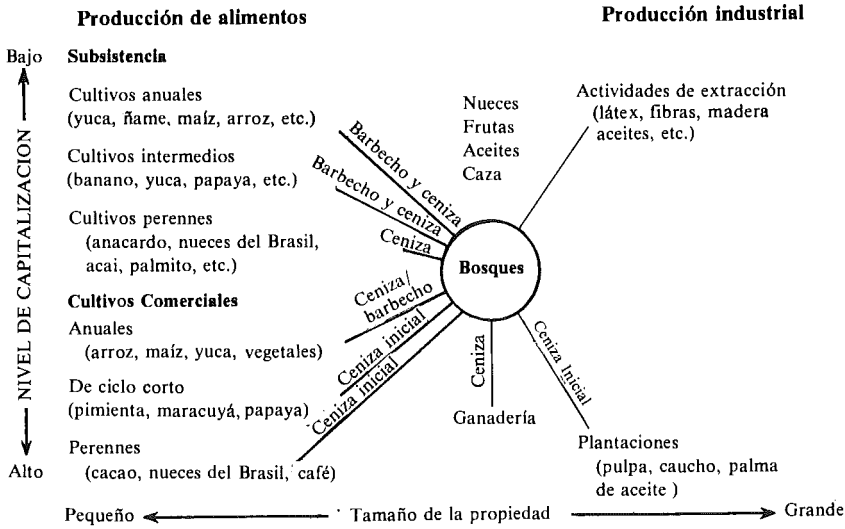


Figura 1. *Sistemas de producción en la Amazonía.*

En la medida en que aumenta el capital de las empresas, tiende a disminuir la diversidad de especies. De igual manera, el tamaño de las propiedades tiende a aumentar donde predominan los cultivos comerciales (IBGE, 1975). Las operaciones ganaderas recién establecidas en Brasil pertenecen esencialmente a corporaciones que poseen grandes áreas y corresponden, por lo tanto, al tipo de "plantaciones" más capitalizadas.

Como Okigbo y Greenland (1976) lo indican, la mecanización y el uso de productos químicos agrícolas han sido esenciales para sustituir los sistemas de cultivos múltiples por monocultivos, pero el uso de grandes cantidades de energía y productos químicos resulta poco económico en la Amazonía. Donde los insumos agrícolas no se encuentran disponibles o simplemente son costosos y escasos, y donde la mano de obra (en empresas comerciales) es sumamente costosa, los cultivos múltiples constituyen la práctica prevalente. Por ejemplo, los altos costos de la desyerba han obligado a pasar del monocultivo a los sistemas agroforestales (árboles y pastos) incluso a empresas sumamente capitalizadas como las plantaciones de pino de Jari y de caucho de Pirelli en el estado de Pará.

La definición de sistemas agroforestales citada anteriormente abarca numerosas subcategorías que se refieren a sistemas agrícolas claramente definidos.

La agrosilvicultura es la producción conjunta de cultivos agrícolas (incluyendo el cultivo de árboles) y de cultivos forestales.

Los sistemas silvo-pastoriles integran la producción de árboles y de ganado.

Los sistemas agro-silvo-pastoriles incluyen la producción de animales, árboles, cultivos agrícolas y forestales.

La producción de árboles forestales para usos múltiples, citada a menudo como una categoría independiente (King, 1979a), abarca el cultivo de árboles no sólo para la producción de madera, sino también para forraje, leña, fruta y para mejoramiento del suelo.

Las especies para usos múltiples son comunes en la agricultura agroforestal y en este artículo se consideran dentro de sistemas de producción específicos.

Sistemas agrosilviculturales

La mejor forma de determinar las subdivisiones de la agrosilvicultura es indicando si los sistemas incluyen una fase consecutiva o nó. Es obvio que el sistema agrosilvicultural de cacao x *Cordia* spp. difiere profundamente

de uno "Taungya" (cultivos de subsistencia, especies maderables comerciales sembradas y barbecho) en varios aspectos básicos. Los sistemas agrosilviculturales consecutivos y de cultivos comerciales se discuten por separado para mayor claridad.

Sistemas agrosilviculturales consecutivos

Los sistemas agrosilviculturales consecutivos incluyen varias formas según el objetivo y grado de utilización del barbecho. Es característico que en los sistemas consecutivos se coseche madera o frutas después de los primeros años de cultivos anuales. Estos productos se pueden cosechar permanentemente (como es el caso de algunos cultivos migratorios y sistemas análogos al natural) o pueden ser "abandonados" hasta la época de cosechar la madera al comienzo de un ciclo de cultivo migratorio (sistema Taungya).

Sistemas análogos al natural. Cuando se introducen plantas intencionalmente en el barbecho, la sucesión es manipulada y es el prototipo de lo que Hart (1980) denomina un "sistema análogo al natural". Hart hace énfasis en que este sistema no es una simple secuencia cronológica de cultivos, sino uno en que cada etapa de sucesión contribuye a satisfacer los requerimientos físicos del siguiente cultivo. En lugar de sembrar cultivos perennes y tener que desyerbar permanentemente hasta que las plantas maduran, en el estrato inferior se siembran cultivos anuales o perennes de vida corta. En el trabajo de Bishop en este mismo libro se describen estos sistemas de siembra. Dubois (1979) también los ha desarrollado para situaciones específicas en la Amazonía, en donde las parcelas se desmontan manualmente, se queman y se siembran con cultivos de subsistencia tradicionales como arroz, yuca y fríjol. Después del establecimiento inicial se introducen los componentes de un sistema más estraficado como pejibaye, banano, cacao, café o árboles frutales pequeños. Cuando se termina la última cosecha de cultivos anuales, las plantas perennes ya se han desarrollado suficientemente para permitir la introducción de un estrato inferior productivo constituido por *Marantha arundinacea, Calatha alluia,* y especies de *Xanthosoma, Colocasia* y *Cajanus.*

El sistema Taungya. Es el sistema agroforestal comercial consecutivo sobre el cual hay más literatura. Es común en Sudamérica, principalmente en Surinam, y se practica a nivel experimental en Colombia y Perú. Este sistema consiste en cosechar especies maderables cultivadas en asociación con cultivos anuales. Los cultivos anuales alimenticios se siembran después del desmonte y quema del bosque; a continuación, se siembran las especies maderables comerciales en la parcela. El proceso de sucesión continúa después de la cosecha de los cultivos anuales. Al finalizar el período de

rotación, se cosechan los árboles y se desmonta el terreno, el cual se siembra de nuevo con plantas anuales y plántulas de árboles maderables. Muchas de las plantaciones de caoba y teca de Africa y Asia han sido desarrolladas utilizando esta técnica.

Agricultura migratoria. Los sistemas agroforestales en pequeña escala son algunos de los sistemas agrícolas permanentes que mejores resultados han dado en el trópico a pesar de las críticas a que se han visto sometidos constantemente los agricultores migratorios, por cuanto la degradación de la tierra se ha atribuído a su gran aumento demográfico (Galvao, 1979; Myers, 1980).

Muchos observadores del trópico latinoamericano se han formado una idea errónea de los sistemas migratorios. Gran parte de la literatura sobre agricultura migratoria en América del Sur data de los últimos 20 años (Watters, 1970; Sánchez, 1973), un período durante el cual han tenido lugar grandes desplazamientos de poblaciones hacia las regiones amazónicas. A estos desplazamientos se suman los cambios en el manejo de la tierra, como la reducción relativa de los arrendatarios (Sawyer, 1978), las modificaciones en la jurisdicción y las leyes de tenencia (Bunker, 1979, 1980a; Sawyer, 1978; Pompermeyer, 1979) y en los proyectos de colonización (Nelson, 1975; Mahar, 1979; Bunker, 1978). Grupos que desconocían el medio ambiente de las tierras bajas tropicales, como los emigrantes de la sierra andina y del nordeste brasileño, ocuparon áreas de la selva lluviosa al mismo tiempo que corporaciones subsidiadas por los gobiernos y especuladores en tierras empezaban a operar activamente en las mismas regiones. Si bien la región amazónica se considera "deshabitada", en realidad muchas tierras no sólo están ocupadas sino que han sido legítimamente reclamadas (Ianni, 1978; Durham, 1977). La naturaleza migratoria y efímera de este tipo de agricultura, fácilmente apreciable en la Amazonía (a lo largo de las carreteras), tiene su origen no en un manejo intencionalmente inapropiado de la tierra o falta de conocimiento de la duración real del barbecho, sino en los conflictos por las tierras, la especulación, los desplazamientos humanos y el ejercicio del poder en las áreas fronterizas (Pompermeyer, 1979; Godfrey, 1979; Schmink, 1977; Nelson, 1975; Ianni, 1978).

Aunque los sistemas de cultivo migratorio no ocasionan daños ecológicos cuando la densidad de población es baja (Sánchez, 1973, 1976), son considerados destructivos cuando los incrementos demográficos disminuyen la superficie por familia o por persona o las épocas de barbecho se reducen, ocasionando degradación de la tierra. Este tipo de análisis que se concentra tan sólo en una parte del problema, ignora el contexto en que operan la mayoría de los agricultores migratorios. En promedio, las

relaciones habitantes:tierra son sumamente bajas en las regiones amazónicas en todos los países que se consideran en este libro. Antes de buscar a quien culpar vale la pena examinar cómo está distribuida la posesión de la tierra. En el estado de Amazonas (Brasil), por ejemplo, el 96 por ciento de las operaciones agrícolas se desarrolla en propiedades de menos de 100 ha, que controlan únicamente el 15 por ciento de la tierra. En cambio, el 77 por ciento del área privada mantenida como bosque o clasificada como tierra productiva no utilizada, está distribuida entre tan sólo 28 propiedades agrícolas de un total de 92,741 estudiadas (IBGE, 1979). Aunque los períodos de barbecho más cortos obviamente afectarán la capacidad de producción de la tierra, el problema fundamental de la agricultura migratoria no es solamente técnico o demográfico sino que está relacionado con la distribución y el control de la tierra.

Los sistemas agroforestales consecutivos son sistemas que incluyen varias especies y consumen pocos insumos. Están orientados a los pequeños agricultores y se concentran en el suministro de alimentos y de algunos cultivos comerciales y maderables. Mediante dichos sistemas ha sido posible desarrollar industrias de cultivos comerciales en muchas áreas de los trópicos (Obi y Tuley, 1973; Kundstater *et al.*, 1978; Okigbo y Greenland, 1976). Más aún, los sistemas de barbecho existentes pueden llegar a ser económicamente atractivos si se incorporan especies comerciales en el complejo de cultivos de subsistencia.

Agrosilvicultura de cultivos comerciales

Los sistemas de cultivos comerciales que utilizan técnicas agroforestales son de vieja data en la agricultura tropical. En la Amazonía, no obstante, los programas de incentivos para cultivos comerciales (exceptuando el cacao) no incluyen fondos para los componentes silviculturales, a pesar de que los sistemas agroforestales son comunes en toda la cuenca amazónica. Muchos árboles frutales y hortalizas ya se están cultivando actualmente en parcelas mixtas, como la papaya asociada con el maracuyá. A pesar del papel que cumplen en el suministro de alimentos a nivel local, estos sistemas son de muy poca importancia si se compara el área ocupada y los ingresos que producen con los de las plantaciones de cultivos como pimienta negra (*Piper nigrum*), cacao (*Theobroma cacao*), y caucho (*Hevea brasiliensis*).

Pimienta. Los cultivos de pimienta negra en la Amazonía han sido asolados por ataques de *Fusarium nigrum* y *F. solani* que reducen la vida productiva de las plantas de cinco a seis años (Alvim, este volumen). Cuando ocurre una infestación severa de *Fusarium* en el campo, los agricultores de Belém generalmente siembran cacao, y de esta manera

aprovechan el efecto residual de la fertilización intensiva aplicada a la pimienta. Peck (1979) señala que este proceso de sustitución de cacao por pimienta es flexible y generalmente tiene lugar con la introducción de árboles leguminosos (generalmente *Erythrina* sp.) que proveen sombra para las plantas jóvenes de cacao. En un sistema de este tipo en que la sustitución de un cultivo comercial por otro ocurre secuencialmente, las posibilidades de introducir especies forestales son excelentes. Además, las plantas de pimienta son más tolerantes a la sombra de lo que se creía inicialmente. La investigación llevada a cabo en el Instituto Agronomico de Tomé-Açu (INATA) en el estado de Pará (citado por Peck, 1979), indica que la pimienta puede tolerar un 20 por ciento de sombra sin que se reduzca su producción. Es pues factible introducir algunas especies económicas interesantes con follajes poco tupidos en lotes de pimienta. Las especies de árboles leguminosos como *Erythrina* y *Gliricidia,* que toleran la poda y permiten, por ende, que el agricultor controle la cantidad deseada de sombra (Budowski, 1978; Urquinhart, 1965), pueden ser especialmente efectivas. Otra alternativa podría ser la selección de leguminosas de porte moderado que no requieren poda, como algunas especies de *Inga* y *Pithecellobium,* lo mismo que especies comerciales como *Cordia alliodora.*

Cacao. El cultivo del cacao en América Latina se ha desarrollado tradicionalmente con la técnica "cabroca" mediante la cual se desmonta el estrato inferior del bosque y se siembra el cacao bajo las copas de los árboles. El uso del cacao con especies maderables comerciales está mejor desarrollado que con cualquier otro cultivo comercial.

Los rendimientos del cacao son más altos en ciertos regímenes climáticos y con aplicaciones altas de fertilizantes cuando aquel se cultiva sin sombrío. Sin embargo, en muchas regiones amazónicas expuestas a vientos y a una estación seca fuerte, el efecto "amortiguador" del microclima producido por los árboles de sombrío puede ser altamente deseable.

El sombrío y la densidad de siembra son críticos para las plantas de cacao durante los primeros tres años (Entwhistle, 1972; Mabey, 1967). En esta etapa, la sombra afecta la altura en la cual la planta se bifurca. Cuando está expuesta al sol directo, la bifurcación tiene lugar a un nivel bajo lo que ocasiona problemas de manejo. Murray (1965) cree que la bifurcación óptima ocurre con 50 por ciento de sombra. Además de las influencias fisiológicas en el desarrollo del cacao, la sombra puede disminuir el daño ocasionado por los insectos reduciendo el estrés fisiológico y creando un habitat adecuado para los depredadores de las plagas, y puede mermar también las poblaciones de malezas (Cunningham y Burridge, 1960). El cacao es una especie bastante exigente en cuanto a los nutrimentos, y requiere aplicaciones altas de N. Parte de estos requerimientos se pueden

satisfacer sembrando el cacao intercalado con especies leguminosas como *Erythrina* (Peck, 1979).

Las especies seleccionadas para la siembra intercalada con cacao deberían alcanzar dimensiones comerciales en 25 años. En las condiciones de los trópicos húmedos, es posible lograr volúmenes de madera del orden de 200 m^3/ha/rotación con especies como *Cordia alliodora.* Esto representa una ganancia económica sustancial si se tiene en cuenta que el valor de esta madera comercial es del orden de US$10 a 20/$m^3$. Este tipo de ingreso ayuda a promover la renovación de las plantaciones de cacao, ya que la madera comienza a ser cosechable cuando la producción de cacao empieza a mermar (Peck, 1979).

Café. La producción de café en la Amazonía continua siendo primordialmente un cultivo de montaña, pero se está sembrando cada vez más en Rondônia. Usualmente se lo cultiva con árboles para sombrío de especies como *Erythrina* y *Gliricidia.* Las especies nativas promisorias para la siembra asociada incluyen *Cordia goeldiana, Schizolobium amazonicum* y *Pitchecellobium saman* (Peck, 1979).

Las características deseables en las especies que se han de utilizar en sistemas agrosilviculturales asociados dependen de los objetivos del agricultor, y de las necesidades de la finca y del agro-ecosistema. La fijación de N, la producción de alimentos para animales, leña, o frutas, la protección del suelo, la necesidad de cortavientos y el ingreso económico son algunas de las consideraciones que entran en juego cuando se trata de seleccionar las especies. En general, las especies de árboles que se utilizarán en sistemas de cultivos múltiples o estratificados deben tener los siguientes atributos (Peck, 1979):

1. Dominancia apical, buena forma, y tolerancia relativa a la poda cuando se establece a densidades de siembra bajas.

2. Crecimiento rápido con un período de rotación apropiado para la renovación de las otras especies intercaladas.

3. Buena calidad de la madera para un mercado establecido.

4. Un tipo de follaje que permita el paso de la luz.

5. Un sistema radical relativamente profundo que permita al árbol resistir el viento pero sin competir en demasía con los otros cultivos asociados.

6. Utilizar preferiblemente especies deciduas por cuanto su transpiración es menor y hay adición de materia orgánica durante la estación seca.

Sistemas pecuarios y agroforestales

De todos los usos que se le dan a la tierra en la Amazonía, la explotación ganadera es el más importante tanto desde el punto de vista de área como de inversión, particularmente en Brasil y Colombia. La producción pecuaria se ha expandido rápidamente a las tierras bajas del trópico latinoamericano (Parsons, 1970, 1976), pero no siempre con los mismos resultados exitosos en todas las áreas de bosque de la Amazonía transformadas para este fín (Koster *et al.*, 1977; Fearnside, 1978; Serrão *et al.*, 1979; Hecht, 1981). La productividad disminuye como consecuencia de las pérdidas de fertilidad del suelo (Falesi, 1976; Koster *et al.*, 1977; Serrão *et al.*, 1979; Hecht, 1981), y las invasiones de malezas son frecuentes (Hecht, 1979; Dantas y Rodrigues, 1979). Serrão *et al.* (1979) estimaron que el área de praderas degradas en la región amazónica brasileña abarcaba cerca de 500,000 ha. Hecht (1979) sugirió que aproximadamente el 50 por ciento de las praderas amazónicas en Brasil está seriamente afectado, un estimativo corroborado por el estudio de Tardin (1979) sobre levantamiento de áreas deforestadas por medio de imágenes de satélite, llevado a cabo en la región Barra de Garças, una de las principales áreas pecuarias de la Amazonía, considerada además como la de mayor éxito. Una pradera se considera "gravemente afectada" cuando la invasión de malezas cubre más del 50 por ciento del área basal, cuando los niveles de P disponibles en el suelo son inferiores a 1 ppm, y cuando las densidades del suelo por unidad de volumen superan en 30 por ciento las del bosque. No obstante, la producción ganadera en sistemas de plantaciones ha dado muy buenos resultados no sólo en la Amazonía sino en otros lugares (Thomas, 1978; Bene *et al.*, 1977; Ríos, 1979), lo que sugiere que los sistemas pecuarios ocasionan menos daño ecológico y son más económicos cuando forman parte de un complejo agroforestal. Toledo y Serrão (en este mismo libro) argumentan, sin embargo, que la utilización de especies no adaptadas y de tecnologías inapropiadas, mas bien que la estructura ecológica de las praderas, es la responsable del fracaso de muchas praderas establecidas en zonas anteriormente cubiertas de bosque.

Las praderas que incluyen árboles forman parte de los llamados "sistemas agro-silvo-pastoriles". Este encabezamiento incluye también los "sistemas agropecuarios integrados" como los descritos por Bishop en este mismo libro, los cuales abarcan la producción de animales, cultivos agrícolas y árboles útiles. El pastoreo del bosque o "sistemas silvo-pastoriles" se emplea para describir la combinación de animales en

pastoreo en un cultivo de cobertura sembrado bajo una plantación de árboles. Los "sistemas agropastoriles" abarcan la producción de ganado y de árboles cultivados para alimento (humano o animal) o para otros fines como son protección contra el fuego y contra el viento, cercos vivos, mejoradores de los nutrimentos del suelo, manejo de cuencas hidrográficas, sombrío o varios de estos usos a la vez (Combs y Budowski, 1979). Los sistemas de pastoreo del bosque son los mas desarrollados en la Amazonía y los que cubren la mayor superficie, y parecen ser razonablemente económicos, pero continúan siendo poco explotados a pesar de su potencial para mantener las áreas ya incorporadas a la producción y recuperar otras degradadas. El autor estima que menos 60,000 ha de las praderas amazónicas forman parte de los sistemas agroforestales.

Sistemas silvo-pastoriles existentes en la Amazonía

El sistema de *Pinus caribea* x *Panicum maximum* de la Jari es el método de pastoreo del bosque más conocido en la Amazonía. Más de 20,000 ha de plantaciones de pino se han sembrado con pastos principalmente para reducir los costos exorbitantes del control de malezas. El pastoreo extensivo en las plantaciones produce aproximadamente 50 kg de carne/ha/año y ha rebajado significativamente los costos de control de malezas. Si bien la producción de ganado vacuno reduce el crecimiento de los pinos en un 5 por ciento, los ahorros en los costos de la erradicación de malezas durante los primeros dos años son suficientes para pagar el establecimiento de las praderas y los cercos (Toenniessen, 1980). En la plantación de caucho de Pirelli en Marituba, Pará, el ganado pace una pradera de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) y un pasto nativo tolerante a la sombra mediante un sistema de rotación intensiva. El aumento de peso de 75 kg/ha año compite favorablemente con el pastoreo convencional en praderas establecidas en áreas anteriormente bajo bosque. Los costos de control del kudzu y las malezas han disminuido sustancialmente (Castagnola, comunicación personal). Los trabajadores de la plantación han observado que tanto la cubierta herbácea del suelo como la sombra reducen la invasión y el establecimiento de las malezas. El aumento en costos ocasionado por el manejo de los animales y la infraestructura necesaria es compensado por la merma en la mano de obra para la desyerba y el ingreso proveniente de la venta de terneros y ganado cebado.

El pastoreo del bosque está apenas en sus comienzos en la Amazonía, pero puede integrarse fácilmente a los programas actuales que están expandiendo o estableciendo nuevas plantaciones, como el programa PROBOR para el caucho (mencionado por Maia-Rocha en el informe de

Brasil). Las técnicas agroforestales para las plantaciones de palmas de aceite están bien desarrolladas en Asia y Costa Rica (Thomas, 1978), y podrían adaptarse a las plantaciones de palma de aceite, y posiblemente de pejibaye, en la Amazonía donde se pueden pastorear praderas de *Pueraria phaseoloides* y *Desmodium ovalifolium* con muy buenos resultados. Entre las muchas especies forestales que se han cultivado con éxito con pastos forrajeros en plantaciones cabe mencionar *Cordia alliodora, Cedrela odorata, Eucalyptus deglupta, Leucaena leucocephala, Sesbania grandifolia, Acacia mangioa, Schizolobium amazonica, Tabebuia* spp., *Octea* spp., *Caryovar* spp. y *Parkia* spp. Todas ellas tienen mercados nacionales e internacionales bien establecidos. Por otra parte, las características silviculturales de estas especies son mejor conocidas que las de otras especies amazónicas. El potencial de las plantaciones mixtas de árboles nativos con pastos en el estrato inferior, está aún inexplorado pero constituye una posibilidad interesante para la Amazonía. El énfasis que se hace en las plantaciones de diversas especies obedece a que

> "La adopción de sistemas monoculturales ha conducido directamente al aumento en el número y severidad de las plagas y enfermedades en los cultivos forestales... Parece que ésto se debe a las condiciones uniformes y de apiñamiento de las plantaciones, acentuadas por las mismas prácticas culturales aplicadas" (Gibson y Jones, 1977).

El Cuadro 5 presenta una lista parcial de especies de árboles que se encuentran naturalmente en las praderas amazónicas y que también se emplean en la industria maderera de esta región.

Sistemas agro-pastoriles

La práctica de pastorear ganado en los huertos es común en gran parte de la Amazonía. Sin embargo, usualmente los huertos no tienen un nivel comercial y se emplean tan sólo para proveer de frutas frescas a la familia, parientes, amigos y trabajadores de la finca. Entre las especies con potencial comercial que podrían introducirse fácilmente en las praderas están el anacardo (*Anacardium occidentale*), el mango (*Mangiferia indica*), el "jambo" (*Eugenia jambos*), el aguacate (*Persea americana*), varias especies de *Annonas* y algunas nueces del Brasil (*Bertholletia excelsa*). Estos productos hortícolas tienen muy buen precio en los mercados nacionales y sometiéndolos a algún proceso de elaboración podrían introducirse en los mercados internacionales. Las nueces del Brasil y el anacardo ya cuentan con un mercado considerable en América del Norte y Europa.

Cuadro 5. **Especies maderables amazónicas registradas en praderas.**

Nombre científico	Familia	Nombre común (portugués)
Bagassa guianensis	Moraceae	Tatajuba
Psidium guianensis	Myrtaceae	
Siparuna foetida	Monimeaceae	
Inga sp.	Leguminosae	Inga
Cordia goeldiana	Moraceae	Frejo
Enterolobium schombergii	Leguminosae	Tamboril
Hymenea coubaril	Leguminosae	Jatoba
Hymenolobium sp.	Leguminosae	Angelim de mata
Pithecolobium racemosum	Leguminosae	Angelim rajado
Stryphnodendron pulcherimum	Leguminosae	Angelim
Goupia glabra	Celastraceae	Cupiuba
Didimopanax morototi	Araliaceae	Morototo
Protium sp	Burseraceae	Breu
Octea sp.	Lauraceae	Lauro/ Arapira
Bertholetia excelsa	Lethycidaceae	Castanha do Pará
Cedrelinga catenaeformis	Leguminosae (mimosoid)	Cedronan
Brosimum sp.	Moraceae	Garotte
Vismia guianensis	Guttiferae	Lacre
Nectandra sp.	Lauraceae	Louro preto
Manilkara huberi	Sapotaceae	Massaranduba
Qualea paraense	Vochysiaceae	Mandioqueira
Jacaranda copaia	Bignoniaceae	Para Para
Tachegalia sp.	Leguminosae	Tachi
Pouteria sp.	Sapotaceae	Abiurana
Platonia insignis	Guttiferae	Bacuri
Vochysia sp.	Vochysiaceae	Guaruba

Fuente: Dantas y Rodrigues, 1980; Hecht, 1979, 1981.

Arboles forrajeros

La utilización de árboles como forraje además de estar muy difundida en las regiones áridas, semi-áridas y subtropicales del mundo (Piot, 1969; Gray, 1970; McKell, Blaisdell y Goodwin, 1972; White, 1974; Baker, 1978), es esencial para la producción pecuaria en Africa tropical, Asia y el nordeste brasileño. El desarrollo agropecuario en la Amazonía ha pasado por alto los árboles como fuente de proteínas y calorías para los animales (a pesar de la importancia de los arbustos, ya que suministran hasta el 64 por ciento de las proteínas durante la estación seca) en praderas naturales como las del Cerrado (Simão Neto *et al.*, 1977). La tendencia de las organizaciones de investigación de desarrollo pecuario en América del Sur de trabajar únicamente con gramíneas y leguminosas mejoradas y ocasionalmente con arbustos como *Leucaena leucocephala* (leucaena) y

Cajanus cajan (guandú o guandul) ha conducido a pasar por alto el potencial de los árboles como una de las principales fuentes de forraje. El ramoneo de una gran variedad de especies nativas es común en la Amazonía (Hecht, 1979); en Africa y Asia se conocen numerosas especies forrajeras (NAS, 1980), y el Cerrado también podría suministrar especies para lugares degradados.

Leucaena leucocephala y *Cajanus cajan* son los únicos arbustos forrajeros cuya semilla se encuentra comercialmente disponible en gran parte de la Amazonía. *L. Leucocephala* es difícil de establecer sin fertilización y debe sembrarse en el estado de plántula. Los pocos arbolitos que sobreviven desaparecen al ser sometidos al pastoreo extensivo tan común en la Amazonía. *C. cajan,* si bien es de baja palatabilidad en comparación con *L. leucocephala,* se puede establecer fácilmente mezclando las leguminosas con la semilla de la gramínea en el momento de la siembra. El aguandú no es muy tolerante al fuego pero rara vez es eliminado con la quema. Schaafhausen (1965) demostró que novillos Nellore jóvenes alimentados con guandú aumentaron 0.57 kg/día en São Paulo durante la estación seca, para un incremento total de peso de 46 kg en 90 días sin lluvia. El ganado mantenido en oxisoles y ultisoles generalmente pierde peso durante los períodos secos en el oriente amazónico. El ramoneo de muchos arbustos nativos que invaden las praderas es bien conocido (Dantas y Rodrigues, 1979; Hecht, 1979; Serrão *et al.,* 1979), pero el uso de los arbustos como forraje en casi toda la Amazonía mas que intencional es producto de la desesperación. En muchas de las praderas degradadas y enmalezadas en donde las gramíneas y las leguminosas mejoradas han sido sofocadas por el crecimiento secundario de la vegetación, los arbustos suelen ser la única fuente de alimento para el ganado.

La asociación de árboles forestales y ganado está bien desarrollada en América Central, y la utilización de sistemas agro-pastoriles constituye actualmente un área de investigación de gran importancia en la Amazonía. La calidad y cantidad de las gramíneas no es uniforme durante todo el año en la región amazónica, especialmente en las áreas semisiempreverdes del oriente amazónico (Cochrane y Sánchez, en este libro), y la carencia de alimentos para los animales y el sobrepastoreo son frecuentes. El aprovechamiento del forraje suministrado por los árboles podría ser una contribución significativa a la alimentación animal. También debería incluirse la posibilidad de utilizar las frutas comestibles producidas por los árboles. La fruta de especies como *Prosopsis juliflora, Pseudocassia spectabilis, Parmetiera cereifera* y *Cassia grandis* contiene cantidades razonables de proteína (Peck, 1979).

El Cuadro 6 muestra una lista de especies con follaje o semilla comestible que han sido utilizadas como alimento para el ganado en Sur y Centroamérica, las cuales podrían ensayarse a fin de determinar la posibilidad de introducirlas en praderas de la Amazonía. Las especies de árboles forrajeros también proveen beneficios adicionales como sombrío y cortavientos, y pueden reducir la capacidad de erosión por las lluvias al interceptar las gotas.

Mejoramiento del área

El uso de árboles para el mejoramiento del área es una técnica agroforestal según las definiciones de Combs y Budowski (1979). El mejoramiento del área incluye plantaciones cortavientos y para evitar la propagación del fuego, cercos vivos, sombrío y el mejoramiento de las propiedades del suelo.

Plantaciones cortavientos y cortafuegos. Estos tipos de plantaciones son muy escasos en la Amazonía a pesar de los vientos que asolan muchas regiones durante la estación seca, particularmente en el oriente amazónico. Al desmontar la vegetación nativa para establecer praderas es conveniente mantener una franja de 200 a 500 metros de bosque en el perímetro de 1000 ha de pastos para proveer un control relativamente bueno de los vientos y del fuego. En el sur de Pará se han sembrado plantaciones cortavientos empleando especies de rápido crecimiento de los géneros *Gmelina* y *Acacia*. Las plantaciones cortavientos compuestas de especies de *Sesbania, Leucaena, Inga, Gliricidia, Cassia* y *Albizia* pueden utilizarse para fines tales como forraje, leña y alimento, y son una posibilidad interesante para las áreas de praderas de la Amazonía. La quema de las praderas es una de las pocas técnicas de manejo que los agricultores emplean para controlar las plagas, especialmente en el oriente amazónico. La quema al final de la estación seca (tanto intencional como accidental) es una práctica difundida y que a menudo se ejerce sin control alguno. Algunas fincas de la región amazónica dejan franjas de bosque natural como cortavientos (de 200 a 500 metros), que han demostrado ser bastante eficaces.

Cercos vivos. Esta práctica, muy común en América Central, es poco utilizada en la Amazonía. En casi todas las regiones amazónicas los cercos se deben remplazar cada cuatro a ocho años incluso cuando los postes se han tratado para retardar el deterioro. La mayoría de las especies usadas como postes para cercos vivos se establecen rápidamente y proveen beneficios como sombrío, forraje, cortavientos pequeños, y un habitat apropiado para la vida silvestre. Sauer (1979) registró 57 especies que se utilizan comúnmente como cercos vivos en Costa Rica.

Cuadro 6. **Arboles forrajeros de beneficio adicional para los sistemas agro-pastoriles.**

Especie	Forraje		Mejoramiento del suelo	Sombrío	Producción de madera		Comentarios
	Fruto	Follaje			Leña	Construcción	
Acacia albida	x	x	Probable	Moderado	x	x	Forma sotos facilmente; tolera el pastoreo
Albizia lebbek		x	Probable	Moderado	x		Rebrota rápido; el follaje tiene contenido alto de N
Brosimum alicastrum	x	x	Probable	Moderado	x		Rebrota rápidamente
Cassia spectabilis	x	x	Probable	Poco			
Cajanus cajan	x	x	Probable	Poco			Puede servir de alimento para el hombre
Desmanthus virgatus		x	?	Moderado			Tolera el pastoreo fuerte; el follaje tiene un contenido alto de N
Enterolobium schomerkii		x	?	Poco		x	
*Leucaena leucocephala**	x	x	Si	Poco	x	x	Alto contenido de mimosa; no tolerante a la acidez; crece rápidamente
Prosopsis palida	x		Probable	Poco	x		
Pithecelobium saman	x		Si	Poco			
Parkia sp.		x	?			x	
Sclerolobium paniculatum		x	Probable	Moderado			
Stryphnoderdron pulcherrimum	x	x	Probable	Moderado		x	Tolerante al fuego
Sesbania grandiflora	x	x	Probable	Moderado	x	x	Cercos vivos, abono verde

* A excepción de leucaena que no tolera los suelos ácidos, se desconoce la respuesta de los otros árboles a esta condición.

Fuente: Recopilado de NAS, 1980; Peck, 1979; Combs y Budowski, 1979; Hecht, 1981.

Gliricidia sepium, Erythrina poepegiana, Sesbania spp., *Jatropha* spp., y *Bursera* spp. son algunas de las especies que podrían emplearse con éxito en la Amazonía. No obstante, es necesario probar su adaptabilidad a los suelos amazónicos más ácidos.

Mejoramiento del suelo. Las plantas que acumulan o fijan nutrimentos son de gran importancia en la Amazonía, donde la tala del bosque ocasiona una reducción rápida de la mayoría de los nutrimentos en menos de un año después del desmonte. La restauración y conservación de la fertilidad del suelo en los ambientes tropicales debería ser una consideración prioritaria al diseñar los sistemas agrícolas para estas zonas. Si bien la importancia de las leguminosas forrajeras es de todos conocida, y gran parte de la investigación está orientada hacia ellas, los árboles leguminosos pueden ser una mejor opción por muchas razones. En primer lugar, como lo indica Jones (1972), muchas leguminosas forrajeras tropicales no toleran muy bien el pastoreo. En segundo lugar, la tendencia a utilizar gramíneas que compiten fuertemente como *Brachiaria humidicola* dificulta el establecimiento y la persistencia de las leguminosas forrajeras. El problema de la persistencia de las leguminosas tropicales trepadoras es generalizado (exceptuando el kudzu), incluso con gramíneas relativamente poco agresivas como *Panicum maximum* (Halliday, 1979).

El uso de árboles considerados mejoradores del suelo se ha debatido ampliamente en los trópicos (ver, por ejemplo, NAS, 1980; Mongi y Huxley, 1979; De las Salas, 1979), pero se carece de información concreta, como la cantidad de N fijada. Los árboles generalmente se cultivan por los otros beneficios que proveen, y la fijación de N o la acumulación de P o K se consideran usualmente como efectos secundarios incidentales. Algunos árboles considerados como posibles acumuladores de nutrimentos que se siembran intencionalmente en Africa son *Acioa barteri, Alchornia cordifolia, Anthonota macrophylla, Albizia* sp. (Okigbo y Lal, 1979). La literatura sobre el uso de especies mejoradoras del suelo en Centro y Suramérica es escasa, pero algo se ha escrito sobre el tema (Chacón y Gleissman, en prensa). Deccarrett y Blydenstein (1968) han estudiado algunos de los árboles más utilizados para sombrío que también son fijadores de N. Su información sugiere que el suelo y el contenido de N del forraje mejoran con la inclusión de árboles leguminosos en las praderas.

Numerosas especies de leguminosas nativas nodulan cuando han sido sometidas a prácticas agrícolas. De hecho, el aumento del pH después de la quema aparentemente favorece el *Rhizobium*. Este autor ha observado que numerosas especies de *Cassia, Inga* y *Tephrosia* nodulan en las praderas después de la quema. Esta es un área de la investigación que merece mucha más atención como una forma de compensar la tendencia del N a disminuir en las praderas.

Aspectos Ecológicos de los Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales existen en casi todos los tipos de agricultura en la Amazonía, pero la pregunta esencial sigue en pie: ¿Por qué son eficaces? En esta sección se discuten algunos de los posibles mecanismos.

Las prácticas de monocultivo se asocian frecuentemente en la Amazonía con las disminuciones en la producción y el fracaso consiguiente de casi todas las actividades agrícolas. Las devastadoras pérdidas económicas ocasionadas por las plagas y las deficiencias o toxicidades del suelo se encuentran registradas en la literatura para casi todos los tipos de agricultura practicada en la cuenca amazónica, como lo confirman los informes presentados en este libro. La agricultura convencional de monocultivo canaliza prácticamente toda la energía del ecosistema, los nutrimentos y las prácticas culturales al incremento de los rendimientos a corto plazo. Esto se logra usualmente mediante el uso de suplementos energéticos, fertilizantes y pesticidas. El monocultivo ha tenido éxito en aquellas regiones del mundo donde se cuenta con capacidad técnica e insumos agrícolas suficientemente económicos, aun cuando su racionalidad se ha puesto en duda en vista de la escasez y alto costo de la energía incluso en los Estados Unidos (Pimentel *et al,* 1973). Los administradores calificados y los insumos agrícolas son costosos en la Amazonía y no sólo no son uniformemente eficaces sino que no se encuentran siempre disponibles. Los rigores ambientales a los que se ven sometidos los sistemas de producción en la Amazonía hacen necesario que los sistemas agrícolas sean estructuralmente mas complejos. De aquí que se requiera destinar más energía del ecosistema a las funciones protectoras que mejoran el reciclamiento de nutrimentos o reducen la pérdida vegetal.

Ecosistemas amazónicos y dinámica de las plagas

Aproximadamente el 85 por ciento de la cuenca amazónica está cubierta por bosques sumamente ricos en especies, con un alto contenido de biomasa (Prance, 1978), y caracterizados por una plétora de subtipos (Pires, 1973, 1978; Heinsdjick, 1960; RADAM, 1974; Schubart y Salati, este libro). Los bosques de la Amazonía son considerados mas bien como mosaicos de estructura relativamente análoga, que como una formación esencialmente uniforme constituida por diversas especies. La variedad de tipos de bosques tiene varias implicaciones en los problemas de plagas en la Amazonía. Muchos planificadores no caen en cuenta de que la mayoría de las comunidades de plagas de casi todos los sistemas agrícolas amazónicas no son sólo extremadamente heterogéneos, sino que también difieren drásticamente de una región a otra. Strong (1974, 1977) demostró que la mayor parte de las plagas insectibles del cacao y de la caña de azúcar se

restablece rápida e independientemente de la flora y fauna nativas de una región y que el número de plagas aumenta de manera asintótica. En su estudio sobre el cacao (1974), sólo el 1.5 por ciento de las plagas fue calificado como de amplia diseminación. También encontró que el tamaño del área cultivada era el mejor indicador del número de especies de insectos de un cultivo en particular. Kellman (1980) señala que las comunidades de plagas en las áreas tropicales cambian rápidamente con el tiempo y con las técnicas de cultivo.

Las comunidades de malezas en la Amazonía aparentemente siguen el mismo patrón de invasión de las plagas endémicas. Aunque los estudios de malezas apenas se están iniciando, ya existe suficiente información para hacer un análisis preliminar. En Brasil, Dantas y Rodrigues (1979) estudiaron las malezas invasoras de pastos en tres estaciones experimentales, una de ellas localizada en una región de várzea cerca de Manaus, y las otras dos en Paragominas y la región de Araguaia en las principales áreas ganaderas montañosas cerca de Pará.

La localidad de Itacoatiara cerca de Manaus refleja la poca diversidad de especies de las zonas de várzea. Solamente se registraron 43 especies en comparación con 106 en el sur de Pará y 176 en Paragominas. De todas las especies de malezas registradas por Dantas y Rodrigues, solamente el 20 por ciento se encontraba en las tres localidades. El número de especies comunes a dos de los tres sitios (en cualquier combinación) fue inferior al 10 por ciento. De las 266 especies registradas, únicamente 10 habían sido citadas en la literatura en las tres localidades y ellas son especies cosmopolitas como *Emilia sonchifolia, Euphorbia hirta, Panicum bolivense, Sida micanthra, Phisalis capsifolia,* y *Stachytarpheta cayenensis.*

Estos estudios empíricos sugieren varios principios importantes para el manejo de plagas en la agricultura amazónica:

1. La diversidad de plagas que afectan un cultivo es probablemente mayor que en los trópicos estacionales, montañosos o más secos.

2. La diversidad o el nivel de incidencia de las plagas podrían estar correlacionados con la diversidad de tipos de bosques que se desmontan para destinarlos a la agricultura.

3. Los organismos que invaden las zonas agrícolas de la región amazónica son principalmente endémicos. Esto implica que:

   a. Los tipos de plagas y los brotes no son fácilmente predecibles;

b. muchas especies en la cuenca amazónica pueden desempeñar funciones similares;
c. las técnicas de control diseñadas en un área pueden ser difíciles de extrapolar a otras.

En vista de la extraordinaria heterogeneidad de los ecosistemas y de la dificultad de predecir y controlar los brotes de plagas en esta área, sería muy conveniente desarrollar un sistema de cultivo que incorpore los medios para reducir las pérdidas económicas ocasionadas por las plagas.

Sistemas agroforestales y dinámica de las plagas

Las asociaciones heterogéneas de cultivos pueden funcionar de diversas maneras para controlar las poblaciones de plagas, ya sea mediante la alteración del medio ambiente o por medio de la dinámica ecológica en el terreno. Los cambios ambientales iniciados por el cultivo de varias especies pueden modificar los sistemas agrícolas para que: 1) se dificulte el ingreso de las plagas, y 2) se convierta en poco propicio para determinadas especies de insectos. Se ha observado que los sistemas de cultivos múltiples en muchos casos reducen el atractivo que un determinado cultivo ejerce sobre sus plagas al disminuir los estímulos visual y olfativo (Norton y Conway, 1977; Pimentel, 1961a, b), al alejar las plagas del cultivo que normalmente atacan o al interferir físicamente con la colonización. La mayor cobertura vegetal del terreno y el sombrío característicos de los sistemas agroforestales de multiestratos reducen la habilidad de muchas malezas para establecerse o competir eficazmente con los cultivos después del establecimiento. También se ha sugerido que los sistemas de cultivos múltiples son menos susceptibles a los brotes de plagas y enfermedades porque los organismos perjudiciales se diseminan mas lentamente en la agricultura mixta (Apple, 1972; Ruthenberg, 1971).

Diversidad de especies

La heterogeneidad de las regiones en que se utilizan sistemas de multiestratos, lo mismo que los numerosos microclimas, proveen un habitat adecuado para que los parásitos y depredadores de plagas puedan controlar los brotes. Por otra parte, la misma multiplicidad de especies permite que haya suficiente alimento durante los instares no entomófagos del ciclo de vida de un depredador de plagas, al igual que presas alternas para los estadios entomófagos cuando la densidad de plagas es baja. Si bien, en teoría, los sistemas multiestratificados pueden acentuar los problemas de plagas al crear el habitat apropiado o al orientar al depredador de plagas hacia otro alimento disponible en el terreno (Way, 1978), la prevalencia de los sistemas agroforestales sugiere que ésto no sucede tan frecuentemente como se cree (Wood, 1974).

En los ecosistemas de un solo cultivo y, por consiguiente, de una sola cubierta de follaje, el medio ambiente es bastante homogéneo estructuralmente, está enriquecido por nutrimentos y está ocupado por plantas genéticamente uniformes diseñadas para producir altos rendimientos. La reinvasión y el incremento de las poblaciones de plagas tienen lugar en cada estación subsiguiente con la mayoría de los cultivos tropicales. Tan pronto como una especie conocida como plaga invasora, con un índice de reproducción alto penetra en un monocultivo, particularmente de tipo agrícola, es inútil recurrir a la estabilidad del ecosistema natural toda vez que no existen suficientes componentes en dicho ecosistema que permitan controlar los brotes (Southwood, 1977). Como las plagas destruyen rápidamente el cultivo, no se cuenta con registros que abarquen varios años para la mayoría de los monocultivos amazónicos, en especial de cultivos anuales. La adición de fertilizantes se hace entonces necesaria para mantener la productividad agrícola.

Los sistemas agroforestales incorporan muchas características que pueden servir como base para el manejo de plagas por medio de la manipulación de los procesos que afectan los niveles de daño económico. La gran difusión de las técnicas agroforestales en todos los niveles de capitalización en la agricultura amazónica sugiere que si bien no se conoce exactamente la forma como trabajan estos sistemas para controlar las plagas es un hecho que si actuan eficazmente. Por supuesto, la dinámica de las plagas en los sistemas agroforestales continua siendo un área crítica para la investigación.

Conservación del suelo y sistemas agroforestales

La vegetación juega un papel importante en el almacenamiento de nutrimentos en la mayoría de los ecosistemas amazónicos (ver Schubart y Salati, y Cochrane y Sánchez en este mismo libro). Al desmontar los bosques que se hallan en suelos pobres y destruir o interrumpir los mecanismos de reciclamiento de nutrimentos, la mayoría de los que se hallan almacenados en la vegetación pasan al suelo, donde quedan expuestos a pérdidas por lixiviación y erosión.

El Cuadro 7 compara el almacenamiento de nutrimentos del suelo y del bosque con los sistemas de almacenamiento del suelo y una pradera de *Panicum maximum*. El almacenamiento en la vegetación decae considerablemente con el cultivo continuo. La disminución de los nutrimentos expresada en meq/100 g o en ppm ha sido estudiada en praderas después del desmonte de bosques (Falesi, 1976; Serrão *et al.*, 1979; Toledo y Morales, 1979; Hecht, 1981).

fíciales en la región amazónica.

Ecosistema	Biomasa (m/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Ubicación	Fuente
		kg/ha						
Bosque maduro	504							
Vegetación		3294	67	500	528	274	Manaus, Brasil	Fittkau y Elinge (1973)
Suelo		12200	216	61	0	23		
Bosque maduro	462							
Vegetación		1088	62	1470	849	253	Merida,	Fassbender (1977)
Suelo		4638	626	239	446	113	Venezuela	
Bosque maduro	184							
Vegetación		740	27	277	431	133	Carare-Opón,	De las Salas (1978)
Suelo		1811	180	107	22	35	Colombia	
Bosque maduro	n.d							
Vegetación*		956	17	367	595	255	Paragominas,	Hecht (1981)
Suelo		3170	13	62	71	51	Brasil	
Panicum maximum								
Pradera de un año de edad	10							
Vegetación		385	7.6	87	397	145	Paragominas,	Hecht (1981)
Suelo		3400	22.5	269	564	452	Brasil	
Panicum maximum								
Pradera de 10 años	2							
Vegetación		60	1.2	19	58	22.5	Paragominas.	Hecht (1981)
Suelo**		4610	8.9	268	1002	420	Brasil	

* Los datos de almacenamiento en la vegetación en la localidad de Paragominas son estimaciones. Se calcularon utilizando las relaciones promedio relativas de almacenamiento de nutrimentos en el bosque y en el suelo derivadas de los sistemas bosque-suelo presentados en este cuadro. Estas relaciones fueron publicadas por Sánchez, 1979. Los valores de los suelos se tomaron de datos de campo (n = 20).

** Estos altos valores de almacenamiento reflejan la duplicación de la densidad del suelo después de 10 años en praderas.

Los altos valores de almacenamiento de nutrimentos en el suelo en el caso de la pradera de *P. maximum* que se observan en este cuadro reflejan, en parte, las adiciones de nutrimentos provenientes de la ceniza y la descomposición de la madera, y el incremento en la densidad por unidad de volumen de suelos cultivados con pastos. Otros investigadores como Schubart (1976) también han sugerido este cambio en la densidad aparente del suelo.

Para conservar eficazmente la fertilidad puede ser necesario introducir mecanismos de reciclamiento de nutrimentos en los sistemas agrícolas. Los sistemas que no tienen en cuenta la conservación de aquellos, como los barbechos, las mezclas heterogéneas de cultivos y el cultivo en secuencia, o que carecen de una estructura compleja requieren grandes cantidades de insumos en la forma de nutrimentos, y pesticidas.

Los sistemas agroforestales tienen un potencial mucho más alto de conservación de nutrimentos que los monocultivos agrícolas herbáceos (Okigbo y Greenland, 1976; Dubois, 1979; Bene *et al.*, 1977; Wilkin, 1978), especialmente con niveles de insumos bajos. La complejidad estructural y los diferentes requerimientos nutricionales de los componentes de los sistemas de cultivos múltiples contribuyen a la conservación del suelo.

Sistemas agroforestales y control de la erosión

Los edafólogos latinoamericanos se han concentrado, con toda razón, en los aspectos químicos de la fertilidad del suelo. Gran parte de la información disponible sobre los efectos de los parámetros físicos del suelo en los cultivos ha sido obtenida por investigadores de Africa y Asia (Lal, 1979; Aina *et al.*, 1977; Aina, 1979). En esta sección el énfasis se hará en la erosión. Los lectores interesados en la dinámica de la temperatura o en la humedad del suelo para los suelos tropicales en general pueden consultar los trabajos de Lal (1975, 1979), Lal y Cummings (1979), Wood (1977), y Wolf y Drosdoff (1976).

Las tormentas de gran intensidad, las gotas de tamaño grande y las descargas eléctricas son características de las lluvias tropicales (Lal, 1979), lo que hace que ellas tengan un alto potencial de erosión y compactación en estas regiones (Okigbo y Lal, 1979). Los efectos perjudiciales en la estructura del suelo y los problemas subsiguientes de disminución de nutrimentos debidos a la erosión del suelo se intensifican con el cultivo permanente. Sánchez y Cochrane (1980) indican que el 29 por ciento de las áreas de suelos ácidos e infértiles en América tropical está expuesto a graves peligros de erosión. Si bien los mayores riesgos de erosión están confinados a las zonas montañosas, el Cuadro 7 demuestra que la erosión

puede ser grave incluso en pendientes moderadas si el suelo carece de cobertura vegetal.

El cultivo continuo sin la protección adecuada del suelo puede disminuir la capacidad productiva de un terreno cuando el deterioro progresivo de la estructura del suelo ocasiona compactación, reducción de la tasa de infiltración y erosión (Wood, 1977; Lal, 1975). Sánchez (1979) señala que gran parte de la erosión en cárcavas en la Amazonía está asociada con la construcción en general, especialmente de carreteras. La erosión laminar es común en la Amazonía y es particularmente pronunciada después de la quema y al comienzo de las primeras lluvias (Smith, 1976; Ferrnside, 1978; Scott; 1978) antes de que la cobertura vegetal haya tupido suficientemente. Scott (1978) observó que la reducción de sedimentos en los arroyos era del 60 por ciento después de que la vegetación había cubierto parcelas cortadas y quemadas y del 85 por ciento tan pronto como el chac-chac (una sucesión de *Pteridium aquilinum* dominante en la Amazonía peruana premontana) se recuperó de la quema. Las prácticas de cultivo y el número de desyerbas también influyen en la pérdida de sedimento.

Los pastos son muy eficaces para controlar la erosión, incluso en pendientes pronunciadas, pero es importante recordar que las praderas de experimentación no incluyen los animales en pastoreo, y de aquí que se debe ser precavido al extrapolar los resultados del nivel de erosión en suelos sembrados con pastos.

Son muchos los efectos benéficos que se derivan de una cubierta vegetal tupida (especialmente si incluye varios estratos) en los sistemas agroforestales, ya que ésta amortigua el impacto de las gotas de lluvia. Los hábitos de enraizamiento de las plantas son diferentes y muy importantes para mantener la porosidad del suelo. Las adiciones constantes de materia orgánica a la superficie del suelo también amortiguan el impacto de las lluvias y mejoran la estructura del suelo.

Los niveles de materia orgánica del suelo aumentan y alcanzan rápidamente el equilibrio bajo barbecho de bosque (Cochrane y Sánchez, en este libro). La acumulación rápida de biomasa al comienzo de la sucesión, así como la proporción relativamente alta de componentes foliares en la biomasa en los primeros años del barbecho (en comparación con el bosque maduro) son probablemente responsables del rápido incremento del contenido de materia orgánica del suelo (Snedaker, 1980). Es probable que la acumulación de materia orgánica en los sistemas agroforestales sea similar a la de los sistemas consecutivos, pero este aspecto aún no se ha investigado.

Las adiciones de materia orgánica al suelo son útiles para mantener la estructura y la capa vegetal del suelo. Los residuos también son importantes en el reciclamiento de nutrimentos por la vegetación (Stark y Jordan, 1978). Los sistemas agroforestales, ya se trate de un cultivo en secuencia (con un barbecho corriente o modificado) o de un cultivo continuo en asociación con árboles, aparentemente son mas apropiados para conservar la estructura del suelo y reducir la erosión que los sistemas convencionales de producción en los cuales la superficie del suelo queda expuesta periódicamente a las labores de cosecha y/o a la quema.

Dinámica de los nutrimentos del suelo

Ciertos sistemas agroforestales tienen la capacidad de mantener altos niveles de nutrimentos en el ecosistema y de recuperar las pérdidas de aquellos después del cultivo. Lal (1979) informa que en Nigeria ninguna cubierta herbácea fue tan eficiente para regenerar la fertilidad general del suelo como la vegetación leñosa. Son muchas las razones que explican este hecho. Los requerimientos de las especies varían y las tasas de absorción de nutrimentos son diferentes. Los mecanismos de acumulación de éstos, probablemente similares a los de los bosques lluviosos, pueden presentarse debido a muchos factores como la "captura" de nutrimentos portados por la lluvia (Jordan *et al.*, 1980 Bernhard-Reversat, 1975), una mayor absorción a través de mecanismos fisiológicos (Odum, 1970), características estructurales (Klinge y Fittkau, 1972), y asociaciones simbióticas, tanto microbianas como fúngicas (Star y Jordan, 1978). La complejidad estructural de los sistemas radicales de diversos cultivos agroforestales implica que la absorción de nutrimentos tiene lugar a diferentes profundidades. La retención de aquellos se logra por medio del aumento de la evapotranspiración que reduce la lixiviación (Bartholomew, 1953; Harcombe, 1977) y estimula el reciclamiento de nutrimentos. Kellman (1970) sugiere que las especies secundarias pueden reciclar los nutrimentos a tasas mas altas que las especies clímax. Como muchos componentes de los sistemas agroforestales son miembros de comunidades sucesivas iniciales o intermedias (*C. alliodora*, caoba, etc.), un reciclamiento rápido podría tener lugar.

Después del desmonte y quema del bosque, hay un incremento inicial de todos los elementos en el suelo excepto N y C (Nye y Greenland, 1960; Zinke *et al.*, 1978; Seubert, *et al.*, 1977; Falesi, 1976; Serrão *et al.*, 1979; Sánchez, 1979; Hecht, 1981). Los contenidos mas altos de P en el suelo se deben a las adiciones de este elemento provenientes de la biomasa quemada, y ocasionalmente a una disponibilidad mayor ocasionada por la modificación del pH. La vegetación quemada también suministra K. Estas impresionantes modificaciones del suelo se invierten después de los

primeros años de cultivo (Falesi, 1976; Serrão *et al.*, 1979; Sánchez, 1979; Cochrane y Sánchez, en este libro). Cuando la mayoría de los nutrimentos del ecosistema se encuentran almacenados en la materia orgánica del suelo y en la biomasa del bosque, la eliminación del bosque destruye un lugar crítico de almacenamiento y transfiere estos nutrimentos al suelo donde son más vulnerables a la lixiviación y a la erosión. Los análisis de tan sólo los nutrimentos del suelo no permiten apreciar el hecho de que los lugares de almacenamiento del **total** de nutrimentos del ecosistema han variado. Los ecosistemas que tienen un componente leñoso (bosque tropical y bosque de sucesión) acumulan grandes cantidades de N, P y K.

Los patrones de absorción de las diversas especies consecutivas son muy variados como puede apreciarse en el Cuadro 7. La selección y la protección de los acumuladores de nutrimentos en los barbechos son fáciles de lograr y son un aspecto importante que requiere investigación (Bishop, en este libro; Tergas y Popenoe, 1971; Hecht, 1979; Lal, 1979). La investigación sobre la dinámica del suelo en los sistemas agroforestales en la Amazonía está apenas comenzando, pero los resultados de los sistemas africanos y consecutivos sugiere que en los sistemas agroforestales podría lograrse un reciclamiento y un almacenamiento de nutrimentos mas eficiente.

Factores que Afectan la Expansión de los Sistemas Agroforestales

La falta de experiencia técnica y la idea de que los sistemas de multiestratos son menos "desarrollados" que los monocultivos limitan en parte la expansión de los sistemas agroforestales en la Amazonía. Sin embargo, los procesos contradictorios que caracterizan la ocupación de la región amazónica son aún más críticos.

Una gran variedad de objetivos de desarrollo en los países amazónicos ha acelerado el desmonte y la colonización agrícola por parte de corporaciones e individuos (Nelson, 1975, Mahar, 1979; Durman, 1977; Goodlan e Irwin, 1975; Pompermeyer, 1979; Ianni, 1978). Desde comienzos de la década del 60 varias tendencias han ido a la par con la deforestación; una de ellas es que la tierra más que su producción es un artículo de consumo altamente negociable. Los precios de la tierra han superado las tasas de inflación incluso en regiones donde la capacidad de producción de la tierra se ha deteriorado (Mahar, 1979). Cuando la tierra se trata estrictamente como un artículo de consumo, el manejo cuidadoso pasa a ser de importancia secundaria. Aún más, las decisiones de desarrollo son tomadas muy a menudo (por lo menos en la región amazónica) por grupos económicos que no tienen su sede en la región. El 90 por ciento de la tierra en el estado de Amazonas, Brasil, está en manos de corporaciones e

individuos de fuera de la región (Pires y Prance, 1977). Estos grupos, que generalmente carecen de experiencia en las regiones tropicales y están interesados primordialmente en especular con la tierra, pueden emplear métodos de desmonte y de desarrollo destructivo. Por ejemplo, métodos de desmonte mecanizados ampliamente utilizados por las corporaciones en el sur de la Amazonía pueden reducir marcadamente la productividad del suelo (Seubert *et al.*, 1977; Serrão y Toledo, en este libro).

La posesión de la tierra se ha visto sometida en gran parte de la Amazonía a regulaciones contradictorias, a procedimientos de titulación bizantinos, a la jurisdicción sobre la tierra de varias entidades, al fraude y a la corrupción (Ianni, 1978; Pompermeyer, 1979; Sawyer, 1979; Bunker, 1978; Rodrigues y da Silva, 1977). La gravedad de los conflictos en relación con la tierra en la Amazonía sugiere que existen serios problemas de especulación y tenencia, los cuales a menudo interfieren con el uso racional de este recurso y conducen a una explotación destructiva a corto plazo.

Los sistemas agroforestales son un uso de la tierra que no da rendimiento económico rápidamente y, por lo tanto, en una economía especulativa hay poco incentivo para establecer y mantener dichos sistemas. Otra restricción es el punto de vista de que las alteraciones físicas sustanciales del paisaje es una prueba de progreso. Los planificadores deben llegar al convencimiento de que los bosques no son un obstáculo para el desarrollo sino uno de sus productos finales.

Conclusiones

Los sistemas agroforestales a pesar de estar muy difundidos en la Amazonía son los menos estudiados de todos los sistemas agrícolas tropicales. Su investigación requiere un enfoque ecológico interdisciplinario que incluya agrónomos, antropólogos, geógrafos, sociólogos rurales y economistas. También implica un cambio perceptivo, por cuanto para que un sistema agrícola dé rendimientos estables se necesita una orientación de tipo integral mas que sustitutivo.

A fin de que los sistemas agroforestales reciban el énfasis que merecen en los programas de desarrollo es necesario que se cubran varias áreas básicas de investigación. Estas son:

- Estudios en gran escala de los sistemas agrícolas nativos para determinar cuándo, cómo, por qué y cuáles especies se utilizan, y cuál es el papel que éstas juegan en los diferentes sistemas agrícolas.

- Investigación básica sobre la ecología agrícola de las plagas en los cultivos tropicales.
- Dinámica y reciclamiento de nutrimentos en los sistemas agroforestales tropicales.
- Investigación sobre los componentes de los sistemas agroforestales (e.g., *Inga edulis,* especies maderables comerciales, árboles productores de alimentos) y sus interacciones con los cultivos alimenticios y los pastos.
- La investigación sobre las relaciones sociales de los sistemas de producción también es necesaria, toda vez que las diferentes medidas agrícolas pueden acentuar o disminuir las desigualdades económicas y sociales existentes en los países amazónicos.

Para finalizar, es apropiado citar uno de los primeros pensadores occidentales en referirse a los problemas de deforestación y desarrollo agrícola, como advertencia a quienes están empeñados actualmente en el desarrollo de la Amazonía.

> "Los mismos signos con base en los cuales formamos nuestros juicios son a menudo muy engañosos; un suelo adornado con árboles altos y airosos no es siempre favorable, a excepción, claro está, de los árboles". (Pliny, Natural History, Libro 17, Capítulo 3).

Agradecimientos

La autora agradece a la Fundación Ford su valioso apoyo que le permitió llevar a cabo la investigación de campo en la Amazonía. Los Doctores J.J. Parsons, H.O. Sternberg, N. Smith, y, particularmente, P.A. Sánchez, hicieron comentarios útiles a las versiones iniciales de este manuscrito. La sección sobre cultivos agroforestales comerciales se basa principalmente en el trabajo efectuado por el Dr. R. Peck en 1979, y en conversaciones sostenidas con él.

Bibliografía

Aina, P.O.; Lal, R.; Taylor, G. 1977. **Soil and crop management in relation to soil erosion in the rainforest region of western Nigeria,** SGS Special Publication 21: 75-84.

_____. 1979. **Effects of vegetation cover on soil erosion.** *In:* Soil Physical Properties and Crop Production in the Tropics, editado por R. Lal y D. J. Greenland. J. Wiley.

Apple, J. L. 1972. **Intensified pest management needs of developing nations.** Bioscience 22: 461-464.

Baker, H.G. 1978. **Invasion and replacement in Californian and neotropical grasslands.** *In:* Wilson, J.R. (ed) Plant Relations in Pastures, CSIRO, Victoria, Australia. pp. 368-384.

Bartholomew, W. V.; Meyer, I.; Laudelot, H. 1953. **Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallows in the Yangambi region.** Agronomique du Congo. INEAL Ser. Sci. 57. pp. 1-27.

Bates, H.W. 1964. **A naturalist on the River Amazon.** Londres.

Bene, J. G.; Beall, H. W.; Cote, A. 1977. **Trees, food and people.** IDRC, Ottawa. 52 p.

Bernhard-Reversat, F. 1975. **Nutrients in throughfall and their quantitative importance in rainforest mineral cycles.** Golley, F. and Medina, E. (eds). 153-161.

Bishop, J.R. 1978. **The development of a sustained yield tropical agro-ecosystem in the upper Amazon.** Agro-Ecosystems 4: 469-461.

Borman, F.H.; Likens, G. 1980. **Pattern and process in a forested ecosystem.** Springer-Verlag. New York. 253 p.

Brinkman, W. L.F.; Nascimento, J.C. 1973. **The effects of slash and burn on plant nutrients in the Tertiary region of central Amazonia.** Acta Amazonica 3 (1): 55-61.

Bruce, R. 1975. **Produção e distribuição da madeira Amazonica.** MA/IBDF/PRODEPEF. Rio de Janeiro. 78 p.

Budowski, G. 1978. **Sistemas agro-silvo-pastoriles en los trópicos húmedos.** CATIE, Turrialba, Costa Rica. 29 p.

Bunker, S. 1979. **Power structures and exchange between government agencies in the expansion of the agricultural section in Para.** Comp. Int'l Dev't. pp. 56-77.

_____. 1980a. **Development and the destruction of human and natural environments in the Brazilian Amazon.** Environment (In press).

_____. 1980b. **Subsistence, surplus and ecological balance: The dilema of small communities.** Paper read at LASA meeting, October, 1980. 25 p.

Carvajal, P.F.S. 1978. **Little known woods of the Brazilian Amazon.** *In:* Proceedings of a Conference on Improved Utilization of Tropical Forests. Madison, Wisconsin. USFS/AID. pp. 162-183.

Chacón, E.; Gliessman, S. 1980. **The use of the non-weed concept in traditional agroecosystems of southeastern Mexico.** Colegio Superior de Agricultura Tropical, Tabasco, México 21 p. (Manuscrito inédito).

Chandler, T.; Spurgeon, D. 1979. **International cooperation in agro-forestry.** ICRAF/DES, Nairobi, 467 p.

Cherrett, S.M.; Sager, G.R. (eds.) 1977. **Origin of pest, parasite, disease and weed problems.** Blackwell Sci. Publications. Oxford. 413 p.

Combs, J.; Budowski, G. 1979. **Clasificación de las técnicas agroforestales.** *In:* Taller sobre Sistemas Agroforestales en América Latina. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 17-49.

Conklin, H. 1957. **Hanunoo agriculture.** A report on an integral system of shifting cultivation in the Philippines. FAO Forestry Development Papers, No. 12. Roma. 307 p.

Cunningham R. H. 1963. **The effect of clearing a tropical forest soil.** Jour. Soil Sci. 14: 334-344.

——; Burridge, S.C. 1960. **The growth of cacao** *(Theobrama cacao)* **with and without shade.** Annals of Botany 24 (96):458-462.

Dantas, M.; Rodrigues, I.A. 1980. **Plantas invasoras de pastagens cultivadas na Amazônia.** CPATU Boletim de Pesquisa No. 1 EMBRAPA, Pará, 23p.

Deccarett, M.; Blydenstein, J. 1968. **La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos.** Turrialba 18 (4):405-408.

Dubois, Jean. 1979. **Los sistemas de producción más apropiados para el uso racional de las tierras de la Amazonía.** Proceedings of a Seminar on Renewable Natural Resources and Development in the Amazon Region, Bogotá, 1979. 63 p.

Durham, K. 1977. **Expansion of agricultural settlement in the Peruvian rainforest: The role of the market and the role of the state.** Paper presented at the joint meeting of Latin American Studies and African Studies Association, Houston, 1977. 25p.

Entwhistle, P. F. 1972. **Pests of cacao.** Longman Press. Londres 375 p.

Evans, A. C.; Sreedharan, A. **Studies of intercropping.** E. Afr. Agr. and For. Jour. 26:1-10.

Ewel, J. 1976. **Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala.** J. Ecol. 64: 293-308.

Falesi, I. C. 1976. **A Ecosistema de Pastagem cultivada.** CPATU, Belém, Brasil. 193 p.

FAO, 1976. **Forestry development and research project, Brazil. A tree improvement program for Amazonia.** FO: DP/BRA/71/545. Technical Report 3. 44 p.

Fassbender, H. W. 1977. **Ciclos de elementos nutritivos en ecosistemas forestales tropicales y su transformación con la agricultura rotativa.** *In* FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenación y Conservación de Suelos en América Latina. Lima, Perú. 17p.

Fearnside, P. 1978. **Estimation of carrying capacity for human settlement on the trans-amazon highway colonization area of Brazil.** Tesis de Ph.D. University of Michigan. 400p.

Fittkau, E. J.; Klinge, H. 1973. **On biomass and trophic structure of the central Amazonian rainforest ecosystem.** Biotropica 5 (1):2-15.

Fox, J.G.D. 1978. **Constraints on the national regeneration of tropical moist forest.** Forest Ecology and Management 1:37-65.

Galvao, A.P.M. 1979. **Ecological aspects of agroforestry in the humid tropics: The Brasilian Amazon.** *In:* Chandler, T., y Spurgeon, D. (eds) International Cooperation in Agroforestry. ICRAF/DSE. Nairobi. pp. 109-117.

Gentry, A. 1979. **Extinction and conservation of plant species in tropical America: A phytogeographic perspective.** *In* Hedberg, I. (ed.) Systematic Botany Plant Utilization and Biosphere Conservation. Almquist and Wiksell. Upsala, Suecia. pp. 115-121.

_____; López-Parodi. 1980. **Deforestation and increased flooding in the upper Amazon.** Science 210: 1354-1356.

Gibson, I.A.S.; Jones, T. 1977. **Monoculture as the origin of major forest pests and diseases.** *In:* Cherrett, S.M.; Sagar A. (eds.) Origin of Pest, Parasite, Disease and Weed Problems. Blackwell scientific. pp. 139-161.

Glerum, B. B.; Smit, G. 1960. **Forest inventory of the Amazon valley.** FAO EPTA Report 1271. Roma.

_____. 1962. **Combined forestry soil survey along BR-14 from San Miguel to Imperatriz.** FAO EPTA Report 1483. Roma. 130p.

Godfrey, B. 1979. **Rush to Xingu Junction.** Tesis de maestría inédita. Department of Geography, University of California. 238p.

Golley, F.B.; Clements, R.; Child, G.; Duever, M. 1975. **Mineral cycling in a tropical forest ecosystem.** University of Georgia. Athens. 248p.

_____; Medina, E. 1975. **Tropical ecological systems.** Springer-Verlag. New York 398p.

Goodland, R.; Irwin, H. 1975. **Red hell to green desert?** Elsevier. Amsterdam. 155p.

_____. 1980. **Environmental ranking of Amazonian development projects in Brasil.** Environmental Conservation (En prensa).

Gray, S.G. 1970. **The place of trees and shrubs as sources of forage in tropical and subtropical pastures.** Tropical Grasslands 4: 57-62.

Guess, G. 1979. **Pasture expansion and development contradictions.** Studies in Comparative Development Journal pp. 42-55.

Halliday, J. 1979. **Field responses of tropical forage legumes to rhizobium inoculation.** *In* Sánchez, P.; Tergas, L. (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT. Cali, Colombia. pp. 135-151.

Hamilton, L. S. **Tropical rainforest use and preservation: A study of problems and practices in Venezuela.** Sierra Club Special Publication International Series No. 4. Office of International Environmental Affairs. Sierra Club, New York. 120 p.

Harcombe, P. 1977. **The influence of fertilizer on some aspects of succession in a humid tropical forest.** Ecology 58: 1375-1383.

Hart, R.D. 1980. **A natural system analog approach to the design of a successional crop system for tropical forest environment.** Biotropica 12 (supp.): 73-83.

Hartshorn, G. 1978. **Tree falls and tropical forest dynamics.** *In* Tomlindon, P.; Zimmerman, M. H. (eds) Tropical Trees as Living Systems. Cambridge press. Londres. pp. 617-639.

———. 1980. **Neotropical forest dynamics.** Biotropica 12 (supp.): 23-31.

Hecht, S.B. 1979. **Spontaneous legumes of developed pastures in Amazonia and their forage potential.** *In* Sánchez, P.; Tergas, L. (eds) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics, CIAT. Cali Colombia. pp. 65-81.

———. 1981. **Cattle ranching in the Amazon: Analysis of a development strategy.** Tesis para doctorado inédita. University of California.

Heinsdjick, D. 1960. **Dry land forest on the quarternary and tertiary south of the Amazon River.** FAO-EPTA Report 1284. Roma. 104 p.

Herrera, R.; Jordan, C.F.; KlingeH.; Medina, E. 1978. **Amazon ecosystems: Their structure and fuctioning with particular emphasis on nutrients.** Interciencia. 3 (4):223-231.

Huffacker, C. B. (ed.). 1974. **Biological control.** Plenum/Rosetta. New York. 511 p.

Ianni, O. 1978. **A luta pela terra.** Vozes. Petropolis. 235 p.

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1977. **Polo Carajas: Inventario Florestal de Reconhecimento.** IBDF., Belém, Pará. Vol. 1.43 p.

Instituto Brasileiro de Geografía e Estatisticas. 1979. **Censo agropecuario: Amazonas.** IBGE, Rio de Janeiro, Brasil. 314p.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1980. **Relatorio de o Projeto Desmantamento (Amazônia Brasileira).** Brasilia. INPE/IBDF 42p.

Janzen, D. 1973a. **Sweep samples of tropical foliage insects: Description of study sites with data on abundance and size distributions.** Ecology 54 (3): 659-686.

———. 1973b. **Tropical agro ecosystems.** Science 181: 1111-1119.

———. 1975. **The ecology of plants in the tropics.** Institute of Biology. Studies in Biology, No. 58. Edward Arnold. Londres 67 p.

Jones, R. 1972. **The place of legumes in tropical pastures.** ASPAC Tech. Bull No. 9. Taipei, Taiwan 53 p.

Jordan, C.F.; Todd, R.L.; Escalante, G. 1979. **Nitrogen conservation in a tropical rainforest.** Oecología 39: 123-128.

_____; Golley F.; Hall, J.; 1980. **Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian rainforest.** Biotropica 12 (1):61-67.

Kang, B.T. 1977. **Effect of some biological factors on soil variability in the tropics.** Plant and Soil. 47: 451-462.

Kass, D.C.L. 1976. **Simultaneous polyculture of tropical food crops with special reference to the management of sandy soils of the Brasilian Amazon.** Tesis para doctorado inédita. Cornell University New York. 265 p.

Kellman, M. C. 1970. **Secondary plant succession in tropical montane Mindanão.** Pub. BG/2 ANU. Canberra. 174 p.

_____. 1980. **Geographic patterning in tropical weeds communities and early secondary successions.** Biotropica 12 (supp.): 34-40.

King, K.F.S. 1979a. **Agroforestry, a new system of land management.** In Dept. of Ag. Research, Bull. 30. Koninklijk Inst. voor de Tropen. pp. 1-10.

_____. 1979b. **Agroforestry and fragile ecosystems.** *In* Mongi, H; Huxley P., (eds) Soil Research in Agroforestry. ICRAF, Nairobi. pp. 21-29.

_____; Chandler, M. T. 1978. **The wasted lands.** ICRAF, Nairobi. 35 p.

Klinge, H. 1973. **Root biomass estimation in lowland tropical rain forest of central Amazonia, Brasil.** Trop. Ecol. 14: 29-38.

_____; Rodriguez, W.; Brunig E.; Fittkau, E. J. 1975. **Biomass and structure in a Central Amazonian rainforest.** *In* Golley, F.; Medina E. (eds.) Tropical Ecological Systems, Springer-Verlag. New York. pp. 115-122.

_____; Fittkau, E. J. 1972. **Filterfuntion im Okosysten des zentralamazonische regenwaldes.** Mitt. Deutsch Bodenkun. Ges 16: 130-135.

Koster, H.; Khan, E. J.; Bosshart, R. 1977. **Programa e resultados preliminares dos estudos de pastagens na região de Paragominas, Pará e nordeste da Mato Grosso.** SUDAM/IRA. Belém. 31p.

Kundstater, R.; Chapman, E.C.; Sabrasi, S. 1978. **Farmers in the forest.** University of Hawaii. Honolulu. 402p.

Kwan, W. Y.; Whitnon, T.C. **On the influence of soil properties on species distribution in Malayan Dipteocarp rain forest.** Malay For. 33: 42-54.

Lal, R. 1975. **The role of mulching techniques in tropical soil and water management.** Tech. Bull. No. 1, IITA, Ibadan, Nigeria 37p.

_____. 1979. **The effects of cultural and harvesting practices on soil physical conditions.** *In* Mongi, H.; Huxley, T. (eds.) Soil Research in Agroforestry. ICRAF, Nairobi. pp. 327-353.

———; Cummings, D. J. 1979. **Changes in soil and microclimate after clearing a tropical forest.** Field Crops Res. 2. (En prensa).

———; Greenland, D. J. 1979. **Soil physical properties and crop production in the tropics.** J. Wiley. Reino Unido.

Liberal 1980. **"Para exportação."** July 18. Brasil.

Lugo, A.; S. Brown. **Are tropical forests endangered ecosystems?** Unasylva. (En prensa).

MA/SUPLAN/IBDF/COPLAN. 1977. **Perspectivas e tendências do setor florestal Brasiliero 1975 a 2000.** Coleção: Desenvolvimento e Planejamento Florestal. Serie: Tecnica. 4 vols.

Mabey, S. E. 1967. **The effect of shade on the relationship between stem diameter and tree height of young seedling cacao.** East African Agricultural and Forestry Journal 32: 14-20.

MacArthur, R.; Wilson, E. O. 1966. **The theory of island biogeography.** Princeton University Press. New Jersey. 203 p.

Mahar, D. J. 1979. **Frontier development policy in Brasil: A study of Amazonia.** Praeger. New York. 182 p.

McKell, C.; Blaisdell, J. P.; Goodwin, J. R. (eds.). 1972. **Wildland shrubs-Their biology and utilization.** Intermountain Forest and Range Exper. Sta. Forest Service General Technical Report. INT-1. Ogden, Utah. 494 p.

Meggars, B. J. 1971. **Amazonia: Man and culture in a counterfeit paradise.** Aldine. Illinois. 182 p.

Mongi, H. O.; Huxley, P. (eds). 1979. **Soils research in agroforestry.** ICRAF, Nairobi. 584p.

Moore, A. W., 1967. **Changes in soil molsture and organic matter under different covers at Ibadan, Nigeria.** Plant and Soil 27: 463-467.

Moran, E. 1977a. **Estrategias de sobrevivência: O uso de recursos ao longo da rodovia Transamazônica.** Acta Amazonica 7: 363-379.

———. 1977b. **Agriculturai development in the trans-Amazon highway.** Latin American Studies Working Paper. Indiana University, Bloomington. 134p.

Mors. W. B.; Pizzini. C.T. 1966. **Useful plants of Brazil.** Holden Day SF. 166p.

Mosse, B.; Tinker, P. 1975. **Endomycorrhizae.** Academic press. Londres.

Murray, O. B. 1965. **Factors affecting the shade-nutrition interaction in cacao.** Conference Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyères. Republique de Côte D'Ivoire. pp. 109-115.

Muthoo, M. K. 1977. **Perpectivas e tendências do setor florestal Brasileiro, 1975 a 2000.** PNUD/FAO/IBDF-76/027.

_____. M. K. 1978. **Forestry development and research in Brasil.** UNDP/FAO/IBDF. Technical Report No. 9. Brasilia. 27p.

Myers, N. 1980. **Conversion of tropical moist forest.** National Acad. Sciences. 205 p.

National Acad. Sciences. 1980. **Tropical legumes.** NAS, Washington, D.C. 331 p.

Nelson, M. 1975. **The development of tropical lands.** Resources for the Future. Baltimore. 306 p.

Norton, G.; Conway, G. 1977. **The economic and social context of pest disease and weed problems.** *In* Cherrett, S.M.; Sager, G. (eds.). Origins of Pest Parasite, Disease and Weed Problems. Blackwell, Oxford. pp. 205-225.

Nye, P.; Greenland, D. 1960. **The soil under shifting cultivation.** Commonwealth Agri. Bureaux Tech. Report. No. 51. 156p.

Obi, J. K.; Tuley, P. 1973. **Bush fallow and lay farming in the oil palm belt of Nigeria.** Misc. Report. 161 Surbiton Land Res. Division. O.D.A. Foreign and Commonwealth. Gran Bretaña.

Okigbo, B. N.; Greenland, D. 1976. **Intercropping systems in tropical Africa.** *In* Stelly *et al.* (eds.) Multiple Cropping ASA Special publication No. 27, pp. 63-101.

_____; Lal, R. 1979. **Soil fertility maintenance and conservation for inproved agroforestry systems in the lowland humid tropics.** *In* Mongi, H.; Huxley, P. (eds.) Soil Research in Agroforestry. ICRAF, Nairobi. pp. 47-79.

Opler, P.; Baker, H.; Frankie, G. 1980. **Plant reproductive characteristics during secondary successions in neotropical lowland forest ecosystems.** Biotropica 12 (supp.): 40-47.

Palmer, J. R. 1977. **Forestry in Brasil - Amazonia.** Commonwealth For. Rev. 56 (2) 119-129.

Pandolfo, C. 1978. **A floresta amazônica Brasiliera.** SUDAM, Belém, Brasil. 22 p.

Parsons, J.J. 1970. **The africanization of the new world tropical grasslands.** *In* Beitrage zur Geographie der Tropen and Subtropen. Tubigener Geog. Studien. pp. 11-34.

_____. 1976. **Forest to pasture: Development or destruction.** Revista de Biología Tropical. 24 (1) 121-138.

Peck, R. 1979. **Informe sobre o desenvolvimento de sistemas agro-silvo-pastoris na Amazônia.** IICA. 77 p.

Pimentel, D. 1961a. **The influence of plant spatial patterns on insect populations.** Ann. Ent. Soc. Amer. 54: 61-69.

_____. 1961b. **Species diversity and insect population outbreaks.** Ann. Ent. Soc. Amer. 54: 76-86.

_____; Hurd, L.E.; Belotti, A.C.; Forster, M.; Oka, I.; Sholes, O.D.; Whitman, R. 1973. **Food production and the energy crisis.** Science 182 (4111): 443-449.

Piot, J. 1969. **Vegétaux ligneux et paturâges des savanes.** Rev. Elév. Méd Vét Pays Trop. 22: 541-559.

Pires, J. M. 1964. **Sobre o conceito "zona dos cocais" de Sampaio.** Anais XII Cong. Soc. Bot. Bras. pp. 271-275.

———. 1973. **Tipos de vegetação de Amazonia.** Publ. Avulsas Museu Goeldi 20: 179-202.

———. 1978. **The forest ecosystem of the Brasilian Amazon.** *In* Tropical Forest Ecosystems. UNESCO. Paris, Francia, pp. 605-627.

———; Prance, G.T. 1977. **The Amazon forest: A natural heritage to be preserved.** *In* Prance, G.T.; Elias, T. (eds.) Extinction is Forever. pp. 158 194.

Pompermeyer, M. J. 1979. **The state and frontier in Brasil.** Tesis para doctorado inédita. Stanford University. Stanford, California.

Posey, D. A. 1979. **Kayapo agricultural techniques.** 45p. (Manuscrito inédito).

Prance, G. T. 1978. **Origin and evolution of the Amazon flora.** Interciencia 3 (4): 207-222.

———; Elias, T. 1977. **Extinction is forever.** New York Botanical Garden. 417 p.

PRODEPEF. 1977. **Programa de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal.** IBDF Brasilia. 25p.

Rabb, R.; Guthrie, F. (eds.). 1970. **Concepts of pest management.** North Carolina State University. Raleigh.

RADAM. 1973-1975. **Levantamento de recursos naturais.** Vols. 1-7. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro.

Rios, R. 1979. **Desarrollo de sistemas integrales de producción agrícola, pecuaria y forestal, una necesidad en el trópico peruano.** *In* De las Salas (ed.) Sistemas Agro-forestales en América Latina. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 95-105.

Rodrigues, S.A. 1976. **Virola.** *In* Simposium Internacional de Plantas de Intereses Económicos de Flora Amazônica. IICA. Turrialba, Costa Rica, pp. 31-37.

Rodrigues, F. L. G.; da Silva, J. G. 1977. **Conflitos de terras no Brasil: Una introdução ao estudo empírico da violencia no campo.** Reforma Agraria 7 (1):3-25.

Ruthenberg, H. 1971. **Farming systems in the tropics.** Londres Clarendon Press. 313 pp.

Salas de las, G. 1978. **El sistema forestal Carare-Opón.** CONIF Ser. Tec. 8. Bogotá, Colombia. 25 p.

———. (ed.). 1979. **Taller: Sistemas Agroforestales en America Latina.** CATIE. Turrialba, Costa Rica. 223 p.

Sánchez, P. 1973. **Soil management under shifting cultivation.** *In* Sánchez P. (ed.) A Review of Soils Research in Tropical Latin America., N. Carolina Ag. Exp. Sta. Raleigh. pp. 46-68.

_____. 1976. **Properties and management of tropical soils.** Wiley Interscience. 600 p.

_____. 1979. **Soil fertility and conservation considerations for agroforestry systems in the humic tropics in Latin America.** *In* Mongi, H. and Huxley, P. (eds.) Soils Research in Agroforestry. ICRAF, Nairobi. pp. 79-124.

_____; Tergas, L. A. (eds.). 1979. **Pasture production in acid soils of the tropics.** CIAT. Cali, Colombia 488 p.

_____; Cochrane, J. 1980. **Soil constraints in relation to major farming systems in tropical America.** Trabajo presentado en la conferencia "Soil Constraints for Agricultural Development in the Tropics". IRRI, Los Baños, Filipinas.

Sauer, J. D. 1979. **Living fences in Costa Rican agriculture.** Turrialba 29 (4): 255-261.

Sawyer, D. 1979. **Peasants and capitalism on an Amazon frontier.** Tesis para doctorado inédita. Harvard University. Cambridge, Massachusetts. 275p.

Schaafhausen, R. von. 1965. **Weight increases of zebu cattle grazing on** *Cajanus cajan.* Proc. International Grassland Cong. 2(10):1-647.

Schmink, M. 1977. **Frontier expansion and land conflicts in the Brasilian Amazon.** Paper presented at the Amer. Anthro. Assoc. Meetings. Houston, 1977. 25 p.

_____; Wood, C. 1979. **Blaming the victim: small farmer production in an Amazon colonization project.** Studies in Third World Societies, No. 7 pp. 77-93.

Schubart, H. O. R. 1976. **Sumario de ecología Amazônica.** Ciência e Cultura 28(5): 513-519.

Scott, G. A. 1978. **Grassland development of the Gran Pajonal of Eastern Peru.** Hawaii Monographs in Geography. Honolulu. 185 p.

Serrão, A., Falesi, I. da Veiga, J. B.; Texeira, J. F. 1979. **Productivity of cultivated pastures on low fertility soils of the Amazon of Brasil.** *In* Sánchez, P.; Tergas, L. E. (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT. Colombia. pp. 195-225.

Seubert, C.E.; Sánchez, P.A.; Valverde, C. 1977. **Effects of land clearing methods on soil properties and crop performances on an ultisol of the Amazon Jungle of Peru.** Trop. Agric. (Trin.) 54: 307-321.

Silva, L. F. 1978. **Influência do manejo de un ecossistema nas propriedades edaficas dos oxisoles de "Tabuleiro."** Centro de Pesquisas do Cacau. CEPLAC. Itabuna, Bahia, Brasil. 85p.

Simão Neto, M. C.; Escudar, C.; Rodriguez, N.M.; Almeida-Lima, M.; Medina, A. R. 1977. **Estudos em pastagens nativas en area de cerrado usando novilhas com fistula esofágica II. Disponibilidade e seleção botânica.** Sociedade Brasileira de Zootecnia. Salvador, Bolcia. pp. 253-256.

Smith, A. 1977. **Mato Grosso.** Dutton. New York. 288p.

Smith, N.J. 1976. **The transamazon highway: A cultural and ecological analysis of settlement in the humid tropics.** Tesis de doctorado inédita. University of California. Berkeley, California. 372p.

———. 1978. **Agricultural productivity along Brasil's transamazon highway.** Agro Ecosystems (4): 415-432.

Snedaker, S.C. 1980. **Successional immobilization of nutrients and biologically mediated recycling in tropical forests.** Biotropica 12 (supp.): 16-23.

Southwood, . R. E. 1977. **The relevance of population dynamics theory to pest status.** *In* Cherrett, S. M., Sager, G. (eds.) Origin of Pest, Disease and Weed Problems. Blackwell Sci. Publications. Oxford. 413 p.

———; Way, M. J. 1970. **Ecological background to pest management.** *In* Rabb, R., and Guthrie, F. (eds.) Concepts of Pest Management. North Carolina State University. Raleigh. pp. 6-28.

Stark, N.; Jordan, C., 1978. **Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rainforest.** Ecology 59: 434-437.

Sternberg, H. O. 1975. **The Amazon River of Brasil.** Springer-Verlag. Wiesbaden, West Germany. 74 p.

Strong, D. 1974. **Pests of cacao.** Science 185: 1064-1066.

———; McCoy, E.D.; Rey, J. R. 1977. **Time and number of herbivore species: The pests of sugarcane.** Ecology 58: 167-175.

Superintendencia de Desenvolvimento da Amazônia. 1979. **Pesquisas e Informações sobre especies florestais da Amazônia.** SUDAM. Belém, Brazil. 67 p.

Tardin, A.T., *et al.* 1979. **Levantamento de areas de desmatamento na Amazônia legal a traves de imagens do satelite LANDSAT.** Report No. INDE 1411-NTE/142 INPE. São Jose dos Campos. Brasil 68 p.

Tergas, L.; Popenoe, H. 1971. **Young secondary vegetation and soil interactions in Isabel, Guat.** Plant and Soil 34: 675-690.

Thomas, D. 1978. **Pastures and livestock under tree crops in the humid tropics.** Trop. Agric. (Trin.) 55 (1): 39-44.

Toenniessen, G. 1980. **Brazil trip report March 17-21, 1980.** The Rockefeller Foundation. New York. 11 p.

Toledo, J.M.; Morales, V.A. 1979. **Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon.** *In* Sánchez, P.A.; Tergas, L.E. (eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp. 177-194.

Tomlinson, P.B.; Zimmerman, M.H. 1978. **Tropical trees as living systems.** Cambridge U. Press. Cambridge. 678 p.

Turenne, J. F. 1969. **Deforestation et preparation du sol brules.** Orstrom, Cayenne. Guiane Française.

UNESCO. 1978. **Tropical rainforests: A state of the art report.** Paris France. 683 p.

Urquinhart, D.H. 1965. **Cacao.** IICA. Turrialba. 322 p.

Vega, L. 1979. **Comparación de la rentabilidad de las plantaciones regulares con el modelo de silvicultura en Surinam.** *In* De la Silva (ed.) Sistemas Agroforestales en America Latina. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 111-127.

Watters, D. 1971. **Shifting cultivation in Latin America.** FAO. For Dev't paper No. 17. Roma. 305 p.

Way, M. J. 1977. **Pest and disease status in mixed vs. monocultures: The relevance of ecosystem stability.** *In* Cherrett, S. M.; Sager G. (eds.) Origin of Pest, Parasite, Disease and Weed Problems. Blackwell Sci. Pub. Oxford. pp. 127-137.

Webb, L. J.; Trace, J. G.; Williams, W. T. 1972. **Regeneration and pattern in the subtropical rainforest.** Ecol. 48: 675-695.

Whyte, W. O. 1974. **Tropical grassing lands.** Junk. The Hague, Netherlands. 222 p.

Wilkin, G. C. 1978. **Integrating forest and small scale farm systems in middle America.** For Eco. and Mgt. 1:223-234.

Wolf, J.M.; Drosdoff, M. 1966. **Soil-water studies in Oxisols and Ultisols of Puerto Rico. I. moisture retention and availability.** J. Agric. Univ. P. R. 60 (2): 386-394.

Wood, B. J. 1974. **Development of integrated control programs for pests of tropical perennial crops in Malaysia.** *In* Hiffaker. (ed.) Biological Control. Plenum/Rosetta. New York. pp. 422-458.

Wood, H. B. 1977. **Hidrological differences between selected forested and agricultural soils in Hawaii.** Soil Sci. Soc. Amer. J. 41 (1): 132-136.

Zinke, P.; Sabhasri, S.; Kundstater, P. 1978. **Soil fertility aspects of the lua fallow system.** *In* Kundstater, P.; Chapman, R.; Sabhasri S. (eds.) Farmers in the Forest. University of Hawaii. 55 p.

Actividades de Investigación en Bosques e Importancia de los Sistemas de Multiestratos en la Cuenca Amazónica (Neotrópicos Húmedos)

Robert B. Peck*

Introducción

Aunque el principal uso de la tierra y la mayor actividad económica en la cuenca del Amazonas ha sido, y todavía es, la cobertura natural del bosque, su extensión ha ido reduciéndose continuamente a una tasa más que acelerada. Esto se debe al incremento de presiones sociales y económicas por una mayor producción agrícola y por una colonización espontánea sin control, en forma simultánea o con anterioridad a la construcción de vías de penetración (Smith, 1977; Sioli, 1973; Morán, 1977; y Goodland *et al.*, 1978).

Desde los primeros años de la colonización, se han venido explotando los bosques naturales de la selva amazónica cortando, sin control alguno, los árboles maderables de mejor calidad y mas alto valor comercial, como palo de rosa (*Dalbergia spruceana*) y caobo (*Swietenia macrophylla*). Más recientemente se ha estado cosechando *Virola* spp. en las várzeas (vegas ribereñas periódicamente inundadas). Pero no se han establecido bosques administrados, ya sea naturales o artificiales, después de la explotación inicial en ninguno de los países que componen la cuenca del Amazonas (Loureiro, 1979). Solamente en la Amazonía brasileña donde los productos forestales son el principal artículo de exportación, y en Perú y Bolivia, parte de los recursos forestales son procesados por la industria forestal a medida que la cobertura del bosque es derribada para actividades agrícolas y ganaderas. El oriente del Ecuador y la Amazonía de Colombia carecen por completo de una actividad industrial forestal importante.

Una excepción notable en relación con el manejo de bosques en la Amazonía es Jari Florestal y Agropecuária Inc., un complejo industrial situado en el bajo Amazonas, el cual ha sido posible gracias a los recursos

* Silvicultor, Avenida Guadalupe No. 1A-10, Cali, Colombia.

financieros de Ludwig y a la determinación del personal de Jari. Las especies exóticas de rápido crecimiento *Pinus caribea, Gmelina arborea* y recientemente *Eucaliptus deglupta* se han sembrado para la fabricación de productos de pulpa de madera, sustituyendo el bosque natural en más de 100,000 ha (Briscoe 1978, 1979).

Investigación Forestal

Los esfuerzos para estudiar los sistemas apropiados para el manejo de bosques en los neotrópicos húmedos del Amazonas efectuados por agencias nacionales e internacionales deben ser considerados a la luz de las limitaciones históricas. Por años la única escuela en América Latina que ofreció un grado académico en silvicultura fue Turrialba, creada al final de la década del 40, en Costa Rica.

Fue sólo al final de la década del 60 que Brasil estableció su primera escuela de silvicultura: Curitiba. La mayoría de sus estudiantes se trasladaron al sur del Brasil a trabajar en plantaciones de pinos y eucaliptos.

Con la cooperación de la FAO, se han promovido varios intentos de establecer bosques experimentales, tales como las plantaciones de Curua-Una y Belterra, cerca de Santarém, Brasil, y el Bosque Nacional Von Humbolt cerca a Pucallpa, Perú. La Reserva Forestal de Ducke cerca de Manaus, manejada por el Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA) durante casi 20 años, es también importante. Desafortunadamente, todos estos esfuerzos están todavía en la etapa de selección de especies y no han evolucionado al grado de verificación mediante ensayos de campo a escala industrial o comercial (Dubois, 1971; Pitt, 1969; Carvalho y Tavares, 1979; Schmidt y Volpato, 1972; Volpato *et al.*, 1973).

La reorganización institucional, la suspensión de fondos y la carencia de alicientes para el desarrollo de carreras a largo plazo han sido los causantes de la dispersión y falta de continuidad del personal de investigación. Estas han impedido el desarrollo académico de personal calificado y limitado el número de investigadores y guardabosques con un entendimiento de la dinámica de los bosques húmedos tropicales (Wadsworth, 1972). Por ejemplo, pocos investigadores han tenido la oportunidad de viajar por el trópico húmedo para apreciar la distribución natural de la mayoría de las especies forestales promisorias localizadas en la Amazonía. Se puede citar a título ilustrativo la especie *Cordia alliodora* utilizada para sombrío del cacao y cuya semilla fue importada desde Costa Rica para el Bajo Amazonas. A menos de 2 km de la estación experimental pueden

encontrarse plantas de *C. alliodora* producidas por regeneración natural que producen sencilla.

La falta de comunicación entre los centros de investigación de la cuenca del Amazonas, y de los países vecinos que tienen bosques húmedos tropicales los cuales se mencionan mas adelante, limita en alto grado la transferencia de nuevos conocimientos. Los investigadores usualmente trabajan con sólo partes de un sistema de producción y a menudo no reciben información sobre los avances de la investigación en otros lugares.

Sistemas de producción múltiple o de multiestratos

Varias excepciones notables relacionadas con las actividades de investigación silvicultural son los esfuerzos de investigación en los sistemas de producción de multiestratos efectuados por instituciones agrícolas y por la industria privada. En la Amazonía, estos programas incluyen árboles en combinación con sistemas de producción agrícola y ganadera para hacer un mejor uso de la tierra y garantizar varias fuentes de ingresos.

Los sistemas estratificados se definen en este trabajo como la ocupación de la tierra con cultivos agrícolas en combinación con árboles (agroforestal) o pastos (gramíneas y leguminosas) con árboles (sistemas silvo-pastoriles). En otras palabras, un sistema de producción múltiple es la asociación de cultivos agrícolas y forrajeros con árboles, en la que cada componente ocupa una parte diferente del espacio vertical disponible, y gracias a la cual los beneficios combinados de la asociación superan los de cada sistema individualmente.

Los sistemas de multiestratos se pueden considerar como un complemento de los sistemas de producción existentes, siempre y cuando los últimos hayan demostrado ser exitosos.

Las siguientes instituciones han estado trabajando con sistemas de producción múltiple en la Amazonía:

Brasil

Instituto Experimental Agrícola Tropical Amazonico (INATAM). Es un programa de investigación y asistencia técnica para las colonias japonesas de Tomé-Açu. Este instituto reconoció la gran importancia de la biomasa del bosque como fuente de la fertilidad inicial del suelo después de la tala, quema y conversión a praderas del bosque.

Unidad de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE). Con sede en Manaus, realiza trabajo de investigación extensivo con la especie

perenne guaraná (*Paullina cupanal*). Este importante cultivo, cuyo fruto se consume, es un componente de los sistemas de multiestratos de la Amazonía central (Melo y Teixeira, 1979).

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Situado en Manaus, este instituto adelanta investigación sobre el desarrollo de sistemas agrícolas nativos de subsistencia, seleccionando especies de árboles de frutos comestibles (Pahlen, *et al.*, 1979).

Ecuador

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). A través del Centro Amazónico Limoncocha (en Napo), ya tiene seis años de experiencia en el desarrollo de sistemas agrícolas nativos apropiados para la colonización y sustento de sistemas silvo-pastoriles, que permitan la producción comercial de ganado y madera (Bishop, 1979a, b).

Perú

Von Humboldt National Forest. Ha establecido ensayos de plantaciones usando sistemas Taungya en cooperación con colonos (Ramirez, 1977).

Instituto Veterinario de Investigación Tropical y de Altura (IVITA). Con sede en Pucallpa, este instituto ha desarrollado sistemas integrados de pastoreo y reconocido la importancia de introducir árboles en sistemas racionales de praderas (Toledo y Morales, 1979).

Venezuela

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Ha llevado a cabo estudios en San Carlos, en la zona de Río Negro, incluyendo el reciclamiento de nutrimentos, la productividad biológica y las características edáficas de bosques lluviosos sin perturbar, al igual que la comparación de estas características después de que el bosque ha sido desmontado o ha sufrido diversas modificaciones.

Fuera de la cuenca del Amazonas, pero en el neotrópico húmedo:

El **Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)** (Budowski, 1978), antiguamente IICA, en Turrialba, Costa Rica.

La **Corporación Nacional de Investigaciones Forestales (CONIF)** (Leguizamo, 1979), la Secretaría de Agricultura del Valle (Molina, 1972) y la Federación de Cafeteros (Vanegas, 1971), en Colombia.

Estas entidades también están trabajando con especies forestales, como un componente de los sistemas de producción múltiple.

Sistemas agroforestales

Además de estos esfuerzos investigativos institucionales sobre sistemas de producción estratificados, existen numerosos ejemplos de agricultores y ganaderos que han incorporado árboles en sus sistemas de producción con el resultado, según ellos, de mejoras en sus ingresos económicos. Estos sistemas se han desarrollado espontáneamente basados en la observación continua de los agricultores quienes se han dado cuenta de que los beneficios de los sistemas de multiestratos compensan los esfuerzos empleados en crear el sistema.

Probablemente el ejemplo mas sobresaliente de las especies forestales que han sido incorporadas por agricultores en los sistemas de producción múltiple es *Cordia alliodora* (laurel), la cual se cultiva en asociación con una amplia variedad de cultivos y pastos tropicales en aproximadamente un millón de hectáreas (Cuadro 1).

Hallada inicialmente en asociación con café, cacao, plátano y pastos, *Cordia alliodora* suministra una fuente considerable de ingresos a los agricultores, particularmente en Costa Rica, Colombia y Ecuador donde las trozas sin procesar, al borde del camino, pueden proporcionar un ingreso adicional que varía de US$10 a US$20/m^3. Estudios preliminares en Costa Rica y Colombia han indicado que *C. alliodora* puede crecer en asociación con café y cacao alcanzando volúmenes comerciales de 200 m^3/ha en 20 a 25 años (Peck, 1977).

Sistemas silvo-pastoriles

Los beneficios de la introducción de árboles en los sistemas de producción de pastos y ganado varían desde la producción comercial de madera, barreras cortavientos y barreras naturales para control sanitario en fincas grandes, y sombrío, hasta fuentes adicionales de forraje durante el período seco crítico cuando la producción de pastos es menor (Daccarett y Blyndenstein, 1968; Eberson y Lucas, 1975; Gomes, 1977; Hecht, 1979; Kirby, 1976).

La introducción de especies de árboles con fruto comestible suministra importantes fuentes suplementarias de forraje como lo indican estudios preliminares recientes realizados en el Valle del Cauca, Colombia, (Cuadro 2), y las plantaciones de algarrobo (*Prosopis juliflora*), para pastoreo del bosque, en Piura, Perú (Valdivia y Cueto, 1979).

Cuadro 1. **Plantaciones de *Cordia alliodora* establecidas por regeneración natural que se encuentran en asociación con cultivos agrícolas en los neo-trópicos húmedos.**

País	Localidad	Cultivo	Extensión aproximada (km^2)
Colombia	Tumaco	Cacao, plátano	500
	Región interandina	Café	1,500
Panama	Boca de Toro	Cultivos anuales, pastos y cacao	500
Ecuador	San Lorenzo	Cacao, plátano, y pastos	500
	Santo Domingo de los Colorados	Banano, cacao y pastos	1,000
	Oriente-Napo	Cultivos anuales y perennes, y pastos	500
Surinam	- -	Cacao, banano y cultivos anuales	50
Venezuela	- -	Café, banano	500
		banano, cacao	500
Costa Rica	Limón, Cahuita	Cacao	1,000
	San Carlos	Pastos y plátanos	1,500
	Turrialba	Café y pastos	500
América Central		Café, pastos y cacao	1,450
Brasil	Boa Vista (Fordlandia)	Bosques secundarios	1
			10,101 km^2
			ó 1,000,000 ha

Fuente: Adaptado de Peck, 1979.

En la cuenca amazónica, el papel de los árboles en los sistemas integrados de praderas ha sido reconocido por investigadores del Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido (CPATU), quienes trabajan en equipos multidisciplinarios. Sin embargo, proponer la introducción de árboles forrajeros al hacendado que no puede controlar la invasión de especies de malezas leñosas sería un error obvio. Primero debe indicársele como controlar apropiadamente las malezas leñosas y mantener la producción de forraje (Standley, 1979).

Cuadro 2. **Análisis de algunas especies que producen frutos comestibles en el Valle del Cauca, Colombia.**

Nombre científico	Nombre común	Fibra cruda* (%)	Proteina cruda (%)	Carbohidratos (%)
Prosopis juliflora	Algarrobo	25	7	79
Pseudocassia spetabilis	Flor amarillo	44	14	73
Parmentiera cereifera	Velo o candle tree	20	3	16
Cassia grandes	Cañafístula	40	6	79

* Análisis de la fruta completa incluyendo las semillas.
Fuente: Estudio del autor, análisis en la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Selección de especies

En los Cuadros 3 y 4 se presenta una lista de especies de árboles promisorios para sistemas de producción múltiple que incluyen cultivos agrícolas y pastos. Dichos sistemas deben tener en cuenta las condiciones ecológicas locales de cada área dentro de la cuenca amazónica y otras áreas de los neotrópicos húmedos. Así como las condiciones edáficas y los patrones climáticos locales cambian de un área a otra dentro de la cuenca amazónica, lo mismo sucede con las prácticas agrícolas y la adaptabilidad de especies de árboles a un lugar en particular.

Tanto los cultivos dominantes como el tamaño de las fincas varían de una región a otra. Cada región geográfica tendrá, por consiguiente, sus propios sistemas de producción múltiple. Las prácticas culturales locales deben ser consideradas individualmente. La selección de especies debe hacerse con base en las necesidades regionales para cada sistema de producción. Por ejemplo, en la región de Paragominas, en el bajo Amazonas, las fincas ganaderas tienen un tamaño promedio de 1000 ha, mientras que en la región del Napo en la Amazonía ecuatoriana, el tamaño promedio es inferior a 50 ha. En el caso de sistemas de producción pecuaria similares, la selección de especies de árboles en Paragominas se hace teniendo en cuenta la necesidad de sombrío y de protección contra el viento, en tanto que en Napo se busca mantener la fertilidad del suelo. En el Cuadro 5 se presentan diferentes sistemas de producción agrícola encontrados en la cuenca del Amazonas.

Cuadro 3. **Especies de árboles promisorias para sistemas agro-forestales en la cuenca del Amazonas (neo-trópicos húmedos).**

Especies	Nombre común	Valor comercial (Cr$/m³)*	Situación silvicultural
Cordia goeldiana	Freijó	2000	Las técnicas silviculturales han sido demostradas exitosamente. Se requiere confirmación de estas especies en sistemas de producción de multiestratos a escala comercial.
Cordia alliodora	Louro	--	
Swietenia macrophilla	Mogno	3300	
Cedrela odorata	Cedro	2500	
Carapa guianensis	Andiroba	1300	
Didymopanax morototoni	Morototó	850	Se están desarrollando técnicas silviculturales. Se requiere confirmación a escala comercial antes de ser ampliamente recomendadas.
Bertholletia excelsa	Castanha	--	
Vochisia maxima	Quaruba	1000	Las técnicas silviculturales requieren ensayos adicionales antes de ser probadas en el campo a escala comercial o industrial.
Bagassa guianensis	Tatajuba	1100	
Spondias spp.	Taperabá	--	

* Valor comercial de las trozas colocadas en el aserradero en Belém en octubre de 1979 cuando el cambio del dólar era Cr$32.

Potencial para el incremento de actividades silviculturales en la Amazonía

Los sistemas de producción múltiple, particularmente los agro-forestales, proveen una alternativa particularmente importante para planificar el uso de la tierra con miras a desarrollar regiones con base en complejos forestal-industriales. Estos sistemas son de sumo interés para los proyectos de colonización dirigidos que podrían estar localizados suficientemente cerca de mercados potenciales y para áreas que estén sembradas de cultivos perennes como café y cacao, sobre los cuales se da información parcial en el Cuadro 1.

La introducción de árboles podría contribuir al desarrollo de un sistema de producción estable mejorando las condiciones para la producción a largo plazo y el bienestar de la población local.

Cuadro 4. **Especies de árboles promisorios para sistemas silvo-pastoriles en la cuenca del Amazonas (neo-trópicos húmedos).**

Especies	Fijadoras de nitrógeno	Frutas comestibles	Producción comercial	Producción de sombra
Nativas				
Stryphnodendrum pulcherrimum	Si	Si	Leña	Mediana
Cassia fastuosa	Si	Si	Leña	Poca
Pithecolobium saman var. *acutifolium*	Si	Si	Uso especial	Mediana
Cedrelinga catenaeformis	Si	No	Buena	Mediana
Cordia alliodora	No	No	Excelente	Poca
Cordia goeldiana	No	No	Excelente	Poca
Cassia grandes	Si	Si	Leña	Poca
Enterolobium spp.	Si	Si	Buena	Poca
Hymenea coubaril	Si	Si	Buena	Poca
Inga spp.	Si	Si	Leña	Mediana
Exóticas				
Artocarpus heterophyllus	No	Si	--	Densa
Leucaena glauca var. caucana	Si	Forraje	Postes	Poca
Parmentiera cereifera	No	Si	--	Mediana
Prosopis juliflora	Si	Si	Carbón	Poca
Pithecolobium saman	Si	Si	Uso especial	Mediana
Sweetia *brachystichya (de Minas Gerais)*	Si	No		Poca
Pinus caribaea var *handurensis*	No	No	Pulpa de papel de fibra larga	Mediana

Cuadro 5. **Sistemas actuales y potenciales de producción agrícola en la cuenca del Amazonas.**

Producción agrícola	Cultivos	Sistemas de producción
1. Cultivos anuales	Maíz Arroz	Agricultura de subsistencia alternada con cobertura de bosque secundario (agricultura migratoria)*
2. Cultivos semi-permanentes	Banano Plátano Yuca	
3. Huertas caseras	Arboles con frutos de valor nutritivo como el aguacate, árbol del pan, palma pejibaye	Agricultura sedentaria*
4. Cultivos perennes	Café Cacao Pimienta negra Guaraná	Agricultura comercial*
5. Producción ganadera	Forraje Gramíneas Leguminosas Forraje suplementario	
6. Plantaciones	Sistemas de producción	Desarrollados por la industria o por agencias gubernamentales.
1. Arboles de bosque	1. Plantaciones homogéneas	
2. Caucho	2. Plantaciones mejoradas	
3. Palma africana	3. Grupos Anderson	
4. Nuez del Brasil	4. Taungya**	Desarrollados por el sector agrícola mediante el sistema de multiestratos*.
5. Anacardo	5. Agro-forestal	
	6. Silvo-pastoril	

* Adecuados para sistemas de multiestratos.

** El sistema Taungya se distingue de los sistemas agroforestales en cuanto a que el componente árboreo del sistema está asociado solamente con cultivos anuales o bianuales durante la fase de establecimiento. Después de uno o dos años el agricultor abandona el lugar definitivamente y la institución responsable se hace cargo de las plantaciones. En los sistemas agroforestales, por el contrario, los agricultores están constantemente al frente de la asociación y, obviamente, son los beneficiarios de la producción de madera.

La investigación es necesaria para desarrollar modelos conceptuales que permitan determinar los parámetros limitantes de estos sistemas estratificados. Solamente mediante la determinación de estos parámetros se puede demostrar exitosamente el rango de beneficios económicos de los cultivos múltiples.

Conclusiones

La necesidad de nuevos centros de investigación en la cuenca del Amazonas no es tan grande como la necesidad de reforzar las instituciones nacionales allí existentes. La creación de oportunidades en carreras investigativas en la cuenca amazónica es fundamental para la continuidad de los programas de investigación y para un mejor uso de la tierra. De aquí se deduce que el establecimiento de equipos multidisciplinarios que complementen los conocimientos sobre los sistemas de producción es básico para mejorar el manejo y la productividad. La complejidad de la investigación sobre cultivos múltiples requiere la contribución de diferentes especialidades. La determinación de parámetros para cultivos múltiples, así como el desarrollo y perfeccionamiento de modelos conceptuales, son básicos para el establecimiento de sistemas de producción exitosos. Los sistemas integrados de multiestratos deberían considerarse como alternativas biológica y socialmente indispensables para el manejo adecuado de la tierra en la cuenca amazónica.

A fin de ayudar a acelerar el desarrollo agroforestal, la asistencia técnica no se debe limitar a consultas o a proyectos a corto término (dos a tres años de duración). La asistencia técnica, especialmente tratándose de la investigación de cultivos múltiples, debe ser a largo plazo y de acuerdo a reiteradas consultas para ayudar a modificar el marco conceptual de los modelos básicos hasta que los resultados parciales se hagan evidentes.

Un ejemplo de la necesidad de este tipo de asistencia es el programa de reforestación en Santo Domingo de los Colorados en Ecuador, donde se establecieron plantaciones de laurel en las tierras bajas costeras del Pacífico a distancias de siembra muy pequeñas, iguales a las empleadas para pinos y eucaliptos en las zonas altas templadas. Los agricultores pensaban que la época para entresacar tenía lugar cuando los árboles alcanzaban su tamaño comercial mínimo. Después de 20 años aún continuan esperando y la mortalidad ha comenzado a aparecer debido a la falta de espacio para que los árboles se desarrollaran. Sin conocer los requisitos silviculturales mínimos de estas especies promisorias de rápido crecimiento, no se deben intentar proyectos en gran escala en la cuenca del Amazonas.

Los sistemas de producción múltiple con la asociación simultánea de árboles y cultivos agrícolas (agroforestal) o forrajeros (silvo-pastoril) constituyen alternativas prometedoras para el manejo de la tierra en la región amazónica. Algunas de estas asociaciones han sido puestas en práctica en pequeña escala por agricultores individuales, y mas recientemente por centros nacionales de investigación agrícola. No obstante, es evidente que en el complejo campo agroforestal se requiere un enfoque multidisciplinario más apropiado, a fin de lograr un verdadero avance económico. Se considera que los sistemas de multiestratos en la región amazónica tienen un potencial por lo menos igual al de la agricultura tradicional, la cual ha recibido el apoyo organizado de la investigación por mas de un siglo. Por fortuna, hoy en día las múltiples relaciones entre el manejo agrícola y forestal son cada vez mas complementarias, lo que reducirá el retraso en el progreso observado en el campo agroforestal.

Bibliografía

Bishop, J.P. 1979a. **Producción ganadera-forestal en el trópico húmedo hispano-americano.** *In* De las Salas, G. (ed.) Sistemas agro-forestales en América Latina. Taller CATIE-UNU, Turrialba, Costa Rica. pp. 140-144.

———. 1979b. **Producción familiar agro-porcino-forestal en el trópico húmedo hispano-americano.** *In* De las Salas, G. (ed.) Sistemas agro-forestales en América Latina. Taller CATIE-UNU, Turrialba, Costa Rica. pp. 145-149.

Briscoe, C.B. 1978. **Silviculture in plantation development.** JARI, International Conference on Improved Utilization of Tropical Forests, FPL-US Forest Service, AID, Madison, Wisconsin. 17p.

———. 1979. **Integração silvo-pastoril.** JARI Florestal e Agropecuária Ltda. 31 Reunião Anual, Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência, Fortaleza, Brasil. 28p.

Budowski, G. **Sistemas agro-silvo-pastoriles en los trópicos húmedos.** Informe presentado ante CIID, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 29p.

Carvalho, A.P.; Tavares, L.C. 1979. **Selecão de especies promissoras para atividades de reflorestamento en funcão das carateristicas silviculturais.** Relatorio Técnico de Avaliação Preliminar. Brasil Florestal 37:72-87.

Commissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. 1978. **Recomendações Técnicas para o cultivo do cacau na Amazônia.** Departamento Especial da Amazônia, Belém, Pará, Brasil. 31p.

Daccarett, M.; Bladenstein, J. 1968. **La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos.** Turrialba, Costa Rica. 18 (1): 405-408.

DuBois, J. 1971. **Silvicultural research in the Amazon.** FO:SF/BRA, 4 Tecn. Report 3, FAO, Roma. 192p.

Ebersohn, J.; Lucas P. 1965. **Trees and soil nutrients in south western Queensland.** Queensland J. of Agric. and Animal Sci. 22:431.435.

Gómez P. 1977. **Forragens fartas na seca.** Livraria Novel, S.A. São Paulo, Brasil. 233p.

Goodland, R.; Irwin, H.S.; Tillman, G. 1978. **Ecological development for Amazonia.** Ciência e Cultura 30 (3):275-289.

Hecht, S. 1978. **Leguminosas espontáneas en praderas amazónicas cultivadas y su potencial forrajero.** *In:* Sánchez, P.A. y Tergas, L.E. (eds.) Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos. CIAT, Cali, Colombia. pp.71-84.

Kirby, J.M. 1976. **Forest grazing, a technique for the tropics.** World Crops 28:248-51.

Leguízamo, A. 1979. **Sistemas agro-forestales en ejecución en el Bajo Calima.** *In* De las Salas, G. (ed.) Sistemas agro-forestales en América Latina. Taller CATIE-UNU, Turrialba, Costa Rica. pp. 135-139.

Loureiro, A.A. 1979. Esséncias madeireiras da Amazônia. INPA, Manaus, Brasil. 2 vol. 430p.

Melo, L.A.S.; Teixeira, L.B. 1979. **Relatório técnico anual da UEPAE de Manaus, 1978.** EMBRAPA, Manaus. 294p.

Molina G.C. 1972, **Arboles, arbustos y pastos forrajeros.** Cespedesia (Cali, Colombia) 1(3):196-204.

Moran, E.F. 1977. **Estratégias de sobrevivência: O uso de recursos ao longo da rodovia Transamazônica.** Acta Amazônica 7(3): 363-379.

Pahlen, A. *et al.* 1979, **Introdução a horticultura e fructicultura no Amazonas;** INPA, Manaus, Brasil. 140p.

Peck, R.B. 1977. **Sistemas agro-silvo-pastoriles como una alternativa para reforestación en los trópicos americanos.** *In* El bosque natural y artificial, CONIF, Bogotá, Colombia. Serie técnica (3): 73-84.

_____. 1979. **Informe sobre desenvolvimiento de sistemas agro-silvo-pastoriles en la Amazonía.** IICA, EMBRAPA, Belém, Pará. Brasil. 78p.

Pitt, J. 1969. **Relatorio ao governo do Brasil sobre aplicação de métodos silviculturais em algumas florestas de Amazônia.** FAO, Roma. Rel. No. 1337-1961.

Serrão, E.A.S.; Falesi; I.C. Verga, J.B.; Teixeira, J.F.N. 1979. **Productividad de praderas cultivadas en suelos de baja fertilidad de la Amazonía del Brasil.** *In* Sánchez P.A.; Tergas, L.E. (eds.) Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. CIAT, Cali, Colombia. pp. 211-244.

Schmidt, P.B.; Volpato, E. 1972. **Aspectos silvicultarais de algumas especies nativas da Amazônia.** Acta Amazônica. 2(2):99-121.

Sioli, H. 1973. **Recent human activities in the Brazilian Amazon region and their ecological effects.** *In* Waggers; Ayensu y Duckwork (eds.) Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America. Smithsonian Institute Press. pp.321-334.

Smith, N.J.H. 1977. **Influências culturais e ecológicas na productividade agrícola ao longo da Transamazônica.** Acta Amazônica 7(1):23-38.

Standley, J. 1979. **Pasture reclamation and decline in the wet tropics.** Queensland Agricultural Journal. 103:411-117.

Toledo, J.M.; Morales, V.A. 1979. **Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonía peruana.** *In:* Sánchez, P.A.; Tergas, L.E. (eds.) Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. CIAT, Cali, Colombia. pp. 191-210.

Valdivia, S.; Cueto, L.J. 1979. **Asentamiento y desarrollo rural en las zonas eriazas de la costa norte del Perú.** *In:* De las Salas, G. (ed.) Sistemas agroforestales en América Latina. Taller CATIE-UNU, Turrialba, Costa Rica. pp. 168-194.

Venegas, L.T. 1971. **Observaciones y experiencias en la reforestación con** *Cordia alliodora* **"nogal" en Caldas.** Nota técnica No. 12, Inderena, Bogotá, Colombia. 8p.

Volpato, E. *et al.* 1973. **Situação dos plantios experimentais na Reserva Florestal Ducke.** Acta Amazônica 331,pp. 71-81

Wadsworth, F.H. 1972. **Status of forestry research in Latin America.** *In* Proceedings of the Seventh World Forestry Congress. Vol. IV. pp. 5128-5131.

Investigaciones Silviculturales y Agroforestales Adelantadas por Conif

Juan E. Valencia*

Introducción

La Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) es una corporación civil, sin ánimo de lucro, creada por las empresas forestales y madereras como miembros particulares y el Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA) como miembro oficial. Fue constituida el 11 de julio de 1974, y su personería jurídica fue otorgada por el Ministerio de Justicia, mediante Resolución No. 5029 de septiembre del mismo año.

La política forestal nacional, dirigida por el INDERENA, descansa sobre seis estrategias principales: 1) la zonificación de las áreas forestales del país; 2) la protección de los recursos forestales, mediante la racionalización de la migración y la colonización; 3) el manejo apropiado de los recursos forestales existentes; 4) la industrialización de los recursos forestales; 5) la educación de la población sobre el uso de los bosques; y 6) el impulso a la investigación forestal (CONIF, 1977).

La aplicación de esta última estrategia ha sido considerada básica, ya que mediante la cuidadosa planificación y ejecución de las investigaciones, se puede ampliar y mejorar la base técnica que se requiere para la aplicación de las otras cinco estrategias. La Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal tiene como objetivos: a) impulsar la investigación forestal; b) fomentar la reforestación; y c) promover el desarrollo social y económico en las áreas actuales de aprovechamiento forestal.

* Director operativo, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), Apartado aéreo 091676, Bogotá, Colombia.

CONIF refuerza la labor del INDERENA, pero en ningún caso sustituye al Instituto en sus funciones, aunque utiliza sus instalaciones y servicios, lo mismo que las de otras entidades oficiales. El INDERENA tiene la responsabilidad general de los programas de investigación, manejo y desarrollo forestal. CONIF contribuye, por medio de sus programas de investigación y desarrollo, al adecuado manejo de los bosques establecidos en sus áreas de acción que comprenden principalmente las cuencas de los ríos Atrato y San Juan, y las regiones del Pacífico Sur y del Magdalena Medio.

En los momentos actuales, los miembros oficiales y particulares que conforman la Corporación, vienen trabajando en una reestructuración de la misma, reestructuración que incluye los siguientes puntos principales:

- Una ampliación del área de sus actividades, con el objeto de cubrir todo el territorio nacional.
- Un incremento del número y nivel de competencia de los socios.
- Un sistema de convenio y contrataciones para realizar ciertas actividades de investigación, de acuerdo con los requerimientos y políticas del INDERENA.

La Investigación de CONIF y la Amazonía

Aunque CONIF no trabaja realmente en la Amazonía, tanto la Costa Pacífica colombiana como la región amazónica de los diversos países corresponden al trópico húmedo y, por lo tanto, tienen en común diversos problemas de orden socioeconómico, carencia de infraestructura, limitaciones técnicas, problemas de suelos, una agricultura de subsistencia con productos similares tales como yuca, fríjol, arroz, plátano, maíz y, en el mejor de los casos, caña de azúcar, cacao, palmas oleaginosas, etc., que dejan un margen de utilidad.

El cúmulo de problemas enunciados exige un uso adecuado y racional de sus recursos, en especial de bosque y suelos, para evitar el mayor deterioro del medio ambiente. Se hace indispensable e inaplazable una investigación seria y planificada sobre los sistemas más apropiados para proteger los recursos. La investigación que se está llevando a cabo se basa fundamentalmente en las técnicas para el manejo silvicultural, así como en la integración del uso agrícola, ganadero y forestal mediante sistemas agrosilviculturales y agro-silvo-pastoriles. El Cuadro 1 muestra las especies forestales promisorias comunes en diversos países, en tipos de bosque similares.

Cuadro 1. **Especies forestales promisorias comunes en varios tipos de bosques en diferentes países.**

Colombia	Brasil	Ecuador	Surinam
Brosimum utile	*Brosimum* sp.	*Brosimum utile*	*Carinaria pyriformis*
Carapa guianensis	*Calophyllum brasiliense*	*Carapa guianensis*	*Cedrela angustifolia*
Cedrela odorata	*Carapa guianensis*	*Cedrela odorata*	*Cedrela odorata*
Cedrela fissilis	*Cedrela odorata*	*Cedrela fissilis*	*Cordia alliodora*
Cordia alliodora	*Cedrelinga cataeniformis*	*Cordia alliodora*	*Cordia aporensis*
Dialyanthera gracilipes	*Didimopanax morototonii*	*Dialyanthera gracilipes*	*Goupia glabra*
Genipa americana	*Goupia glabra*	*(Dialyanthera gordinifolios)*	*Jacaranda copaia*
Hieronyma chocoensis	*Jacaranda copaia*	*Genipa americana*	*Virola surinamensis*
Jacaranda copaia	*Simarouba amara*	*Hieronyma chocoensis*	
Simarouba amara	*Virola* sp.	*Jacaranda* sp.	
Swietenia macrophylla		*Simarouba amara*	
Virola dixonii		*Swietenia macrophylla*	
Virola reidii		*Virola dixonii*	
		Virola reidii	

El programa de investigaciones de la Corporación cubre los siguientes subprogramas o áreas:

- Silvicultura de plantaciones
- Silvicultura de bosques naturales
- Agrosilvicultura
- Plagas y enfermedades forestales
- Economía forestal
- Utilización de productos forestales
- Estudios básicos
- Mapas de bosques

En este trabajo únicamente se tratarán las investigaciones relacionadas con la silvicultura de bosques naturales y los sistemas agroforestales.

Características de la región

De acuerdo con Baracaldo (1976): "La mayor parte de la Costa Pacífica es formación de la era cenozoica y del período terciario (Eoceno, Plioceno), y una menor extensión del período cuaternario (Pleistoceno). La mayoría de sus suelos son ácidos, arcillosos y de baja fertilidad; en pequeñas áreas de la zona aluvial se desarrollan los cultivos en condiciones francamente difíciles. La precipitación promedio anual es de 7400 mm, la temperatura promedio anual de 26 grados, y la humedad relativa promedio anual de 88%. Los vientos predominantes son del suroeste, la nubosidad es frecuente, lo mismo que la alta pluviosidad".

El paisaje está conformado, de occidente a oriente, por los manglares con influencia de mareas, llanuras aluviales con pendientes suaves que constituyen los guandales y colinas bajas con alturas hasta de 50 m que marcan el límite con la Cordillera Occidental, de topografía quebrada.

Silvicultura de bosques naturales

La investigación sobre silvicultura de bosques naturales se lleva a cabo en la Costa Pacífica en las estaciones de "La Espriella" en Tumaco, en límites con el Ecuador; en "San Isidro" en cercanías de Buenaventura; en "Sautatá" en el Bajo Atrato, región del Darién; y en "Carare-Opón" en el departamento de Santander en la región del Magdalena Medio (Fig. 1).

Los "tipos de bosque" incluídos en los programas son:

Los "guandales", tipos de bosques sometidos a inundación periódica con mezcla de agua dulce y salada, cuyos componentes forestales son principalmente el sajo (*Campnosperma panamesis*), el cuángare (*Dialianthera gracilipes*) y diversas especies del género *Virola*.

Figura 1. *Localización de las estaciones silviculturales de CONIF.*

Los bosques de este tipo son homogéneos y su tratamiento más adecuado es el manejo de la abundante regeneración natural. Estos bosques se encuentran principalmente en el Pacífico Sur en los departamentos de Nariño y Cauca.

Los "cativales" son tipos de bosques también homogéneos sometidos a inundación periódica por aguas dulces, localizados en el Bajo Atrato y sus afluentes principales. Están formados por el cativo (*Prioria copaifera*), el guino (*Carapa guianensis*), el caracolí (*Anacardium excelsum*), algunas especies del género *Virola* y otras del género *Leythis*. Como los guandales, su tratamiento más apropiado es el manejo de la abundante regeneración natural, para lo cual se hace necesario un aprovechamiento muy integral del bosque.

Este tipo de bosque es considerado de los más productivos del trópico con 300 a 350 m^3/ha, solamente comparable a los bosques de dipterocarpáceas de Filipinas y Malasia y a los bosques secundarios maduros de *Terminalia superba* en Mayombe, Zaire.

Bosques mixtos de colinas bajas o terrazas. Estos tipos de bosque se encuentran en estudio en todas las áreas de trabajo de CONIF, es decir, en La Espriella, San Isidro, Sautatá y Carare-Opón.

La investigación consiste en encontrar las técnicas más adecuadas para su manejo, bien sea mediante a) el tratamiento del bosque secundario resultante de aprovechamientos integrales como ocurre en el Bajo Calima (cerca de Buenaventura), y los bosques del Carare-Opón en el Magdalena Medio; y b) mediante el manejo de la regeneración natural, previos los muestreos de diagnóstico a fin de determinar la potencialidad del bosque secundario y optar por el enriquecimiento o nó, cuando los bosques se han degradado por un sistema de aprovechamiento selectivo.

Las especies, por tipo de bosque, consideradas prioritarias para la investigación de su manejo y tratamiento, con base en su gran utilización industrial, su crecimiento rápido y su abundancia en las regiones de trabajo, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. **Especies forestales a cuya investigación debería darse prioridad en Colombia.**

Nombre común	Nombre científico	Tipo de bosque
Cativo	*Prioria copaifera*	Catival
Sajo	*Campnosperma panamensis*	Guandal
Laurel - Mono	*Cordia alliodora*	Colinas bajas y terrazas
Vainillo	*Jacaranda copaia*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco y Bajo Atrato

Cuadro 2. (continúa)

Nombre común	Nombre científico	Tipo de bosque y ubicación
Tangare - Guino	*Carapa guianensis*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco, Bajo Atrato y Cativales
Laguno - Soroga	*Vochisya ferruginea*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco y Carare-Opón
Chaquiro	*Goupia glabra*	Colinas bajas y terrazas del Bajo Calima y Carare-Opón
Cedro	*Cedrela odorata*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco, Bajo Calima y Bajo Atrato
Cedro	*Cedrela fissilis*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco, Bajo Calima y Bajo Atrato
Chalviande	*Virola reidii*	Colinas bajas y terrazas del Pacífico Sur
Chalviande	*Virola dixonii*	Colinas bajas y terrazas del Pacífico Sur
María - Aceite	*Calophyllum brasiliense*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco y Bajo Calima
Mascarey	*Hieronyma chocoensis*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco, Bajo Calima y Bajo Atrato
Roble	*Tabebuia rosea*	Colinas bajas y terrazas del bajo Atrato
Piedrita	*Casearia oblongifolia*	Colinas bajas de Carare-Opón y Tumaco
Peinemono	*Apeiba aspera*	Colinas bajas y terrazas del Bajo Calima, Tumaco y Bajo Atrato
Mora	*Miconia minutiflora*	Colinas bajas del Bajo Calima y Carare-Opón
Jaboncillo	*Isertia pitierii*	Colinas bajas del Bajo Calima y Tumaco
Chillalde	*Tricospermun mexicanum*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco
Tornillo	*Cedrelinga catenaeformis*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco y Carare-Opón
Achapo	*Simaruba amara*	Colinas bajas y terrazas de Tumaco y Carare-Opón

Investigación Agroforestal

La implantación de sistemas agroforestales tiene por objeto el pleno aprovechamiento de la producción de la tierra, mediante la práctica de intercalar cultivos anuales, bianuales, perennes y forestales.

La investigación agrosilvicultural que está llevando a cabo CONIF hace énfasis principalmente en los siguientes aspectos:

- Mejores alternativas para la producción integral en áreas comunales.
- El desarrollo de sistemas de multiestratos vegetales que permitan aprovechar al máximo los suelos, la precipitación pluvial y la luminosidad.
- La disminución de la presión sobre el bosque natural y áreas de bosques secundarios.
- El desarrollo de tecnología agroforestal para áreas agrícolas, ganaderas y forestales.

CONIF basa su programa de acción agroforestal en los siguientes criterios (Baracaldo, 1976):

- Que la "unidad hombre-árbol" sea el eje central de los proyectos, por cuanto el objetivo final del programa es la recuperación de los bosques, de los cuales viven los nativos fundamentalmente.
- Que los proyectos se realicen en comunidades organizadas o que puedan organizarse.
- Que los proyectos abarquen unidades complementarias que permitan a las comunidades mejorar sus ingresos y aumentar su empleo a corto y mediano plazo, mientras perciben los ingresos a largo plazo de los árboles.
- Que los proyectos tengan también tres componentes sociales básicos: educación, nutrición y salud.
- Que se vayan agregando a los proyectos los otros servicios de infraestructura física, infraestructura de mercadeo, y otros de carácter técnico, económico y social a cargo de las entidades gubernamentales responsables.
- Que los programas de investigación, fomento y desarrollo social que adelanta la Corporación formen una unidad lógica y práctica en cada una de las regiones donde se ejecuten.

El trabajo lo lleva a cabo CONIF en comunidades organizadas en sus propios predios, con la gente que habita o que hace parte de la comunidad y con los cultivos que tradicionalmente utiliza. Desde el punto de vista económico, del 50 al 70 por ciento de los ingresos de la región provienen de CONIF.

Los proyectos

CONIF seleccionó las especies comúnmente cultivadas en la región que incluiría en su programa de investigación agroforestal (Cuadro 3), las cuales podían satisfacer las necesidades básicas de alimento y cultivos comerciales.

Fue necesario instalar viveros agrícolas para la reproducción y selección de variedades. Se estudiaron 15 variedades de banano, 14 de plátano, 42 de fríjol y 5 de yuca.

Se definieron cuatro proyectos: árboles frutales, palmas, productos agrícolas y estudios especiales. Cada proyecto consta de título, objetivo, metodología y ensayos. A manera de ejemplo se incluye como anexo el "Proyecto 03: Productos agrícolas".

Resultados preliminares

Se considera que los resultados obtenidos inicialmente son importantes, en razón de las dificultades de todo orden en la región. Los principales obstáculos son: a) la excesiva precipitación que dificulta todas las labores; b) las pocas entidades especializadas en la región lo que ha forzado a CONIF a asumir funciones que corresponden a otras entidades como el ICA y las Secretarías de Agricultura (e.g., manipuleo y tratamiento de yuca, plátano y otros cultivos); c) el traslado ocasional de los nativos a otras labores diferentes a las agrícolas, tales como el aprovechamiento de los bosques, pesca y otras, motivado por las épocas de subienda o por mejores épocas para extracción de maderas (verano); y d) la carencia de mano de obra capacitada, un proceso lento que redunda en mejores resultados en la medida en que el personal adquiere práctica.

Los resultados agroforestales más sobresalientes son:

- Amplia aceptación de las comunidades y campesinos manifiesta en la ampliación de los programas, las solicitudes de material vegetal de los viveros; y la solicitud por parte de nuevas comunidades.
- Desarrollo muy satisfactorio de las especies maderables en su primer año (crecimientos de 1.50 a 3.0 m/año), y menor de los frutales, aunque promisorio.
- Aumento en las producciones de papachina (*Colocasia esculenta*) de 10 a 14 ton/ha, y de yuca de 6 ton/ha (con el cultivar regional Llanera) a 13 ton/ha con una de las variedades suministrada por el CIAT.
- Desarrollo tecnológico para su aplicación en otras regiones del país.
- Conclusiones importantes de estudios realizados a nivel de tesis de grado sobre chontaduro (*Bactris gasipaes*) y papachina.

Cuadro 3. **Especies que están siendo investigadas por CONIF.**

Frutales	Maderables	Palmas	Agrícolas
Arbol del Pan *(Artocarpus communis)*	Cedro *(Cedrela* sp.)	Coco *(Cocos nucifera)*	Papachina *(Colocasia esculenta)*
Borojó *(Borojoa patinoii)*	Mascarey *(Hieronyma chocoensis)*	Chontaduro *(Bactris gasipaes)*	Yuca (*Manihot* sp.)
Cítricos (varios)	Peinemono *(Apeiba aspera)*	Guerregue *(Astrocarium standleyonum)*	Platano (*Musa paradisiaca)*
Aguacate (*Persea* sp.)	Chaquiro *(Goupia glabra)*	Mil pesos *(Jessenia policarpa)*	Maíz (*Zea mays*)
Caimito *(Chrysophyllum caimito)*	Sorogá *(Vochisya ferruginea)*	Naidí *(Euterpe cuatrecasana)*	Fríjol *(Phaseolus vulgaris)*
		Taparo *(Orbingia cuatrecasana)*	

En cuanto a la investigación silvicultural, los principales resultados fueron:

- Muy buen crecimiento de las especies seleccionadas (hasta 3m/año).
- Conocimiento de las tecnologías para el manejo de aproximadamente 20 especies forestales en vivero y plantación.
- Los bosques de regeneración secundaria ofrecen características óptimas para su manejo, con incrementos del rendimiento superiores a 13 m^3/ha/año, en bosques de 13 años de edad.
- Los bosques homogéneos bien explotados permiten un manejo adecuado de su regeneración natural.

Agradecimiento

Se destaca la colaboración obtenida de diferentes organismos tales como el Instituto Matías Mulumba, el ICA, el CIAT, el Proyecto INDERENA-FAO, la Secretaría de Agricultura del Valle y el Fondo de Fomento Agropecuario.

Anexo 1.

Proyecto 03: Productos agrícolas

Título: Estudios de la combinación de productos agrícolas con árboles forestales, frutales o palmas

Metodología:

La investigación de las posibilidades de la agrosilvicultura empieza con modelos simples para situaciones seleccionadas. Con las experiencias ganadas se complicarán los modelos. Es decir, los modelos son el resultado del estudio de datos de ensayos anteriores y de un pensamiento creativo.

La complejidad del problema hace indispensable la cooperación de expertos e instituciones especilizados en otros campos de investigación como son agrónomos, edafólogos, biólogos, tecnólogos de alimentos, economistas, etc. Los modelos tienen que ser lo más estandarizados y sistematizados posible.

Se usarán preferiblemente productos conocidos en la región en forma cultivada o natural.

El tiempo de cosecha y siembra de los diversos cultivos debe planearse teniendo en cuenta los otros trabajos que la población normalmente efectúa (trabajos madereros).

Los trabajos deben fijarse de acuerdo con la mano de obra disponible.

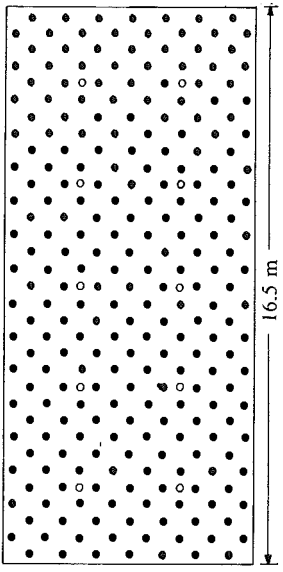
Los cultivos deben mantener el equilibrio con respecto a la competencia de raíces (profundidad de las mismas), necesidades de luz y agua. Inicialmente el cambio de métodos tradicionales (siembra durante menguante, etc.) debe ser mínimo.

Es necesario definir si el sistema está dirigido a la producción forestal, a la producción agropecuaria o a la recuperación de terrenos degradados.

La investigación se divide en las siguientes combinaciones:

03-00: General, estudios de literatura, informes
03-01: Siembra en asociación con árboles forestales
03-02: Siembra en asociación con frutales
03-03: Siembra en asociación con palmas
03-04: Siembra en asociación con árboles forestales y frutales
03-05: Siembra en asociación con árboles forestales y palmas
03-06: Siembra en asociación con frutales y palmas
03-07: Siembra en asociación con árboles forestales, frutales y palmas.

Anexo 2. Proyecto 03-01-Pm-Y



Lugar: Guadual (Bajo Calima)
Fecha de iniciación: 23 de agosto de 1979
Procedencia de la semilla: San Isidro
Número de tratamientos: Tres

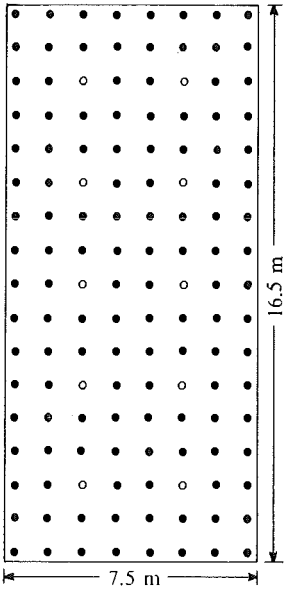
Distancia de siembra:
Yuca al peinemono: 0.50 m
Peinemono: 3 x 3 m
Yuca: 1 x 1 m

Total de 3 repeticiones (A_1 - A_2 - A_3)
3 x 10 peinemonos
3 x 247 estacas de yuca

• Estaca de yuca
o Peinemono

Escala 1:100

Tratamiento A. Influencia de la distancia de siembra de la yuca (*Manihot utilissima*) al peinemono (*Apeiba aspera*) sobre el crecimiento de ambos cultivos. (El efecto de la distancia de siembra se evaluará con base en las producciones de la yuca y el crecimiento del peinemono.)



Anexo 2. Proyecto 03-01-Pm-Y

Lugar: Guadual
Fecha de iniciación: 23 de agosto de 1979
Procedencia del peinemono: San Isidro
Procedencia de la yuca: variedad CONIF

Distancia de siembra:
Yuca al peinemono: 1.0 m
Peinemono: 3 x 3 m
Yuca: 1 x 1 m

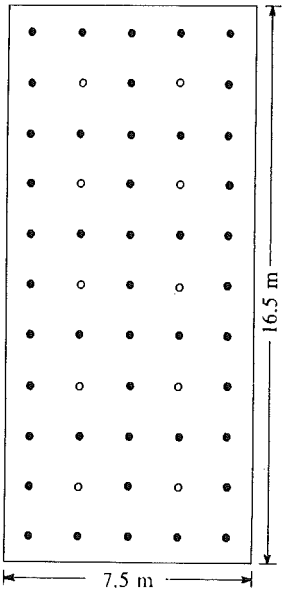
Total de 3 repeticiones (B_1 - B_2 - B_3)
3 x 10 peinemonos
3 x 126 estacas de yuca

• Estaca de yuca
o Peinemono

Escala 1:100

Tratamiento B. Influencia de la distancia de siembra de la yuca (*Manihot utilissima*) al peinemono (*Apeiba aspera*) sobre el crecimiento de ambos cultivos.

Anexo 2. Proyecto 03-01-Pm-Y



Lugar: Guadual
Fecha de iniciación: 23 de agosto de 1979
Procedencia del peinemono: San Isidro
Procedencia de la yuca: variedad CONIF

Distancia de siembra:
Yuca al peinemono: 1.50 m
Peinemono: 3 x 3 m
Yuca: 1.50 x 1.50

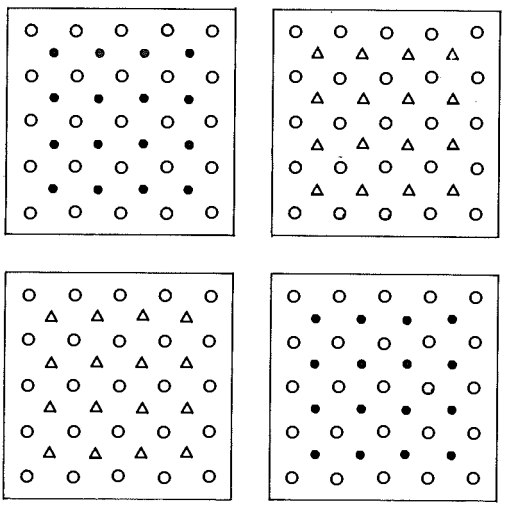
Total de 3 repeticiones (C_1 - C_2 - C_3)
3 x 10 peinemonos
3 x 45 estacas de yuca

• Estaca de yuca
o Peinemono

Escala 1:100

Tratamiento C. Influencia de la distancia de siembra de la yuca al peinemono sobre el crecimiento de ambos cultivos.

Anexo 3.



o Arboles madereros
• Arboles frutales
Δ Palmas de chontaduro

Distancia entre árboles: 6x6 m
Distancia entre palmas: 6x6 m
Distancia entre árboles frutales: 6 x 6 m

Total lotes: 8
No. tratamientos: 2

Ensayo de siembra de árboles madereros con palmas de chontaduro (*Bactris gasipaes*) y árboles frutales.

Literatura Citada

Baracaldo A. R., 1976. **Diagnóstico socioeconómico general de la Costa Pacífica colombiana.** Serie Técnica No. 1, División de Comunicación Rural-ICA, Bogotá, Colombia. 20 p.

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. 1977. **¿Qué es CONIF?** Serie Informativa No. 3, tercera ed., ICA, Bogotá, Colombia. 10 p.

Sistemas Agroforestales para el Trópico Húmedo al Este de los Andes*

John P. Bishop**

Introducción

Cada región en el mundo tiene diferentes problemas alimentario-demográficos así como también diferentes soluciones potenciales. Tales problemas se agudizan en la región andina central debido a que su población posee los más altos índices de natalidad y densidad en América del Sur, en tanto que los índices de consumo de proteínas y calorías están entre los más bajos en el Hemisferio Occidental. Tradicionalmente, la mayoría de los habitantes de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia han vivido en áreas montañosas.

Estos países tienen grandes extensiones de terreno tropical húmedo al este de los Andes y se están abriendo carreteras de penetración como resultado del descubrimiento de recursos petrolíferos y planes de colonización. Esas carreteras y sus ramificaciones han llevado a los campesinos mas pobres procedentes de las áreas superpobladas a establecerse en pequeñas fincas (Crist y Nissly, 1973). Un área apreciable de cada finca familiar está siendo explotada con productos de primera necesidad como cultivos alimenticios, porcinos, gallinas y leña.

Los pequeños agricultores al este de los Andes practican una forma de agricultura migratoria (Sánchez, 1973 y 1977; Watters, 1971). Con la creciente presión demográfica y con la demanda de mayores ingresos se está estrechando la relación de años de cultivo a años de descanso; esto está acelerando en forma alarmante el deterioro de los suelos y la invasión de las

* Los sistemas agroforestales constituyen un aspecto cada vez más importante de los programas de investigación en la Amazonía como se observa en los informes de los países. Los modelos del Dr. Bishop, desarrollados en Ecuador para fincas pequeñas, son tan sólo dos de los muchos sistemas agrícolas que incorporan técnicas agroforestales. (Nota del editor.)

** Miembro de la Misión de Asistencia Técnica INIAP/UFLA/IBRD. Estación Experimental Napo/Centro Amazónico Limoncocha, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Apartado 5080, Quito, Ecuador.

malezas y plagas y reduciendo críticamente los rendimientos, precisamente cuando las necesidades son mayores.

Los trópicos húmedos al este de los Andes también están siendo sometidos a la deforestación en favor de la ganadería. Los bosques están siendo remplazados por pastos después de un período corto de cultivo. Este tipo de desarrollo ha sido duramente criticado por el deterioro del suelo que ocasiona. Son pocas las praderas que persisten y actualmente muchas ya han sido abandonadas.

En este trabajo se discuten algunas posibles soluciones que permitirían incorporar estos dos usos dominantes de la tierra en sistemas de producción integrados. En el caso de la agricultura migratoria, el barbecho se puede prolongar mediante la producción de cerdos, gallinas y leña. En cuanto a los sistemas pecuarios, las leguminosas forrajeras y la producción de madera permiten mantener la productividad de las praderas.

Producción Integrada de Cultivos Alimenticios, Cerdos, Gallinas y Leña

En el trópico americano la población porcina per cápita es la más densa del mundo (Cuadro 1), cinco veces mayor que la de Africa y Asia tropical (Williamson y Pyne, 1975). La mayoría de los cerdos y las gallinas en el trópico húmedo al este de los Andes se producen a nivel familiar (Cuadro 2) y se crían a campo abierto utilizando banano como el alimento principal para los cerdos y maíz como suplemento para las gallinas. Una solución promisoria para aumentar los ingresos durante el período de barbecho es la producción conjunta de cerdos, gallinas y leña (Anan, 1978; Bishop, 1978a, b y 1979; Bredero, 1977; Breitenbach, 1974; Kirby, 1976; Masefield, 1965; Nye y Greenland, 1960; Ochse *et al.*, 1971; Sprague, 1976).

Las leguminosas forrajeras y los árboles leguminosos productores de leña aumentan la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo disponible y la

Cuadro 1. **Países americanos con grandes poblaciones de porcinos.**

		No. personas/cerdo
1.	Brasil	2.3
2.	Ecuador	2.7
3.	Haiti	2.8
4.	Nicaragua	3.3
5.	Estados Unidos	3.9

Fuente: World Almanac, 1978.

aireación del suelo; además controlan la erosión y la lixiviación (Bredero, 1973 y 1977; Moore, 1967; Singh, 1967). Los cerdos pueden proporcionar mejores ingresos a los agricultores (CIAT, 1971); producir mayores cantidades de proteína animal a bajo costo sin usar cereales en su alimentación (Thomsen, 1978); mejorar la fertilidad del suelo depositando materia orgánica, la que estimula la simbiosis leguminosa/ *Rhizobium;* y aportar microorganismos fecales, los cuales mineralizan los residuos de los cultivos (Bredero, 1977).

Cuadro 2. **Cultivos alimenticios principales en la Amazonía ecuatoriana.**

Nombre local	Nombre científico	Variedad
Maíz	*Zea mays*	INIAP VS-2
Yuca	*Manihot esculenta*	Nativa
Plátano	*Musa acuminata* x *M. balbisiana* AAB	Local
Papa mandi	*Xanthosoma sagittifolium*	Nativa
Papa china	*Colocasia esculenta*	Local
Papaya	*Carica papaya*	Nativa

En la Amazonía ecuatoriana se están realizando ensayos para intensificar la crianza de cerdos a campo abierto utilizando las siguientes especies perennes en un sistema integrado de producción verticalmente estratificado: *Desmodium ovalifolium* (trébol tropical), *Canna edulis* (achira), *Musa acuminata* x *M. Balbisiana* ABB (orito) e *Inga edulis* (guaba).

La leguminosa *Desmodium ovalifolium* se está utilizando para constituir el piso inferior (Masefield, 1965) debido a que las leguminosas forrajeras son los pastos preferidos y mejor utilizados por los porcinos (Eyles, 1963; Jones y Wallace, 1974). La raíz forrajera *Canna edulis* y el banano *Musa acuminata* x *M. Balbisiana* ABB son cultivos perennes locales poco exigentes en cuanto a mano de obra y fertilidad del suelo y se utilizan como alimento de bajo costo y de consumo directo para los cerdos (Herklots, 1972; Kay, 1973; Kurita, 1967; LeDividich, 1977; Purseglove, 1972; Walker, 1953; Williamson y Pyne, 1975). El árbol *Inga edulis* es una leguminosa nativa de crecimiento rápido y se utiliza como productor de leña (Anon, 1978; Bishop, 1978a, b) y mejorador del suelo (Ochse, 1961). Aquella se aprovecha después de un ciclo rotacional de ocho años (Fig. 1).

Inicialmente se practica la agricultura convencional en una nueva parcela cada año: desmonte y producción de especies de ciclo corto de

conformidad a uno u otro sistema clásico de cultivos múltiples. Las especies perennes del futuro sistema verticalmente estratificado se introducen en el transcurso de los cultivos de ciclo corto (Fig. 2). Después de dos años los mencionados componentes perennes han alcanzado un estado consistente de desarrollo vertical. Rápidamente se diferencian cuatro estratos distintos, resultando un conjunto estratificado bastante autosustentato, que por su estructura y composición pluriespecífica, ecológica y biológica se asemeja al ecosistema forestal (Dubois, 1977; Holdrige, 1959; Janzen, 1973).

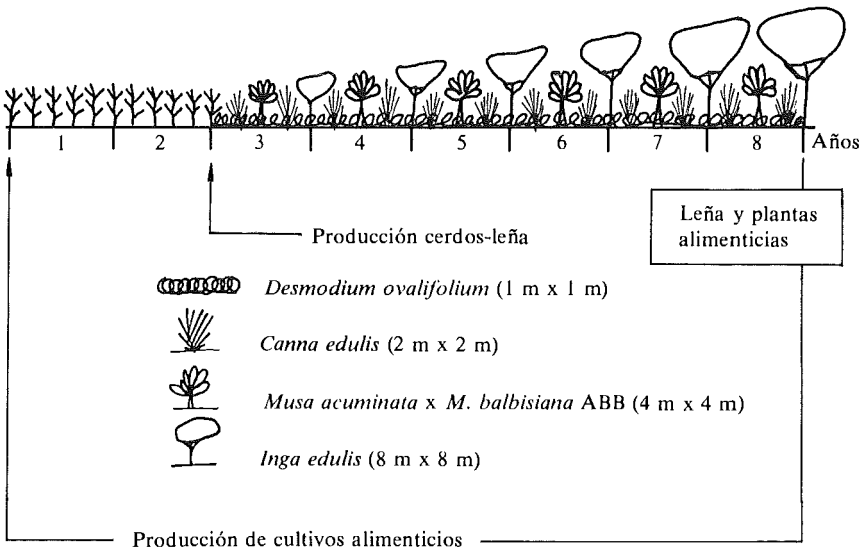


Figura 1. *Producción integrada de porcinos y leña.*

Una unidad familiar de 10 ha (Fig. 3) se divide en ocho parcelas (1 ha c/u), que se utiliza después de los cultivos (Cuadro 2) para los cerdos ya destetados, los cerdos de engorde y las cerdas en monta. También se forman ocho parcelas (0,2 ha c/u), que después de la huerta casera (Cuadro 3) se emplean para los cerdos reproductores. Las cercas llevan seis hilos de alambre bien tejidos con postes vivos de *Jatropha curcas* (piñón) (Payne, 1973). Cada tres meses se hace el control químico (levamisole) de los parásitos internos de los porcinos, sincronizándolo con el pastoreo alterno. También se utiliza una parcela de 0,4 ha para la casa, el gallinero y los árboles frutales (Cuadro 4).

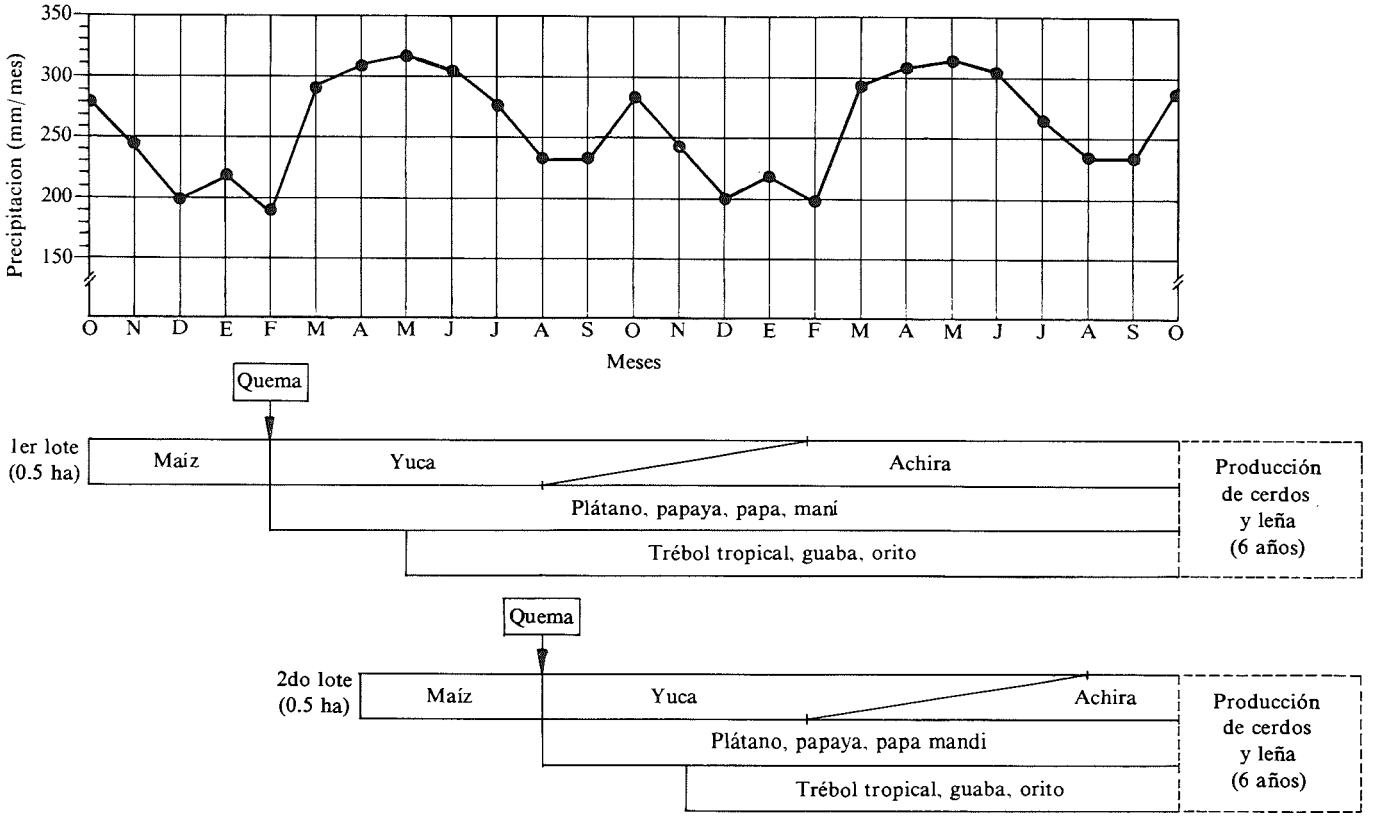


Figura 2. *Precipitación en promedio (15 años) y prácticas de cultivo en el Centro Amazónico Limoncocha (lat. 0° 24'S; alt. 243 msnm).*

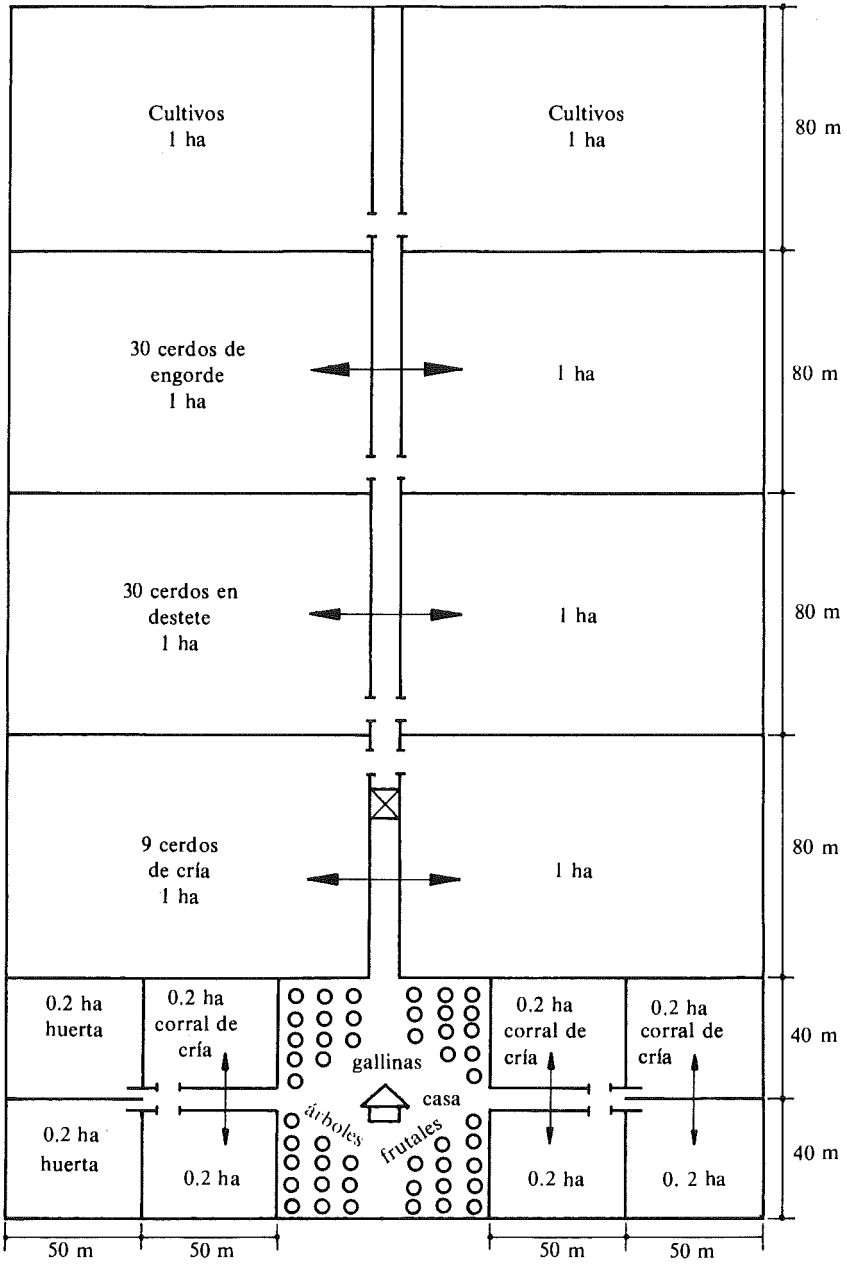


Figura 3. *Producción integrada de cerdos, gallinas y leña en una unidad familiar de 10 ha.*

Cuadro 3. **Cultivos alimenticios secundarios en la Amazonía ecuatoriana local.**

Nombre local	Nombre científico	Variedad
Mani	*Arachis hypogaea*	Nativa
Fréjol común	*Phaseolus vulgaris*	Local
Fréjol ratón	*Vigna unguiculata*	Local
Fréjol vainita	*Vigna sesquipedalis*	Local
Habas nativas	*Phaseolus lunatus*	Nativa
Haba blanca	*Canavalia ensiformis*	Local
Ashipa	*Pachyrrhizus tuberosus*	Nativa
Piña	*Ananas comosus*	Nativa
Cocona	*Solanum topiro*	Nativa
Badea	*Passiflora quadrangularis*	Nativa
Granadilla	*Passiflora edulis*	Nativa
Maíz pequeño	*Zea mays*	Local
Camote	*Ipomea batatas*	Nativa
Papa de soga	*Dioscorea trifida*	Nativa
Pujín	*Calathea allouia*	Nativa
Achocha	*Cyclantera pedata*	Nativa
Tomate criollo	*Lycopersicon esculentum*	Local
Zapallo	*Cucurbita* sp.	Nativa
Cuchicol	*Amaranthus* sp.	Nativa
Cebolla criolla	*Allium capa*	Local
Caña de azúcar	*Sacharum* sp.	Local

Cuadro 4. **Arboles frutales en la Amazonía ecuatoriana.**

Nombre Local	Nombre científico	Variedad
Limón mandarina	*Citrus limonia*	Local
Lima	*Citrus limettoides*	Local
Naranja criolla	*Citrus sinensis*	Local
Mani de árbol	*Caryodendron orinocensa*	Nativa
Guaba ilta	*Inga densiflora*	Nativa
Arbol de pan	*Artocarpus alfilis*	Local
Cacao blanco	*Theobroma bicolor*	Nativa
Zapote	*Calocarpum sapote*	Nativa
Abiyu	*Pouteria caimito*	Nativa
Anona	*Annona squamosa*	Nativa
Uvilla	*Pourouma cecropiaefolia*	Nativa
Guaba común	*Inga edulis*	Nativa
Guaba machetona	*Inga spectabilis*	Nativa
Aguacate	*Persea americana*	Nativa
Guanábana	*Annona muricata*	Nativa
Chontaduro	*Guilielma gasipaes*	Nativa
Guayaba	*Psidium guajara*	Nativa

El beneficio

Con 1,5 unidades animales (1 UA=5 porcinos adultos) por hectárea, una finca familiar de 10 ha puede mantener 12 cerdas reproductoras y producir cinco crías por cerda por año. Estimado el valor de cada cerdo en US$75, se puede alcanzar una ganancia de US$4500 por año.

La producción de porcinos y leña puede por consiguiente, mejorar la rentabilidad económica, la estabilidad ecológica y la viabilidad sociológica de los pequeños agricultores en el trópico húmedo al este de los Andes.

Para transferir la tecnología a las masas rurales, se está preparando material educativo agropecuario-forestal destinado a cursillos locales de capacitación, cursos regionales de enseñanza radiofónica y actividades prácticas en escuelas rurales.

Producción Integrada de Ganado y Madera de Construcción

La producción de ganado vacuno ha sido tradicionalmente uno de los principales usos de las tierras tropicales, pero mantener la productividad de estas tierras es cada vez mas difícil. Entre las soluciones se ha sugerido asociar gramíneas forrajeras con leguminosas forrajeras y árboles moderables (Bishop, 1978 a, b y 1979; Bishop y Muñoz, 1979; Cook y Grimes, 1977; Gregory, 1972; Kennard y Walker, 1973; Kirby, 1976; Knowles *et al.*, 1977; Payne, 1976; Thomas, 1978). Las leguminosas forrajeras y los árboles maderables pueden cumplir las siguientes funciones: a) aumentar significativamente el nitrógeno del suelo por medio de las asociaciones de sus raíces con bacterias y hongos; b) fertilizar el suelo en forma significativa mediante las hojas caidas; c) mejorar notablemente la textura y aireación del suelo gracias a los efectos físicos y químicos; y d) aumentar sustancialmente la rentabilidad de las pequeñas fincas ganaderas con la venta de madera.

En la Amazonía ecuatoriana se están realizando ensayos para evaluar la gramínea forrajera *Brachiaria humidicola* (kikuyo amazónico), la leguminosa forrajera *Desmodium ovalifolium* (trébol tropical), y el arbol maderable *Cordia alliodora* (laurel) en un sistema silvo-pastoril (Fig. 4).

Al comenzar la época lluviosa, se siembra con esqueje el material vegetativo de *B. humidicola* y *D. ovalifolium,* así como también las seudoestacas (400/ha) de *C. alliodora* (Fig. 5). Después de la siembra se dejan la gramínea y la leguminosa en reposo sin pastoreo durante un año o hasta que los árboles maderables alcancen tres metros de altura.

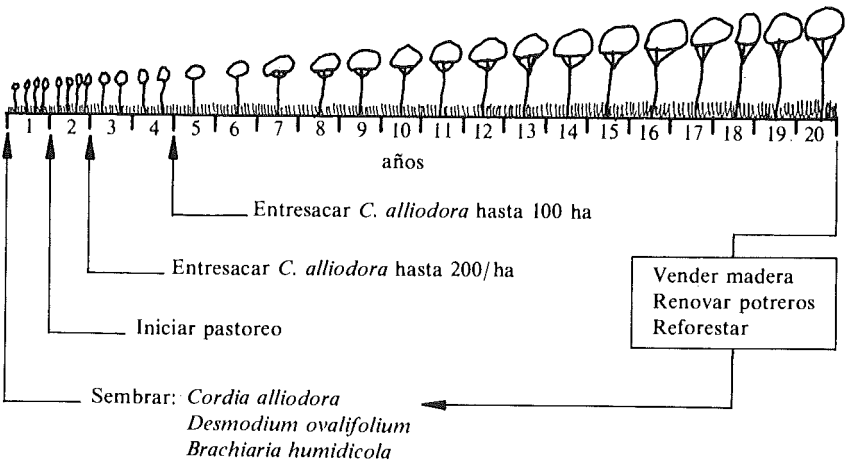


Figura 4. *Producción integrada de ganado y madera.*

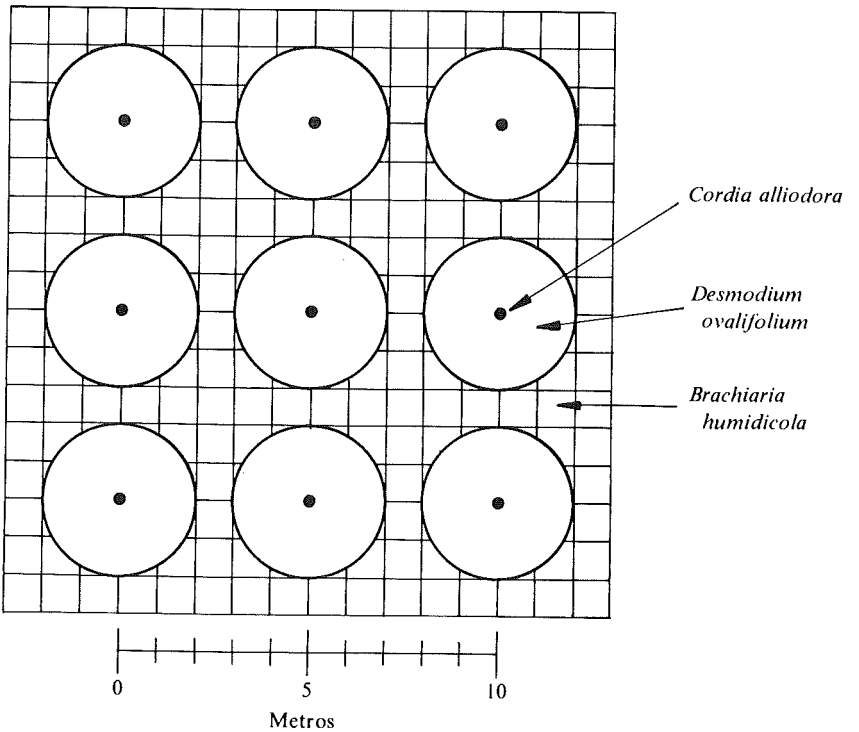


Figura 5. *Diagrama de siembra.*

Transcurridos dos años a partir de la reforestación se procede a entresacar árboles hasta dejar 200/ha; la operación se repite a los cuatro años, a fin de que sólo queden 100 de los mejores árboles existentes por hectárea.

El beneficio

Una hectárea de pastizal que mantiene dos reses, con una tasa de extracción de 25 por ciento por año, produciría diez reses en veinte años. Estimando el valor de cada res adulta en US$300, la ganancia en ganado por hectárea en veinte años sería US$3000.

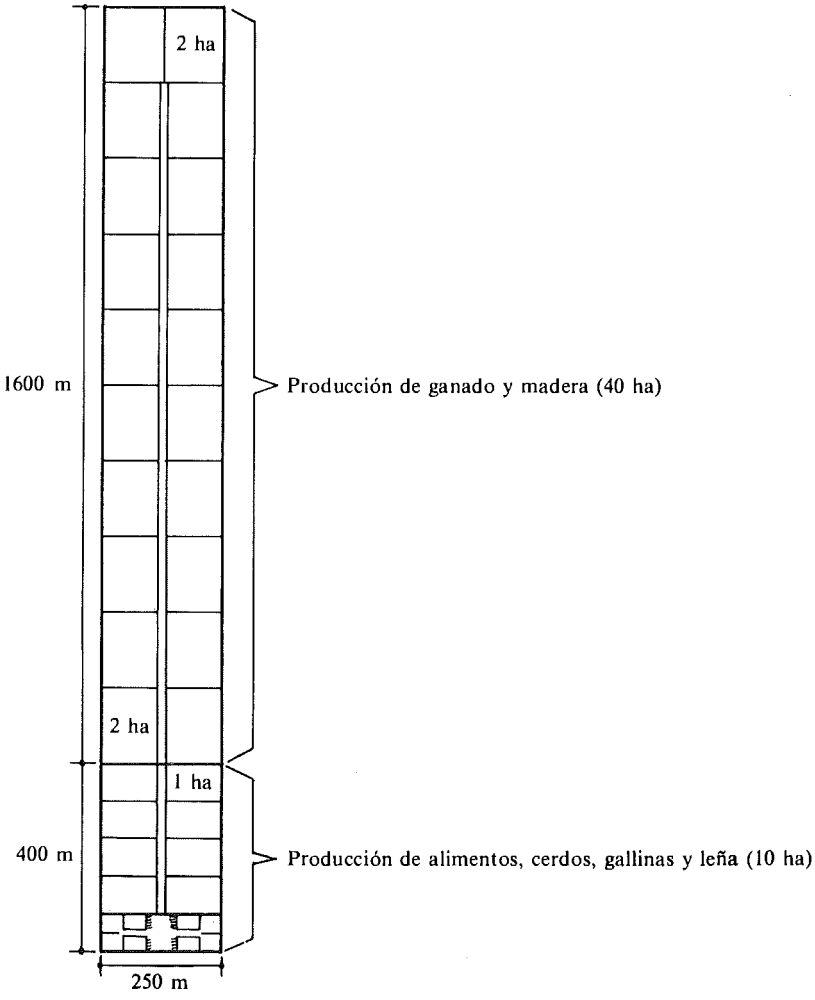


Figura 6. *Sistema combinado de producción para fincas de 50 ha.*

Asímismo, en veinte años, 100 árboles de *C. alliodora* producirían 100 m^3 de madera/ha. Estimado el valor de cada m^3 en US$30, se obtendría una ganancia forestal de US$3000/ha.

Por consiguiente, la producción de madera de construcción tiene gran potencial para mejorar la rentabilidad economica, estabilidad ecológica y viabilidad sociológica de las pequeñas fincas ganaderas en el trópico húmedo al este de los Andes. Vale la pena destacar que ambos sistemas (producción de ganado vacuno y de cerdos y gallinas) se pueden combinar en una finca de 50 ha, el tamaño mas frecuente en la región amazónica (Fig. 6).

Para transferir la tecnología al pequeño agricultor se está preparando material educativo agropecuario-forestal destinado a cursillos locales de capacitación, cursos regionales de enseñanza radiofónica y actividades prácticas en escuelas rurales.

Agradecimiento

El autor desea agradecer la colaboración prestada por el Instituto Lingüístico de Verano.

Bibliografía

Anon. 1978. **Forestry for local community development.** FAO Forestry Paper No. 7, Roma, 114 p.

Bishop, J.P. 1978a. **The development of a sustained yield tropical agro-ecosystem in the upper Amazon.** Agro-Ecosystems 4:459-461.

_____. 1978b. **Desarrollo y transferencia de tecnología para pequeñas fincas en la región amazónica ecuatoriana.** *In* Seminario sobre Manejo de los Sistemas Ecológicos y Alternativas de Producción Agro-Silvo-Pastorial en la Región Amazónica Ecuatoriana, Patrocinado por el Instituto Nacional de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana, Limoncocha, Ecuador. 9 p.

_____. 1979. **Producción ganadera-forestal en el trópico húmedo hispanoamericano.** *In* XIII Conferencia anual sobre Ganadería y Avicultura en América Latina. Patrocinada por la Universidad de Florida, Gainesville. 7 p.

_____; Muñoz, K. 1979. **Producción ganadera-forestal en la región amazónica ecuatoriana.** *In* Reunión de Trabajo sobre Pastos Tropicales, patrocinada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 6 p.

Bredero, T.J. 1973. **Green manuring and the N and P supply of swamp rice.** Nigerian Agric. J. 10:248-257.

_____. 1977. **The role of farmyard manures and green manures in soil fertility restoration in the humid tropics.** Abstr. Trop. Agric. 3:9-17.

Breitenbach, C. A. 1974. **Farming systems for the tropics and subtropics.** *In* Guide for Field Crops in the Tropics and the Subtropics. USAID, Washington, D.C. pp. 22-28.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1972. **Sistemas de producción de ganado porcino.** *In* Informe Anual 1971. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, pp. 41-52.

Cook, B.G.; Grimes. R.F. 1977. **Multiple land-use of open forest in south-eastern Queensland for timber and improved pasture: establishment and early growth.** Trop. Grasslands 11:239-245.

Crist, R.E.; Nissly, C.M. 1973. **East from the Andes.** Univ. Florida Social Sciences Monograph No. 50. Univ. Florida Press, Gainesville, Florida. 166 p.

Dubois, J. 1977. **Investigaciones sobre Trópico Húmedo Americano.** *In* Seminario sobre Ecología del Trópico Húmedo Americano, IICA-TROPICOS, Mérida, Venezuela. pp. IX A1-10.

Eyles, D.E. 1963. **Integration of pigs into grassland farming.** *In* Animal Health, Production and Pasture. Longmans, London, pp. 359-383.

Gregory, E.W. 1972. **Integration of grazing in tropical forestry - An experiment in combining cattle raising with pine plantation forestry in Fiji.** VII World Forest Congress, Buenos Aires, Argentina.

Herklots, G.A. 1972. **Vegetables in south-east Asia.** Hafner, New York. 525 p.

Holdridge, L.R. 1959. **Ecological indications of the need for a new approach to tropical land-use.** Economic Botany 13:271-280.

Janzen, D.H. 1973. **Tropical agroecosystems.** Science 182:1212-1219.

Jones, D.W.; Wallace, H.D. 1974. **Grain and forage crops for swine.** *In* Swine Production in Florida. Florida Department of Agriculture, Bull. No. 21, pp. 93-99.

Kay, D.E. 1973. **Queensland Arrowrot.** *In* TPI Crop and Product Digest, No. 2,Root Crops, Tropical Products Institute, Overseas Development Administration, London. pp. 120-126.

Kennard, D.E.; Walker, B.H. 1973. **Relationships between tree canopy cover and *Panicum maximum* in the vicinity of Fort Victoria.** Rhodesian J. Agric. Res. 11:145-153.

Kirby, J.M. 1976. **Agricultural land-use and the settlement of Amazonia.** Pacific Viewpoint, 15:105-131.

_____. 1976. **Forest grazing: A technique for the tropics.** World Crops 28:248-251.

Knowles, R.I.; Klomp, B.K.; Gillingham, A. 1977. **Report for the Fiji Pine Commission on forest grazing and research.** Rotorua. New Zealand Forest Service. 13 p.

Kurita, K. 1967. **The cultivation of *Canna edulis*, and its value as feedcrop.** Japan P. Trop. Agric. 11(1,2):5-8.

LeDividich, J. 1977. **Feeding value of *Canna edulis* roots for pigs.** J. Agric. Univ. P.R. 61(3):267-274.

Masefield, G.B. 1965. **A Handbook of Tropical Agriculture.** Oxford, London, 196 p.

Moore, A.W. 1967. **Changes in soil moisture and organic matter under different covers at Ibadan, Nigeria.** Plant Soil 27:463-467.

Nye, P.H.; Greenland, D.J. 1960. **The soil under shifting cultivation.** Commonwealth Bur. Soils, Tech. Commun. 51, Harpendent, U.K. 156 p.

Ochse, J.J., *et al.* 1961. **Tropical and Subtropical Agriculture,** Vol. 1. Macmillan, New York, 760 p.

Payne, W. J. 1973. **Disposición y manejo de fincas tropicales.** *In* Ganadería en los Trópicos. Asociación Venezolana de Criadores de Ganado Cebú, Caracas, Venezuela. vol. 1, 563 p.

_____. 1976. **Possibilities for the integration of tree crops and livestock production in the wet tropics.** J. Sci. Food Agric. 27:288.

Peck, R.B. 1977. **Sistemas agro-silvo-pastoriles como una alternativa para la reforestación en los trópicos americanos.** CONIF, Bogotá, Colombia. pp. 73-84.

Purseglove, J.W. 1972. **Tropical Crops: Monocotyledons.** Wiley, New York. 607 p.

Sánchez P.A. 1973. **Manejo de suelos bajo sistemas de roza.** *In* Un resumen de las Investigaciones Edafológicas en la América Latina Tropical. N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 219:51-74.

_____. 1977. **Alternativas al sistema de agricultura migratoria en América Latina.** *In* Reunión sobre Manejo, Conservación de Suelos y Agricultura Migratoria en América Latina. FAO/SIDA, Lima, Perú. 44 p.

Singh, A. 1967. **Long-term effects of green manures in sub-tropics.** Indian J. Agric. Sci. 37:226-233.

Sprague, H.B. 1976. **Combined crop/livestock farming systems for developing countries of the tropics and sub-tropics.** Technical series Bulletin No. 19, Office of Agriculture. Technical Assistance Bureau, Agency for International Development, Washington, D.C. 30 p.

Thomas, D. 1978. **Pastures and livestock under tree crops in the humid tropics.** Trop. Agric. (Trinidad) 55:39-44.

Thomsen, M. 1978. **The Farm on the River of Emeralds.** Mifflin, Boston. 329 p.

Walker, R.H. 1953. **Some notes on the edible canna and its use in feeding pigs on the Lehmann system.** Govt. of Kenya report on an enquiry into the general economy of farming in the highlands. pp. 56-57.

Watters, W.F. 1971. **Shifting cultivation in Latin America.** FAO Forestry Dev. Paper No. 17. 305 p.

Williamson, G.; Pyne, W.J. 1975. **La Ganadería en Regiones Tropicales.** Editorial Blume, Barcelona. 468 p.

Conclusiones y Recomendaciones

Situación actual

Con base en las presentaciones y debates en la conferencia, se llegó a las siguientes conclusiones relativas a la situación actual de la investigación en agricultura y uso de la tierra en la región amazónica; como solamente se trataron algunos componentes de la investigación en la conferencia, su enumeración es incompleta y provee solamente una apreciación inicial.

1. No todos los países con territorios en la cuenca amazónica le han dado al desarrollo de esta región la misma prioridad en sus programas nacionales. Sin embargo, todos los países consideran esencial la investigación para alcanzar el conocimiento técnico necesario para el uso racional de los trópicos húmedos. El uso racional de la tierra comprende el desarrollo de sistemas de producción adecuados económica y ecológicamente, así como la infraestructura necesaria para proveer insumos y mercados para los productos.

2. Los resultados de la investigación obtenidos en la Amazonía constituyen un buen fundamento para desarrollar una estrategia más coherente e integrada de investigación futura. Ejemplos de tales resultados son: a) mejor comprensión de los ecosistemas naturales y su potencial para proveer alimentos, fibras, combustibles y productos forestales; b) la recuperación de pasturas degradadas y el potencial de las pasturas basadas en leguminosas y en bajos insumos; c) el diagnóstico cuantitativo de los recursos de tierra; d) la evidencia de la viabilidad de cultivos permanentes con bajos insumos y de sistemas forestales en algunos tipos de suelos; e) la posibilidad de producción continua

con insumos de cultivos anuales en suelos ácidos e infértiles,y f) los sistemas integrados agroforestales extremadamente innovadores.

3. Los actuales esfuerzos de investigación son insuficientes en comparación con las necesidades, tanto en cantidad como en profundidad del trabajo y están concentrados en unos pocos lugares.

4. La gran mayoría de la investigación enfoca disciplinas aisladas tales como ecología, suelos, pastos, cultivos anuales perennes y forestales. Hay urgencia de programas multidisciplinarios que integren estos componentes con el fin de comprender las razones que explican el éxito o fracaso de las varias prácticas y desarrollar soluciones prácticas cuando sean necesarias.

5. La comunicación de resultados de investigación entre los distintos países amazónicos es difícil. Se necesita mejorar la comunicación dentro de la región para la transferencia de tecnología y su modificación.

6. La tecnología debe desarrollarse *in situ* y considerar las limitaciones tanto biológicas como socioeconómicas.

La tecnología apropiada en la Amazonía equivale a tecnología de bajos insumos debido a las limitaciones energéticas y de infraestructura. Es posible desarrollar métodos mejorados para los actuales sistemas de cultivo que aumentarán significativamente su productividad. Como ejemplos se tiene: a) la introducción de especies nuevas o subutilizadas de materiales tolerantes a enfermedades, a la acidez del suelo, bajos niveles de nutrimentos, alta concentración de aluminio, sequías temporales, y otras limitaciones comunes en la Amazonia; b) selección de prácticas culturales e intensidad de producción apropiada a la fertilidad de los suelos y disponibilidad de insumos.

Hay grandes divisiones de la Amazonía, tanto naturales como biológicas. Las dos divisiones biológicas principales, el bosque húmedo y los bosques estacionales semi-siempreverdes, difieren lo suficiente como para sustentar investigación en cada caso. También existen diferencias sustanciales entre zonas con población elevada y activa migración, y aquellas con reducida presión demográfica. Los mayores desafíos se presentan en la

zona que ya ha sido colonizada y seriamente alterada y en zonas donde las presiones de desarrollo son las mayores.

7. Las poblaciones indígenas han acumulado experiencia útil y han desarrollado tecnologías exitosas, pero la mayor parte de las actividades agricolas se practican en el Amazonas sin la ayuda de la informacion proveniente de la investigación de suelos. Si esta tendencia no se cambia, grandes extensiones de bosques continuarán siendo talados y mal utilizados. La tecnologia agrícola apropiada puede garantizar que cada hectárea desmontada permanezca productiva.

Futuras Necesidades de Investigación

Los participantes en la conferencia identificaron las siguientes necesidades de investigación más importantes. Este es un listado preliminar e incompleto ya que se basó principalmente en las presentaciones de la conferencia y no pudo abarcar toda la investigación pertinente.

1. Acopiar información sobre los procesos ecológicos básicos tales como reciclamiento de nutrimentos en los ecosistema naturales y agrícolas.

2. Inventario y caracterización de los recursos bióticos de la cuenca amazónica.

3. Mayor estudio de los métodos agrícolas y forestales practicados por los indígenas y los nuevos colonos con el fin de aprender de su experiencia y acopiar información básica.

4. Recolectar germoplasma de plantas conocidas y de gran potencial para el Amazonas. Esto comprendería exploraciones en otras zonas forestales tropicales del mundo.

5. Ampliar y fortalecer los inventarios de los recursos de tierra (incluidos clima, vegetación, topografía y suelos) en mapas de gran escala que sirvan de guía para las decisiones sobre el uso de la tierra en zonas a desarrollarse.

6. Interpretar las principales limitaciones físicas (climáticas, edáficas, etc.) en términos cuantitativos, incluídos los niveles

críticos y los rangos de tolerancia para las especies vegetales más importantes y los sistemas de producción existentes.

7. Adelantar investigación sobre nutrición animal y enfermedades limitantes de las tasas de reproducción y crecimiento.

8. Calcular los parámetros de tolerancia de los ecosistemas (por ejemplo, qué porcentaje de un área puede dedicarse a la agricultura sin alterar significativamente el equilibrio energético e hidrológico).

9. Desarrollar métodos para determinar qué facetas de tierra son aptas para agricultura de producción intensiva, pastos, bosques, cultivos permanentes, etc., y qué zonas deberán dejarse en su estado natural. Se ha sugerido que las várzeas son las más apropiadas para cultivos anuales y la tierra firme para cultivos perennes y pastos para ganadería, pero aún no se cuenta con evidencia científica.

10. Estudiar sistemas alternativos de desmonte que reduzcan a un mínimo la alteración de los suelos y los riesgos de erosión y que faciliten el establecimiento rápido de una cobertura vegetal.

11. Seguimiento de los cambios en el tiempo de los suelos y la biomasa después de que los sistemas naturales se conviertan en sistemas de cultivo. Esto incluiría el seguimiento de los efectos de prácticas de manejo tales como quemas periódicas, cobertura del suelo y control de plagas y enfermedades.

12. Introducción de nuevas especies o variedades tolerantes a enfermedades importantes, acidez del suelo, limitación de nutrimentos y otros obstáculos comunes en el Amazonas. Esto se aplica a cultivos alimenticios, pastos, ganadería, cultivos permanentes, bosques y materiales agroforestales con varios niveles de insumos.

13. Comparación de especies nativas e introducidas en varios niveles de insumos.

14. Estudio de sistemas integrados de uso de la tierra con variedades de cultivos alimenticios, otros cultivos, material combustible y ganadería.

15. Evaluaciones del impacto de diferentes sistemas de uso de la tierra sobre las condiciones socioeconómicas de las poblaciones locales.

16. Apreciación de los costos individuales y sociales y de los beneficios de diferentes estrategias de desarrollo.

17. Apreciación de las necesidades de infraestructura para los sistemas de mercadeo e insumos.

18. Identificación de las regiones que deberían reservarse para la población nativa, bosques, parques y reservas para la fauna y las especies.

Recomendaciones sobre una Red de Investigación Amazónica

Los representantes de las instituciones nacionales y de las agencias internacionales en la conferencia, luego de revisar las políticas nacionales actuales y los informes sobre el estado de los conocimientos, recomendaron que se establezca una red de investigación amazónica. Esta tendría un cubrimiento regional y sería un esfuerzo apolítico y cooperativo para desarrollar sistemas productivos y sustentables de uso de la tierra para los trópicos húmedos de Sur América. Esto se lograría a través de la expansión y fortalecimiento de la investigación en ecología y uso de la flora y fauna nativas, suelos y manejo de nutrimentos, hidrología y clima, cultivos permanentes, agro-silvicultura, silvicultura, cultivos anuales, pastos, zootecnia y veterinaria, y factores socioeconómicos. Los objetivos de la red serían:

1. Proteger los recursos naturales y mantener su productividad inherente.
2. Incrementar la producción de alimentos, fibras y energía renovable.
3. Regenerar los ecosistemas degradados.
4. Emplear efectivamente los limitados recursos energéticos disponibles.
5. Mantener la mayor parte de los trópicos húmedos en su estado natural.

La red perseguiría tales objetivos facilitando el desarrollo de la investigación pertinente, la capacitación y la diseminación de información a través de la región amazónica. Sus funciones serían:

1. Proveer mecanismos mejorados de comunicación y de rápido intercambio de resultados de investigaciones.
2. Identificar necesidades de investigación y prioridades, y si es el caso, presentarlas a las instituciones apropiadas de investigación y agencias de financiamiento.
3. Fomentar actividades investigativas complementarias y cooperativas que aprovechen recursos institucionales, eviten la duplicación y faciliten a los equipos multidiciplinarios el estudio de problemas complejos.
4. Contribuir al fortalecimiento de las estaciones de investigación en la cuenca amazónica, incluyendo las subdivisiones ecológicas mayores tales como el bosque tropical húmedo y los bosques estacionales.
5. Hacer reuniones periódicas de la red como un medio para desarrollar planes cooperativos de trabajo, evaluar resultados y transferir información.

Con el fin de poner en práctica estas recomendaciones se formó un Comité Directivo interino, cuyas funciones serían desarrollar un marco de referencia y orientaciones para la Red de Investigación Amazónica e iniciar sus actividades.

Los miembros del Comité directivo son:

Paulo de T. Alvim
CEPLAC
Caixa Postal 7
45600 Itabuna
Bahia, Brasil

Rufo Bazan
IICA-OEA
Apartado 55
Coronado, Prov. San José
Costa Rica

Sergio Benacchio
Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP)
Apartado 4588
Maracay 2101 A
Aragua, Venezuela

Rudolf Binsack
GTZ
Postfach 5180
6236 Eschborn 1
República Federal de Alemania

Jens Christensen
FAO-UNDP
Av. Central 643
Apartado 4480
Lima, Perú

Marcial Machicado
Coordinador
Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
IBTA -MACA
La Paz, Bolivia

Jaime Navas A.
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
Apartado Aéreo 151123
"El Dorado"
Bogotá, Colombia

Gustavo A. Nores
Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

Eneas Salati
Caixa Postal 478
69000 Manaus -AM
Brasil

Pedro A. Sánchez
Soil Sciences Department
North Carolina State University
P.O. Box 5907
Raleigh, North Carolina 27650
Estados Unidos

Gary Toenniessen
Rockefeller Foundation
1133 Avenue of the Americas
New York, N.Y. 10036
Estados Unidos

Carlos Valverde
Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA)
Apartado 2791
Lima, Perú

Siglas

CATIE (Costa Rica)	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CEPLAC (Brazil)	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
CICOLAC (Colombia)	Compañía Colombiana de Alimentos Lácteos S.A.
CIMMYT (México)	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CNPMF (Brazil)	Centro Nacional de Pesquisas de Mandioca e Fruticultura
CNPSe (Brazil)	Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira
CODESUR (Venezuela)	Comisión para el Desarrollo del Sur
CONIF (Colombia)	Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal
CORPAC (Peru)	Corporación Peruana de Aeropuertos Comerciales
CPAC (Brazil)	Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
CPATU (Brazil)	Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido
CREA (Ecuador)	Centro de Reconversión Económica del Austro

CRIA (Peru)	Centro Regional de Investigación Agraria
CVG (Venezuela)	Corporación Venezolana de Guayana
EMATER (Brazil)	Empresas Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA (Brazil)	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBDF (Brazil)	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE (Brazil)	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IBRD (U.S.)	International Bank for Reconstruction and Development
IBTA (Bolivia)	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
ICA (Colombia)	Instituto Colombiano Agropecuario
ICRAF (Kenya)	International Council for Research on Agroforestry
IERAC (Ecuador)	Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización
IGAC (Colombia)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IHRO (Ivory Coast)	Institut de Recherches pour les Huiles et Oleagineux
IITA (Nigeria)	International Institute for Tropical Agriculture
INATA (Brazil)	Instituto Agronômico de Tome-Açu
INATAM (Brazil)	Instituto Experimental Agrícola Tropical Amazônico
INCRA (Brazil)	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria

INCRAE (Ecuador)	Instituto de Colonización de la Región Amazónica Ecuatoriana
INCORA (Colombia)	Instituto Colombiano de la Reforma Agraria
INDERENA (Colombia)	Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables
INIA (Peru)	Instituto Nacional de Investigación Agraria
INIAP (Ecuador)	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
INP (Perú)	Instituto Nacional de Planificación
INPA (Brazil)	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE (Brazil)	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INTSOY (U.S.)	International Soybean Program
IRRI (Philippines)	International Rice Research Institute
IVIC (Venezuela)	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
MARNR (Venezuela)	Ministerio de Recursos Naturales Renovables
MOP (Venezuela)	Ministerio de Obras Públicas
NAS (U.S.)	National Academy of Sciences
NCSU (U.S.)	North Carolina State University
ONERN (Peru)	Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
ORDELORETO (Peru)	Organismo Regional de Desarrollo de Loreto
ORDES (Peru)	Organismos Regionales de Desarrollo
PIN (Brazil)	Programa de Integração Nacional

POLAMAZÔNIA (Brazil)	Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais de Amazônia
PREDESUR (Ecuador)	Sub-Comisión Ecuatoriana para Desarrollo del Sur del Ecuador
PROBOR (Brazil)	Programa de Incentivo a Produção e a Beneficiamento de Borracha Vegetal
PRODEPEF (Brazil)	Programa de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal
PROTERRA (Brazil)	Programa de Redistribuçao da Terra
SENA (Colombia)	Servicio Nacional de Aprendizaje
SPVEA (Brazil)	Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SUDAM (Brazil)	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
UEPAEs (Brazil)	Unidades de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual