

Carrera Interdisciplinaria de Especialización de Postgrado en la Problemática del Uso Indebido de Drogas". Módulo "Aspectos históricos, antropológicos, socioeconómicos, culturales y ecológicos".

## ASPECTOS ECOLOGICOS DEL CULTIVO DE LA COCA

Silvia Diana Matteucci y Jorge Morello

### 1. Introducción

La literatura referida al sistema productivo de la coca está fuertemente influida con un componente ideológico maniqueo que oscurece los hechos. Muchos de los argumentos ecológicos usados para justificar los proyectos de erradicación y de sustitución del cultivo de coca no se sostienen sobre la base del conocimiento científico ecológico o agronómico presente y por lo tanto constituyen *mitos*. Frases tales como: "La coca es uno de los cultivos que más ha contribuido a la pérdida de suelo, debido a su extensión y antigüedad"; "La coca es el cultivo ambientalmente más peligroso de la región (hablando del ambiente natural)"; "La coca es la Atila de la agricultura tropical"; "La mítica planta de coca se ha convertido en un símbolo de muerte y destrucción"; están cargadas de subjetividad. Empleadas en ciertos contextos, resultan razonamientos que esconden intereses ajenos a la salud del agrosistema que es el soporte de la producción rural y de su entorno natural (Sociedad Pachamama, 1993; Dourojeanni, 1988; Mansilla, 1992).

En el otro extremo, se encuentran en la bibliografía afirmaciones tales como: "El cultivo de coca es altamente adaptado a las condiciones ecológicas, protege el suelo y no puede ser sustituido"; "La planta de coca evita erosión y deterioro de los Yungas paceños". Estas tampoco tienen sustento científico desde el punto de vista ecológico, en tanto no sean precedidas por un trabajo serio sobre el impacto ambiental del cultivo (Aramayo, 1994).

Los mitos responden a una lógica maniquea: 1) La visión pro-coca como cultivo de usos múltiples, incluso ceremoniales (tradicional de la cultura local); 2) La visión anti-coca, como cultivo satánico, ligado exclusivamente a la producción de cocaína.

Puesto que es tan difícil conseguir datos que no estén teñidos de subjetividad y aún más, es difícil juzgar la validez de la información que reciben estudiantes o profesionales ajenos a las ciencias biológicas y ecológicas, creemos importante proporcionar algunos conocimientos generales del agroecosistema coca y su entorno natural que permitan evaluar con mayor rigor ciertas informaciones y juicios sesgados. Este trabajo ofrece conocimientos básicos ecológicos, así como datos sobre el agroecosistema y la eco-región. En primer lugar veremos cuáles son los impactos ecológicos más comúnmente asignados al cultivo de la coca. Luego se describen la especie y el paisaje regional en la cual se cultiva, para pasar después al análisis de los conceptos básicos acerca del funcionamiento del bosque. Como no es posible hablar del impacto de un cultivo sin considerar la tecnología asociada, se hace la descripción sucinta de las técnicas de cultivo. Finalmente, se comparan los efectos de los distintos paquetes tecnológicos sobre los ecosistemas forestales.

Nuestro objetivo es mostrar que los argumentos ecológicos usados para convalidar los programas de erradicación y sustitución del cultivo merecen ser repensados y descargados de subjetividad. En este trabajo no se discuten las consecuencias sociales o económicas asociadas al cultivo de la coca, a los programas de erradicación ni a los de sustitución. Dentro del sistema ambiental que denominamos *cultivo de coca*, reconocemos tres subsistemas: natural, sociocultural y agroproductivo. El subsistema natural está caracterizado por el conjunto de interrelaciones entre el soporte edáfico, el clima y las plantas y animales que habitan el bosque. Estamos convencidos que las cuestiones socioculturales y agroproductivas podrán discutirse con más fundamento si se conocen los alcances físico-biológicos de la problemática que nos ocupa.

### 2. Algunos efectos ecológicos atribuidos al cultivo de la coca

Los efectos deletéreos atribuidos al cultivo de la coca surgen tanto de la planta y su funcionamiento (autoecología) como de las técnicas empleadas para su cultivo (agroecología). Entre los primeros se encuentran el empobrecimiento del suelo, su pérdida de estructura y su acidificación. Los

impactos derivados del manejo surgen de la necesidad de desmontar para implantar el cultivo. La deforestación se realiza con la técnica de tumba-roza-quema. Consiste en tumbar los árboles y arbustos, retirar el material más voluminoso y quemar el resto; es un proceso de incendio controlado. La secuencia más generalizada de desmonte y cultivo es: a) tumba o descubre; b) extracción de un bajo porcentaje de rollizos de valor maderero; c) incendio o *candela*; d) siembra de un alimento básico o de *pancoger* (arroz, yuca, maíz); e) plantío de cultivo comercial: la coca y más tarde naranjos. La secuencia completa insume 7 a 8 años.

Dourojeanni (s/f) asigna a la coca una serie de efectos erosivos causados por varias características del cultivo de coca, vinculadas a su localización, a las técnicas de laboreo, y a la industrialización primaria (fabricación de pasta de cocaína) (Tabla 1).

Tabla 1: Características del cultivo de coca que ocasionan erosión del suelo

| AGENTE                  | CARACTERÍSTICA                          | IMPLICANCIA  |
|-------------------------|---|--|
| Ecosistema              | Bosque de neblina<br>Bosque montano     | Los suelos ecológicamente más frágiles de la selva |
| Topografía y Altitud    | montañosa, disectada; 700 - 2000 msnm   | Suelos susceptibles a erosión                      |
| PMA                     | 1000 a 4200 mm                          | erosiva  |
| Pendientes              | 45 grados                               | alta escorrentía                                   |
| Suelos                  | franco-arcillosos                       | suelos   |
| Preparación del terreno | tumba-roza-quema                        | Pérdida de MO; pérdida de protección del suelo     |
| Plantación              | hoyos, a favor de pendiente             | Incremento de la erosión hídrica                   |
| Manejo                  | desmalezado, 4 a 6 veces al año         | Exposición del suelo                               |
| Manejo                  | volteo de la tierra                     | Suelo suelto                                       |
| Cosecha                 | defoliación parcial 4 a 6 veces por año | Exposición del suelo                               |
| Cronograma              | desmalezado y defoliación simultáneas   | Sinergismo   |
| Modo de cultivo         | Sin sombreo de árboles                  | Exposición del suelo                               |
| Manejo cultivo          | uso de agroquímicos                     | Contaminación                                      |
| Fabricación de pasta    | uso de productos químicos               | Contaminación de la red fluvial                    |

Fuente: Dourojeanni (s/f)

### 3. La coca y su entorno

La coca se cultiva en los bosques húmedos y muy húmedos subtropicales, llamados yungas y que forman el piso inferior de la Selva Alta, en los Andes Centrales, mayormente en Perú y Bolivia. Las yungas están en contacto con las selvas pluviales de las tierras bajas en Amazonia, hacia donde se ha comenzado a extender el cultivo de coca recientemente (Dourojeanni, 1988). La altitud óptima es 1000 a 2000 metros (donde el contenido de cocaína es mayor), con precipitación media anual óptima es 2000 mm, pero se cultiva entre los 700 y 2000 msnm y con precipitación media anual de 1000 a 4200 mm.

#### 3.1 La coca como especie nativa

La coca se ha masticado por lo menos durante 5000 años todo a lo largo de los Andes, desde Colombia hasta las provincias del centro de Argentina (San Juan, La Rioja), por varios motivos: a) es un estimulante suave y un tónico vigorizante en condiciones climáticas y de trabajo duras; b) se considera un remedio casero para un amplio espectro de enfermedades; c) cumple un rol simbólico importante en

la vida cotidiana y religiosa. Entre el uso del clorhidrato de cocaína como enervante y el coqueo hay un abismo farmacológico y cultural. El descubrimiento del efecto estimulante suave surge del hábito natural del caminante de la selva de arrancar y masticar hojas de distintas especie en una suerte de muestreo inconsciente de gustos. Estudios del valor nutritivo de la hoja de coca comparado con el de 50 plantas alimenticias sudamericanas indican que la hoja tiene mayor contenido en calorías, proteínas, carbohidratos, fibras, calcio (Ca), fósforo (P), hierro (Fe), vitamina A y riboflavina que alimentos tales como oca, papa, yuca, poroto, zapallo. Cien gramos de hoja de coca satisfacen la demanda diaria de Ca, Fe, P, vitamina y riboflavina de un adulto que realiza trabajo físico. Todas las especies tienen un alcaloide secundario, la cinnamoylcocaína, sin efectos farmacológicos y un número mucho menor de especies tienen cocaína, algunas en concentraciones muy bajas. Las 4 variedades domesticadas contienen desde menos de 0,5% en peso de cocaína (*E.coca var ipadu*) hasta cerca de 1% (*E. coca var coca*) (Plowman, 1986).

En Sudamérica hay 250 especies del género *Erythroxylum*, todas tropicales. La más austral es *E. cuneifolium*, que en la región Chaqueña Argentino llega a los 27°50' lat S. Todas las especies son arbustos bajos del sotobosque de la selva húmeda. En el subtropical son características de selvas con más de 1100 mm de precipitación anual. Todos los germoplasmas derivan de dos especies, *E. coca* y *E. novogranatense*, reconocidas como especies hace 12 años. La primera tiene su centro de origen en el valle de Huallaga, Perú. Se cultivan cuatro variedades: boliviana, ipadú, colombiana y trujillense.

*E. coca var coca* es la coca boliviana o de Huánuco. Su ubicación biogeográfica es en las yungas o montaña. Es un arbusto de 1 a 3 m de alto, común en la selva virgen o secundaria, entre los 500 y 1500 msnm y llega naturalmente hasta los 2000 m. A la altitud máxima el contenido de cocaína es máximo (0,93% en peso). Coexiste con varias especies de *Erythroxylum*. Se distribuye desde el centro Norte de Ecuador hasta el Chapare, eco-región ubicada entre Cochabamba y Santa Cruz, Bolivia. La barrera topográfica es infranqueable para el flujo génico por la enorme altitud de las montañas que separan un valle del contiguo. Ello ha permitido que cada valle tenga variedades o cultivares locales. La variedad cultivada se asilvestra; no hay barrera para el flujo génico entre las poblaciones cultivada y silvestre. El principal agente de dispersión son los pájaros y la semilla germina después de pasar por el tracto digestivo. Es la variedad más preciada para la producción de cocaína y contribuye con un 80% de la producción de pasta, que es una forma de cocaína con un 40% de pureza, materia prima del clorhidrato de cocaína o cocaína, de 99% de pureza.

La coca ipadú, derivada de *E. coca var coca*, es la del Alto Amazonas, donde es cultivada tradicionalmente en los huertos familiares para usos medicinales y ceremoniales. Se reproduce fácilmente por estacas, lo cual la hace idealmente adaptada a la agricultura itinerante. Cada vez que el campesino abre un claro (*clareira*) para trasladar su cultivo (*chaco*), lleva sus semillas, las estacas de coca y las raíces de yuca del antiguo asentamiento. Por el método de reproducción, plantaciones enteras pueden pertenecer a un clon. La diferencia fitoquímica más importante con *E. coca var. coca* es su bajo contenido de cocaína (0,25%). Esto ha exigido un paquete tecnológico exclusivo para coquear: las hojas se tuestan y muelen, el polvo fino se mezcla con cenizas de *Cecropia* (embauba) como fuente de alcali y, con saliva en la boca, se forma un bolo (*acullico*) cuyos compuestos son tragados a medida que se disuelven. A pesar de su bajo contenido de cocaína, su extracción es más fácil y su cultivo bajo sombrío en las remotas regiones del Alto Amazonas ha sido estimulado por los narcotraficantes con devastadoras consecuencias sobre varias etnias amazónicas .

Las variedades colombiana y trujillense, ambas de la especie *E. novogranatense*, son producto del trabajo de selección durante siglos, la cual favoreció los individuos más resistentes a condiciones de menor humedad atmosférica. Se cultiva en huertos ceremoniales y tiene más uso familiar para coquear que industrial, excepto como saborizante de bebidas sin alcohol (vg. coca-cola). Se la considera un bello arbusto ornamental con uso medicinal. Se cultiva incluso en el desierto costero chileno-peruano bajo riego. El contenido de cocaína de sus dos variedades es alto: 0,77% en la colombiana (*E. novagranatense var novagranatense*) y 0,72% en la trujillense (*E. novagranatense var truxillensis*). La cocaína de la variedad colombiana es difícil de extraer y cristalizar.

### 3.2 Organización vertical de los bosques húmedos en los Andes Centrales

En todo sitio del globo, con el aumento de la altitud, el clima se vuelve progresivamente más frío y se modifican las condiciones de vida vegetal, animal y humana. Esto genera un ordenamiento vertical de los distintos tipos de vegetación denominado *ordenamiento vertical en ecozonas*.

En los Andes septentrionales, que se extienden desde Cajamarca en Perú hasta la costa de Venezuela, y en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, la coca se cultiva hasta los 3000 m, en los jardines o huertos ceremoniales de las etnias coqui, malayo y aruaco. El límite superior de la agricultura generalizada está a 3200 m y las ecozonas tradicionalmente reconocidas son (Gómez Molina y Little, 1981):

|   |                      |
|---|----------------------|
| Zona nevada                                       | más de 5000 m        |
| Superpáramo                                       | 5000 a 4500 m        |
| Páramo  | 4500 a 3200 m        |
| Tierra fría (límite superior del cultivo de coca) | 3200 a 2200 m        |
| Tierra templada (óptimo de la coca)               | 2200 a 1000 m        |
| Tierra caliente                                   | 1000 a nivel del mar |

En los Andes Centrales (de Cajamarca a una recta que une Antofagasta en Chile con Belén en Catamarca, Argentina) la agricultura sube mil metros. En los faldeos Orientales (expuestos hacia el Amazonas), que es donde se cultiva la coca, se distinguen las siguientes ecozonas (Gómez Molina y Little, 1981):

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Zona nevada                            | 6800 a 4800 m         |
| Puna                                   | 4800 a 3500 m         |
| Ceja de la montaña (selva de neblina)  | 3500 a 2200 m         |
| Yungas (pluviselva, óptimo de la coca) | 2000 a 1000 m         |
| Selva basal (selva basimontana)        | 1000 a nivel del mar. |

En un análisis más detallado, en estas pendientes se distinguen 6 pisos forestales: (1) Selva baja: ocupa el paisaje de colinas de piedemonte y la llanura amazónica; se extiende desde el nivel del mar hasta los 600-800 m (OEA, 1987). (2) Selva alta: entre los 600 y 800 m, es una transición entre la selva baja y las yungas; se ubica en las planicies aluviales de los conos de deyección, que se expanden al salir de las montañas. (3) Yunga verdadera: se ubica en las pendientes fuertes entre los 800 y 2000 msnm. En este piso se encuentra la zona tradicional más antigua del cultivo de la coca, en los valles entre montañas subtropicales, desde el punto de vista térmico. En los valles altos muy húmedos crece naturalmente la coca, cuyo óptimo de crecimiento coincide con la quina (*Chinchona*) y está un poco más arriba del intervalo óptimo para el cacao.

- Medio Yungas: corresponde a las selvas de neblina y se extiende desde 2000 a los 3000 m. En Colombia se cultiva la coca colombiana (*E. novogranatense var novogranatense*) en este piso térmico, a veces protegida de las bajas temperaturas bajo palto (*Persea*) o con cercos de piedra (pircas).
- Ceja de montaña o ceja de selva. Se extiende entre los 3000 y los 3500-3900 m, según la exposición. Su límite superior coincide con el límite inferior de la caída de nieve.

Algunos atributos de los Andes están vinculados a los paisajes donde se cultiva hoy la coca. Es decir, en los accidentados paisajes de los yungas (valle del Huallaga, Perú) y en las colinas y planicies aluviales (Chapare, Bolivia) los atributos son:

- Cambios profundos de ecozonas a muy corta distancia. Se produce una organización vertical en pisos que, en los faldeos orientales de los Andes centrales, van de la selva pluvial superhúmeda en los piedemontes, con exposiciones que reciben hasta 5000 mm por año y 6000 si se agrega el efecto de la neblina, hasta paisajes de tundra de montaña y finalmente nieve en la altura.
- Los pisos verticales se reflejan en variaciones muy fuertes en clima, suelo, vegetación y uso de la tierra.
- El mayor desarrollo Este-Oeste del macizo ocurre entre los 15 y 20 grados de latitud Sur (más de 700 km), donde el sistema andino hace un codo hacia el NO. Allí están también las mayores altitudes medias y, en las selvas de yungas y más abajo en la selva basal, aparecen la quina, la coca y el cacao como componentes naturales del sotobosque.

- La juventud de la montaña andina coincide con suelos inmaduros generalmente indiferenciados. Los cultivos de coca se hacen sobre suelos castaños forestales (brown forest soils), litosoles y suelos aluviales de textura gruesa (Kalpage, 1976).
- Las áreas cocaleras, al igual que todo el macizo, están sujetas a catástrofes derivadas de su ubicación en el borde de una placa tectónica y su inestabilidad, que se refleja en movimientos en masa, avalanchas e inundaciones durante y después de los temblores.

En los distintos tipos de selva la arquitectura de los árboles cambia; sus troncos se hacen más delgados y las copas se achican. La altura total del bosque disminuye y aumenta la cantidad de lianas y epífitas (Ellenberg, 1964). Los organismos altamente sensibles a la falta de humedad como los helechos sin epidermis (Hymenofilaceas) se concentran en la selva de neblina, donde se apoya la máxima formación de nubes. El límite superior de la ceja de montaña está dado por los bosques bajos en climas más secos y fríos, menos ventajosos para el crecimiento arbóreo. El límite superior del bosque coincide con el piso altitudinal en el cual todas las noches hay heladas.

En la montaña tropical no hay alternancia de invierno y verano, pero hay una amplitud térmica diaria marcada. Según Ellenberg (1964) el clima más parecido al templado aparece en el piso ubicado encima de la faja de nubes. Allí alternan estaciones secas y lluviosas; las temperaturas se corresponden con las de la región circunmediterránea y la vegetación es de arbustos siempreverdes esclerófilos como en el Mediterráneo. Según este autor, en los ambiente húmedos a esas alturas, los arbustos han reemplazado a los bosques de Queñua (*Polylepis*) y Kojlle (*Buddleya*), que fueron devastados para la explotación de las minas de minerales nobles ubicadas casi siempre por encima del límite de los bosques, como las de Potosí y Cerro Pasco (vigas para apuntalar túneles, cumbreras y horcones para la casa del minero y combustible); por pastoreo y por incendio para manejar los pastizales de las pampas ubicadas arriba de los bosques.

El desarrollo urbano rural de la cultura incaica se realizó en ecosistemas de bosque (Cajamarca, Machu Pichu), en ecotonos de pastizal de altura (Cuzco, Valle de Los Reyes), por encima de los 2000 msnm; es decir, en el piso altitudinal superior al del óptimo del cultivo de coca y de la distribución natural de *Erythroxylum coca var coca* (Plowman, 1986).

Obviamente, las condiciones de vida óptima para cada especie nativa, para los cultivos y para distintas actividades humanas, se presentan a distinta altitud. El patrón de uso de la tierra se vincula con la variedad de oferta de recursos a distancias verticales muy cortas. No hay ninguna faja o ecozona que produzca todos los alimentos y productos esenciales para la vida en la montaña. A cierta altitud, por encima de los 3000-3500 m vivir y trabajar es una dura aventura cotidiana y *coquear* es una estrategia para mitigar los efectos de la altitud, la fatiga y el hambre; sin embargo, la coca se produce 2000 m más abajo. El intervalo óptimo altitudinal de la coca (1000-2000 msnm) coincide con el del café y con el de marihuana. A la inversa, en la selva baja y en la selva alta, la cría de vacunos es aleatoria; esta se realiza sin problemas sanitarios mayores en las ecozonas más altas. En las ecozonas más altas, donde la agricultura es difícil por las heladas nocturnas diarias, la ganadería es central y falta alimento energético o es insuficiente. El resultado es que entre ecozonas verticalmente muy cercanas se cambia carne seca y salada (charqui) por alimento rico en calorías (Murra, 1972). Si ese intercambio se degrada por devaluación del precio de la carne, como ocurrió en Bolivia en la sequía de 1982-83, los pastores se ven obligados a migrar a otras ecozonas. El patrón de uso vertical de la preconquista permitía el acceso a los recursos de distintas ecozonas por un sistema de propiedad comunitaria (ayllu), con parcelas de tierra ubicadas en diferentes pisos. Este modelo de uso de la tierra en más de un piso es un sistema de *complementariedad ecológica* y explica el lugar único que ocuparon los logros andinos en el repertorio de las historias de la humanidad (Murra, 1986).

Para nuestro análisis el piso de vegetación más importante para el cultivo de la coca, aunque de ninguna manera el único, es el de las (o los) yungas, llamado también montaña. Desde los viajes de Humboldt se la llama, convencionalmente, tierra templada.

En el reino biogeográfico tropical, la provincia de las yungas está dentro del Dominio Amazónico; es decir, su linaje florístico y faunístico corresponde a las selvas del trópico húmedo de Sudamérica (Cabrera y Willink, 1973).

Las yungas constituyen una faja angosta de selvas muy húmedas que se extienden desde

Venezuela al Sur de Tucumán. Según la latitud y el movimiento de las masas de aire cargadas de humedad, su límite inferior oscila entre los 500 msnm (Argentina) y 800 m (Bolivia y Perú). Lluève siempre más de 1500 mm en Argentina y hasta 5000 mm en Bolivia. Las medias van entre 2000 y 4000 mm anuales. Localmente la lluvia puede llegar a 6000 mm (sumando las neblinas). La temperatura media oscila entre 22 °C (Bolivia); 24,4 °C (Ecuador) y 16-21°C (Argentina).

#### 4. Ecología del bosque

La coca se cultiva en las tierras más frágiles, no aptas para la producción agrícola. En las zonas de montaña las tierras preferidas cumplen 3 condiciones: 1) las pendientes son superiores a 45 grados, lo cual implica alta escorrentía; 2) los suelos franco-arcillosos, bien drenados; 3) tierras recientemente limpiadas (tumba, roza y quema); esto es, en suelos ricos y sin la competencia de las malezas.

La pregunta que nos hacemos es cuál es la verdadera importancia del bosque? ¿qué fundamentos justifican su conservación o no frente a las necesidades de la sociedad? En el marco conceptual que define recurso natural como todo bien natural que presta, real o potencialmente, un servicio directo o indirecto a la sociedad humana, buscamos la respuesta en el estudio de las funciones ecológicas del bosque. Este ecosistema no sólo provee bienes tales como la madera, leña, frutos, forraje, productos químicos para farmacia e industria, fibras, aceites; sino también servicios como protección de cuencas, protección del suelo, recreación, turismo, control climático y del régimen hidrológico, recursos genéticos.

Existen tres aspectos del ecosistema natural bosque tropical que discutiremos: la arquitectura de la vegetación y la biodiversidad; las relaciones suelo-vegetación; y la sucesión secundaria.

##### 4.1 Arquitectura de la vegetación

Parte importante de las funciones y servicios del bosque son atribuibles a la arquitectura de la comunidad vegetal. La manifestación más conspicua de ella es la estratificación de los vegetales. Los bosques tropicales tienen dos e tres estratos arbóreos. En general, el estrato medio de 15 a 20 m de altura, forma un dosel cerrado; el estrato superior, hasta 40 m está formado por árboles emergentes dispersos y el inferior, de 5 a 10 m es abierto y con tiene árboles jóvenes y arbustos. El sotobosque contiene herbáceas umbrófilas, helechos, musgos. Hay abundantes liana y epífitas. La estratificación no siempre es clara, especialmente en los bosques montanos, los estratos se entremezclan y los claros horizontales son difíciles de percibir (Fig.1).

A modo de ejemplo se muestra la representación del perfil del bosque nublado de Rancho Grande, Venezuela (Vareschi, 1986). La transecta (unidad de muestro alargada) tiene 70 m de largo y se ubica a 950 msnm. Tiene dos estratos arbóreos y uno de arbustos. El inferior, de hierbas altas, arbustos y palmas enanas, llega a los 10 m, pero el follaje se extiende desde 1 a 10 m. El superior, con las copas entre los 10 y 20 m, está separado del inferior, es denso. Por encima hay una capa de árboles de más de 20 m, pero de baja densidad. Hay algunos emergentes, muy aislados de más de 40 m (no se muestran en la transecta). La riqueza específica es muy alta; la mayoría de las especies aparece una sola vez en la transecta. Hay gran abundancia de epífitas (Fig. 1a). Sobre los árboles más expuestos crecen las epífitas xerófitas (líquenes, musgos, cactáceas, orquídeas, piperáceas y bromeliáceas). En los estratos inferiores crecen epífitas umbrófilas. Hay tantas epífitas en las horquetas de los árboles altos que forman una cubierta y un sustrato donde crecen otras herbáceas. Abundan los árboles con raíces fúlcreas o de sostén, zancos o tableras. Hay muchas trepadoras que desarrollan follaje en el estrato arbóreo superior. En el estrato arbustivo las especies aparecen en manchones monoespecíficos y, periódicamente hay manchones de plántulas de los árboles de mayor porte.

En la representación de la distribución del follaje en el perfil (cobertura del follaje, expresado en % de suelo cubierto por la proyección de las copas) se notan las diferencias entre los bosques tropicales y una plantación de árboles de *Picea excelsa* en los Alpes (curva A). Los abetos son de la misma edad y forman un dosel cerrado entre los 8 y 20 m de altura. Luego hay un estrato arbustivo bajo, de 1 m y un piso de musgos formando una alfombra de pocos cm de espesor. Este patrón de distribución del follaje permanece homogéneo en toda la extensión de la plantación. Las curvas B, C y D fueron construidas a partir de los datos en tres sitios distintos de la selva nublada de Rancho Grande, mostrando que en este

caso hay heterogeneidad espacial. Cada curva representa una etapa de desarrollo distinta del bosque (Fig. 1b).

La irregularidad de la cobertura de las copas y de su altura hace que exista buena iluminación dentro del bosque, por manchones y por momentos. Sólo el sotobosque sombrea el piso. La disposición del follaje en estratos origina una variedad de microclimas y gradientes verticales de todas las variables climáticas (Fig. 2). La disminución lineal de la iluminación relativa entre los 30 y los 10 m de altura muestra que la densidad foliar (superficie de una cara de la hoja/volumen de espacio) es homogénea en esa parte del perfil, a pesar de la estratificación de las copas. Al nivel del suelo la iluminación es sólo 0.3 -0.4% de aquella por encima del follaje, y a la altura del pecho es inferior a 0.5% (Kira, 1978) (Fig. 2a). En el intervalo entre 10 y 30 m de altura, la velocidad del viento ( $u$ ) y la concentración de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) muestran máximos locales (Fig. 2b). En la parte superior de esta capa abundan las epífitas. La capa de 30 a 35 m comprende la mitad inferior del estrato superior de árboles; se produce un mínimo de  $u$ ; la concentración de  $CO_2$  es mínima a los 35 m debido a la fotosíntesis. La capa de 35 a 40 m corresponde a la mitad superior del dosel. Existe un flujo vertical de  $CO_2$  entre las capas (flechas verticales) y, en la capa de 10-30 m también hay provisión lateral desde fuera del bosque (flecha horizontal). En la capa superior, se produce un flujo de  $CO_2$  desde la atmósfera por encima del bosque. A nivel del suelo la concentración de  $CO_2$  aumenta por la respiración de los organismos del suelo y el flujo de  $CO_2$  hacia arriba se produce de día y de noche (Allen y Lemon, 1976). A modo de comparación se muestra la distribución vertical de la iluminación relativa ( $I$ ) y de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en un bosque siempreverde de robles y en un bosque tropical. (a) =  $I$  en robledal; (b) =  $I$  en un bosque tropical; (c) = PAR en bosque tropical.  $L$  = densidad de área foliar en el bosque tropical (Kira, 1975).

La estratificación vertical del bosque con los gradientes microambientales resultantes, tiene como consecuencia la multiplicación de los nichos ecológicos, dando posibilidades de convivencia de muchas especies que coexisten con un mínimo de competencia. Por lo tanto, la compleja arquitectura de los bosques tropicales y subtropicales va acompañada de una gran biodiversidad (Tabla 2). Localmente, se encuentran hasta 300 especies de árboles por hectárea en algunos de los bosques de yungas peruanos.

Uno de los puntos más intrigantes de las selvas tropicales y subtropicales es cómo se explica tan gran diversidad. Los resultados de los estudios de evolución de ecosistemas forestales tropicales muestran particularidades tales como: 1) adaptación al ambiente físico y biótico altamente especializada; aún cuando la ocupación de un microhábitat por una de varias especies alternativas es aleatoria; 2) Eficiencia limitada en la dispersión de los frutos, produciéndose distribuciones contagiosas de los individuos dentro de su hábitat e incapacidad de cruzar las barreras a la dispersión, excepto las más angostas; 3) Sistema de polinización no especializado usualmente autógamo (polinización con polen de la misma flor), pero con suficiente grado de cruzamientos entre individuos del mismo grupo, y en menor grado, entre grupos de la población, como para permitir el intercambio de genes de la población de un hábitat continuo; 4) diferenciación alopátrica (en áreas separadas) entre poblaciones en respuesta a presiones selectivas diferenciales; 5) rareza de poblaciones híbridas; 6) gran constancia morfológica dentro de los taxones aún cuando existe una distribución disjunta amplia; las variaciones clinales son raras (clina: series de formas emparentadas en las que algunos caracteres varían gradualmente); 7) ciclos de vida largos, combinados con un número cromosómico bajo pero muy constante. Todo esto apunta a un sistema particularmente adecuado para la especiación (proceso por el cual se originan especies nuevas).

La complejidad estructural y florística de los bosques tropicales se ha explicado por:

- la estabilidad estacional y geológica del medio ha conducido a la selección por exclusión competitiva y, mediante el incremento de la especialización, a amplitudes ecológicas cada vez más angostas, conduciendo a ecosistemas integrados complejos de alta eficiencia productiva. A medida que incrementa la complejidad, aumenta la cantidad de nichos bióticos en los cuales puede ocurrir evolución, pero se hacen crecientemente más angostos.
- La gran antigüedad de estos ecosistemas. Por lo tanto, la evolución de los sistemas tropicales y subtropicales está determinada por los mismos factores que en otros ecosistemas; la diferencia está en el tiempo largo en que las condiciones favorables del medio han persistido y controlado a los estos factores y sus interrelaciones (Stern y Roche, 1974).

Tabla 2: riqueza especifica en diversos ecosistemas

| ECOSISTEMA              | PLANTAS VASCULARES spp/ha | ARBOLES spp/ha | MAMÍFEROS spp/500ha | QUIRÓPTEROS spp/500ha |
|-------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| Bosque pluvial tropical | 300 - 1000                | 200 - 800      | 100 - 160           | 50 - 70               |
| Bosque nublado tropical | 50 - 150                  | 20 - 80        | 100 - 150           | 50 - 70               |
| Savana tropical         | 50 - 150                  | 0 - 30         |                     |                       |
| Bosque deciduo templado | 10 - 50                   | 1 - 10         | 55 - 70             | 10 - 15               |
| Bosque de coníferas     | 5 - 20                    | 1 - 5          | 40 - 50             | 5                     |
| Semidesierto cálido     | 10 - 50                   | 0 - 10         | 50 - 80             | 15 - 20               |

Fuente: Sarmiento, 1984

#### 4.2 Relaciones suelo-vegetación en el bosque

Las relaciones suelo-vegetación son importantes en dos aspectos: la circulación de los nutrientes y la protección del suelo contra la erosión. En el bosque de yungas estos aspectos son importantes porque siendo el clima cálido y húmedo, los ritmos metabólicos son rápidos haciendo que los tiempos de recambio de los nutrientes sean cortos y que la mayor proporción de ellos se encuentre formando parte de la biomasa y no del suelo. Por otro lado, siendo las pendientes relativamente pronunciadas y las lluvias importantes, los suelos son muy susceptibles a la erosión.

Las plantas obtienen los nutrientes minerales esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, manganeso, cinc, molibdeno, boro, cloro y sodio) del suelo. Estos pasan a formar parte de la biomasa vegetal y vuelven al suelo en el detritus que se origina en la caída de hojas, ramas, frutos, excretas animales y cadáveres. La biomasa vegetal del bosque de yungas es muy grande, comparada con las de otras formaciones vegetales y la producción de mantillo, por lo tanto es también grande. Con él se aportan muchos nutrientes que quedan en el humus, son rápidamente mineralizados y reingresan a las plantas con celeridad. No hay muchos datos para las yungas, pero la tabla 3 se dan algunos valores que permiten hacer comparaciones entre tipos de bosques. Es necesario tener en cuenta que estos datos son sólo estimaciones, dadas las dificultades de medir nutrientes en las partes vivas de una masa vegetal tan vasta. Hay mucha más información para el mantillo, porque éste es más fácil de medir.

Otro factor a tener en cuenta es que hay una gran heterogeneidad en la naturaleza de los suelos. La idea de que en el bosque pluvial todo el capital de nutrientes se encuentra en la biomasa viva de las plantas o muerta del mantillo, mientras muy poca se encuentra en el suelo mineral está siendo revisada (Grubb, 1995). Esto depende de la edad del suelo. Los suelos muy antiguos son muy pobres y aquella afirmación es cierta; ellos se lixivian (lavan) con facilidad con el agua de las lluvias. Los suelos rejuvenecidos por aportes recientes de materiales provenientes de las tierras altas o de cenizas volcánicas no son tan pobres y una proporción importante de los nutrientes se encuentran mineralizados en los suelos. Estas diferencias, que puede producirse en espacios muy cortos, no se aprecian en la tabla, que incluye grandes promedios. Sin embargo, en todos los bosques de climas cálidos y húmedos una proporción importante de nutrientes se encuentra en la biomasa y, sin duda, los tiempos de recambio son más cortos que en otras formaciones vegetales.

Los bosques montanos incluyen una gran cantidad de tipos forestales, que responden tanto a diferencias del suelo, como de la temperatura, y de las precipitaciones. Cuanto mayor es la temperatura y la lluvia, mayor es la biomasa acumulada. Por ello, el intervalo de valores de la biomasa es muy amplio, de 170 a 690 ton/ha (Brown y Lugo, 1984); el valor de la tabla es un promedio general (Tabla 3).

Tabla 3: balance de biomasa y nutrientes en ecosistemas forestales

| TIPO DE BOSQUE            | PROCESO                   | COMPARTIMIENTO | Biomasa | N    | K    | Ca   | Mg   | P    |
|---------------------------|---------------------------|----------------|---------|------|------|------|------|------|
| TEMPLADO                  | ACUMULACIÓN               | Árboles        | 370     | 442  | 224  | 557  | 57   | 35   |
|                           |                           | Mantillo       | 15      | 377  | 53   | 205  | 28   | 25   |
|                           | PRODUCCIÓN                | Mantillo       | 9       | 61   | 42   | 68   | 11   | 4    |
| CADUCIFOLIO               | TIEMPO DE RECAMBIO (años) | Mantillo       | 1.7     | 6    | 1    | 3    | 3    | 6    |
| TEMPLADO DE CONÍFERAS     | ACUMULACIÓN               | Árboles        | 330     | 479  | 340  | 480  | 65   | 68   |
|                           |                           | Mantillo       | 35      | 474  | 118  | 343  | 83   | 98   |
|                           | PRODUCCIÓN                | Mantillo       | 5.5     | 37   | 26   | 37   | 6    | 4    |
|                           | TIEMPO DE RECAMBIO (años) | Mantillo       | 6.4     | 13   | 5    | 9    | 15   | 22   |
| TROPICAL PLUVIAL          | ACUMULACIÓN               | Árboles        | >500    |      |      |      |      |      |
|                           |                           | Mantillo       | 2       | 116  | 12   | 66   | -    | 3    |
|                           | PRODUCCIÓN                | Mantillo       | 25      | 120  | 99   | -    | -    | 8    |
| TROPICAL MONTANO          | TIEMPO DE RECAMBIO (años) | Mantillo       | < 1     | 1    | .1   | s.d. | s.d. | .4   |
|                           | ACUMULACIÓN               | Árboles        | 450     | 4    | 81   | 40   | 48   | 54   |
|                           |                           | Mantillo       | s.d.    | 54   | -    | 48   | -    | 2    |
|                           | PRODUCCIÓN                | Mantillo       | s.d.    | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |
| TIEMPO DE RECAMBIO (años) | Mantillo                  | s.d.           | s.d.    | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. |      |

Leyenda: La acumulación de biomasa incluye biomasa aérea y raíces y se expresa en ton/ha; la producción de biomasa se expresa en ton/ha/año. La acumulación y la producción de nutrientes se expresan en kg/ha y kg/ha/año, respectivamente. Los nutrientes encontrados en el mantillo provienen del flujo de nutrientes que circulan por el tronco con las lluvias, del lixiviado de las hojas y del detritus, que es el que contiene el mayor porcentaje del total. Las celdas vacías muestran la carencia de información cuantitativa.

Fuente: Cole y Rapp, 1981; Vitousek, 1984; Rodin y Basilevik, 1968; Grub, 1995

El mantillo acumulado sobre el suelo forma una alfombra en la cual se desarrollan masas importantes de raíces superficiales. Este felpudo de raíces llega a tener 30 cm de espesor y allí se desarrolla la mayor parte de la actividad de las raíces. En esa capa también crecen hongos micorrízicos (hongos asociados a las raíces), los cuales facilitan o aceleran el pasaje de algunos nutrientes, especialmente los fosfatos, desde el mantillo en descomposición hacia el interior de las raíces. Las micorrizas y la anastomosis entre raíces son dos mecanismos de adaptación al reciclaje eficiente y rápido de nutrientes.

Otras adaptaciones de las plantas del bosque que constituyen mecanismos de conservación o uso eficiente de los nutrientes son: la producción de altos niveles de alcaloides y polifenoles, que protegen contra la depredación; capacidad de crecimiento con bajos contenidos de P y altos de Al; la esclerofilia, esto es, hojas con tejidos endurecidos que dan al órgano una vida más larga, resistencia al lixiviado de nutrientes y facilidad de recirculación interna de los mismos. La esclerofilia tiene importancia también al nivel del mantillo porque las hojas duras hacen que éste permanezca abierto y aireado y que el contacto con el agua de lluvia sea breve, ya que el agua se infiltra por los poros y canales del mantillo

formados por las hojas esclerófilas.

Todas estas adaptaciones de las plantas y del ecosistema a las condiciones físico-bióticas en las que se desarrolló el sistema se lograron a través de una larga evolución en un ambiente relativamente constante. La información acumulada durante un largo período de tiempo geológico.

Otra particularidad importante en los suelos tropicales húmedos es su acidez. Como consecuencia de la presencia de aluminio en la roca madre, los suelos tienden a estar saturados de iones hidrógeno (H) y de aluminio (Al); son pobres en cationes; por lo tanto son ácidos. En este ambiente edáfico, la materia orgánica tiende a estar saturada de protones también y, actuando como un ácido, ataca los minerales del suelo. La materia orgánica ácida, además, es muy móvil y tiende a lixiviar arrastrando nutrientes minerales. La acidez también reduce la tasa de mineralización. El grado de acidez o pH del suelo es importante porque de él depende la disponibilidad de los nutrientes. Muchos compuestos precipitan a pH bajos (suelos ácidos), como el P, S, Ca, Mg, o a pH muy altos (suelos básicos), como el Fe, Zn, Cu, Mn. Esto hace que, aún cuando el contenido del elemento es alto en el suelo éste no esté disponible para las plantas por hallarse precipitado o fijado; el P es uno de los nutrientes limitantes del crecimiento en los suelos tropicales. La acidez del suelo, por lo tanto, contribuye a generar el ambiente edáfico oligotrófico (pobre en nutrientes) que caracteriza a muchos suelos tropicales.

En cuanto al papel del bosque como agente de protección contra la erosión, recordemos cómo se produce este fenómeno. En un suelo desnudo (sin cubierta vegetal), el impacto de la gota de lluvia fractura la superficie expuesta y desintegra los agregados que forman el suelo, esto es, se pierde la estructura del suelo. La estructura del suelo, o forma de agregación de las partículas que lo componen, es muy importante para el crecimiento de las plantas porque de ella depende la aireación y la circulación de agua en el suelo. Un suelo con estructura pobre es poco aireado, tiene poca o demasiada capacidad de infiltración y por lo tanto tiene baja capacidad de retención de agua. Los materiales finos separados de los agregados de suelo por impacto del agua, penetran en los pocos del suelo y contribuyen a la compactación del mismo, con la consiguiente disminución de la infiltración del agua y de la aireación. Parte de los materiales son arrastrados superficialmente y las superficies desnudas son excavadas por escurrimiento libre; aparecen surcos y cárcavas. Las consecuencias de la erosión se manifiestan a distancia porque los materiales que son arrastrados son depositados en los relieves bajos, producen la colmatación de lagunas y lechos de ríos, los cuales se desbordan; se producen avalanchas de lodo (huaycos) y tierra y se pierde la fertilidad. Este proceso es facilitado y acelerado por las pendientes fuertes y por las lluvias torrenciales o voluminosas. La pérdida de fertilidad puede ser muy importante para la posterior recuperación del bosque por sucesión secundaria; el fracaso de implantación de plantas en el claro frecuentemente está limitada más por la falta de nutrientes que por los movimientos de tierra (Dalling y Tanner, 1995).

El follaje amortigua el golpe porque, al impactar la gota sobre las hojas se descompone en gotitas más pequeñas que no tienen la suficiente fuerza como para romper los gránulos de suelo. Además, una parte de la lluvia que es interceptada por la vegetación escurre sobre el tronco y se deposita suavemente por lo cual no daña el suelo. Por otro lado, la alfombra de raíces y el mantillo impiden que las gotas impacten directamente sobre los agregados de suelo. Tanto el mantillo como la vegetación en pie detienen o reducen la escorrentía (efecto peine).

La importancia de la vegetación no se limita a la reducción de la erosión sino que es fundamental en las relaciones suelo-agua. La interceptación de la lluvia, su deslizamiento por el tronco, la lenta caída del agua desde las hojas, la presencia del mantillo poroso y de raíces, facilitan la infiltración de agua hacia el suelo, favorecen el flujo laminar sub-superficial, con lo cual se distribuye el agua lateralmente sin causar erosión y reducen la escorrentía superficial hacia los cursos de agua. En síntesis, la cubierta vegetal y el mantillo contribuyen al mantenimiento de un balance hídrico positivo en el suelo.

#### **4.3 La sucesión secundaria**

Una de las características importantes de los bosques tropicales y subtropicales es su capacidad de recuperación. Una vez producido un claro, inmediatamente se inicia la sucesión secundaria. El tiempo que tarda en cubrirse el claro y la secuencia de especies en la sucesión secundaria, dependen del tamaño del mismo, de la cercanía a fuentes de propágulos, de las características de la vegetación circundante, y de las condiciones microclimáticas y de la heterogeneidad topográfica en el claro. Toda

vez que se produce una abertura en el bosque, las condiciones microclimáticas cambian radicalmente porque incrementa la insolación, disminuye la humedad relativa y el suelo se deseca más rápidamente. Si el claro es producido por silvigénesis negativa (caída natural de árboles aislados) y es pequeño, inmediatamente se inicia un proceso de silvigénesis positiva. Esta puede consistir en el crecimiento lateral de las plantas que rodean el claro, entonces, las condiciones climáticas revierten al estado inicial al sombreado del espacio. Si el claro es más grande, es invadido por especies colonizadoras heliófitas, de crecimiento rápido. Sólo una vez que éstas han creado un microambiente sombrío comienzan a establecerse las especies típicas del bosque maduro.

Los procesos de silvigénesis permiten el rejuvenecimiento del bosque. Son parte integrante de la dinámica del sistema. La frecuencia de caída de árboles y la magnitud del daño (tamaño del claro) dependen de las condiciones topográficas, de la edad del bosque y de su arquitectura. En las pendientes fuertes, la caída natural de árboles es más frecuente y los claros son de mayor tamaño por el arrastre producido. La presencia de lianas encadenando los árboles entre sí favorece la formación de claros más grandes, porque la caída de un árbol produce el arrastre de varios vecinos. La exposición a vientos fuertes acelera la caída de árboles viejos e incrementa la frecuencia de los claros.

Las tierras desmontadas y los cultivos abandonados también son invadidos por plantas y en ellos se inicia un proceso de sucesión secundaria. Las primeras especies en establecerse (pioneras) son herbáceas heliófitas de crecimiento rápido. Dado el clima húmedo y cálido, sin estaciones de reposo de las plantas, la recuperación del bosque es relativamente rápida. Si bien el bosque maduro, con las especies típicas del bosque primario, puede tardar 200 años o más en recuperarse, a los 10-15 años el terreno está cubierto por un bosque secundario alto. El tiempo de recuperación depende del tamaño del desmonte, de la forma del fragmento desmontado, del clima y de la vegetación circundante. También afecta la tecnología usada para el desmonte. Muchas de las herbáceas colonizadoras provienen del banco de semillas del suelo, por lo tanto, cualquier labor que destruya este banco (fuego a muy alta temperatura, como el que se produciría si no se retiran los troncos) retrasa la colonización. Si las quemaduras son frecuentes, se deteriora la estructura del suelo y la recuperación es más lenta.

## 5. Paquetes tecnológicos asociados a los cultivos

El paquete tecnológico incluye las técnicas e instrumentos usados para las actividades estudiadas, desde la siembra hasta la recolección y mercadeo. Incluye el capital, la tierra, los insumos agrícolas y la comercialización. Las actividades que describiremos son: cultivos tradicional e industrial de la coca, erradicación y sustitución de los cocales.

### 5.1 Cultivo tradicional de la coca

El cultivo tradicional de la coca, realizado con el propósito de consumo local (cultivo de subsistencia), tiene sus raíces en la cultura incaica y se realiza con un paquete tecnológico de bajos insumos y es mano de obra intensivo. Comprende una serie de pasos: preparación de la tierra, recolección de semillas, tratamiento de las mismas para la siembra, preparación del almácigo y trasplante o siembra a campo, cuidado de las plántulas, manejo de la parcela, cosecha, secado, empaque, almacenamiento, distribución y comercialización de la hoja seca.

Los cultivos se hacen en laderas con pendientes pronunciadas, por lo tanto, la preparación de la tierra comprende el desmonte y la construcción de terrazas (terraceado). La limpieza del monte se hace por el procedimiento de tumba-roza-quema; esto es, se cortan los árboles y arbustos, se retiran los troncos grandes. El suelo se prepara rompiendo los terrones con azada de pico (picota), pala y un rastrillo de tres dientes (*waywa*). Se realiza cuando inician las lluvias, para que el suelo no esté tan duro; sin embargo, se interrumpe cuando el suelo está demasiado barroso. Se empieza de abajo y se avanza en franjas de una brazada (1.67 m) hacia arriba. Con la picota rompe la tierra. Con la *waywa* se pasa la tierra y se separan las piedras de más de 2.5 cm, que se dejan encima de la tierra revuelta. Las piedras formarán la base del *wachu* (escalón) y la tierra la *umacha* (cama para plantar). Luego se sacan las raíces y tocones y se queman. La tierra así preparada puede descansar hasta un año hasta se plantada y con la capa de piedras no crecen malezas, ni se produce erosión. Esta tarea, que se hace durante los días de sol, es muy dura y la realizan los hombres jóvenes.

Las terrazas se moldean al momento del trasplante o de la siembra (cuando no se transplanta).

El proceso se llama *plantada*. Es un trabajo duro que realizan los hombres, con ayuda de los niños. Se hace en los días de humedad, para que la tierra esté húmeda y los *wachu* queden parados y para que la plántula no se seque. Una persona hace 4 a 6 *wachu* por día; pero en una faena, una pareja de plantadores en competencia puede hacer hasta 20 *wachu* en el día. Los *wachu* se cierran a los lados para que no se produzca escorrentía que tape las plántulas de coca. Los *wachu* forman filas verticales (escalera), llamadas cortes. Si hay mucha piedra se hace *takana* (andenes de piedra). Los *wachu* son bien formados, rectos y siguen las curvas de nivel. En un cocal bien hecho las ramas se entrecruzan a través de los cortes. Una *tarea* tiene 6 cortes; un *corte* tiene entre 12 y 20 *wachus* (según la pendiente). Cuatro *tareas* hacen un *cato* y cuatro *catos* hacen una hectárea. Los cultivos son frecuentemente de 1 a 4 *catos*. Durante las lluvias, cuando el suelo está saturado de agua (enero a marzo) se trasplanta del almácigo a la parcela en escalón. Se hace por faena en Carnaval. Cuando están recién plantadas, sólo las puntas de las plantas sobresalen del *umacha*. El proceso se inicia en la base y se avanza hacia arriba. Mientras los hombres van formando los escalones, los niños van alcanzando las plántulas que retiran del almácigo al pie de la ladera.

El cultivo puede hacerse por siembra directa de la semilla a campo o por transplante. Con el transplante se adelanta el cultivo y se asegura el establecimiento del mismo. El almácigo se hace en suelo suelto y cernido. La semilla se siembra al boleó y, a la semana, cuando ha emergido la plantita se *alza la talta* (quincho bajo), con pequeñas estacas y largueros y techo de hojas de *chusi*, paja o hojas de plátano, para protegerlas del sol. El almácigo se cuida durante un año con esmero para que no se pudra (contaminación fúngica), ni se enmalezca. Las plántulas se pueden comprar; el precio depende de la calidad y es un insumo costoso; se requieren 3 a 4 *cabezas* por tarea y cada *cabeza* cuesta un cesto de hojas secas. Durante la época de plantada hay que cuidar muy bien los almácigos para prevenir los robos; que son muy frecuentes y se hacen para vender las plántulas.

Si bien se dice que el cultivo de la coca es fácil, de bajos insumo, y que crece sólo, son varias las tareas que se realizan y la calidad de la hoja depende del cuidado que se brinda a las plantas. Las labores que se realizan en los 40 años que puede durar la cosecha incluyen volteo del suelo, desmalezado, poda y reemplazo de plantas muertas. El desmalezado manual se realiza intensivamente durante el primer año. Se volteo la tierra, con lo cual se afloja, se airea y se desmaleza. También cuando llueve se *p'itara* para que las plantas no queden encharcadas y se pudran; esta técnica consiste en remover con palillos para facilitar la circulación de oxígeno. Una vez que las plantas de coca crecen y cubren el suelo, ya no se desmaleza porque aquellas compiten ventajosamente y no son eliminadas por otras especies. Sin embargo, inmediatamente después de cada cosecha se volteo la tierra y se desmaleza alrededor de cada planta. La poda se realiza cuando las plantas envejecen y las ramas se hacen largas, delgadas y producen hojas pequeñas. Se hace en los tres meses secos (Junio a Agosto). Se cortan las ramas y se deja un tocón puntiagudo, que rebrota. A los 9 - 12 meses se vuelve a cosechar. Las ramas cortadas se usan como leña. Una planta sana vive más de 40 años. En los espacios dejados por las plantas muertas se planta yuca o café. También hay cítricos que aparecen espontáneamente y no se sacan al desmalezar. También aparece el *sikili* (árbol clave de las Yungas). A los varios años el cocal se vuelve huerto o se limpia para empezar un nuevo cocal. Los arbustos viejos de coca (abuelos) no se sacan; fueron plantados por los parientes que ahora son abuelos.

La cosecha es una tarea realizada por mujeres, los *wasas* y los adolescentes; también participan los solterones, los viudos y los viejos. La primera cosecha se hace a partir de año pero es mejor esperar hasta los dos años del transplante, para obtener mejor calidad de hoja. El único instrumento para la cosecha es la *mit'iña*, tela cuadrada, atada a la cintura, donde se ponen las hojas. Empezando desde el pie del arbusto, cada hoja se toma entre el pulgar y el dedo medio y se separa de a una con cuidado de no romper las yemas axilares (ojos). Cada cocal da tres o cuatro cosechas o *m'ita* al año y cada familia tiene varios cocales, que se cosechan en distintos momentos. Se sacan todas las hojas, dejando pelado al arbusto, excepto algunas hojas inmaduras. La planta brota dando agujas, que luego se expanden y forman las hojas amarillentas. Luego se van oscureciendo. Cuando están maduras (se reconoce por el grosor) aparece una nueva brotación de hojas entremezcladas con las maduras. Es preferible cosechar antes de la nueva brotación. Si la hoja se pasa de madura, se dificulta la cosecha porque el pecíolo se endurece y aparecen motitas de color café, luego se vuelven marrones y caen. Cuando la hoja se cosecha pasada, las yemas axilares se desprenden con el pecíolo. Las hojas inmaduras y las senescentes no tienen buen sabor.

Las hojas se secan al sol. Se tapa con plástico cuando llueve y se saca cuando sale el sol. Mientras se cosechan las hojas se mantienen a la sombra y se airean, dándolas vuelta. A la noche se

desparraman en el piso de tierra en la parte baja de la casa. A la mañana bien temprano, las hojas verdes se desparraman el *kachi* (piso enlozado amurallado). Las hojas se revuelven con una escoba de arbusto. El secado es importante porque de él depende el color, y del color depende el precio. El secado dura dos o tres horas al sol. En Bolivia se secan al sol sobre una tela en el piso de tierra; no hay una construcción especial para este propósito.

Las hojas ya secas se ponen en una saca grande y se guardan en los altos de la casa, para consumo de la familia. Para la venta en el mercado se las humedece un poco y se prensan. Ya no se usan prensas, que hacían un paquete cuadrado, porque se incluían piedra o tierra para incrementar el volumen. El secado de las hojas también está a cargo de la mujer. La coca humedecida y prensada dura algún tiempo en los pisos altitudinales superiores, donde hay menos humedad ambiental y temperatura más baja; pero debe consumirse rápido en la zona de yungas. Los contratos de venta también los hace la mujer.

La planta de coca florece en los meses secos y se carga de frutos rojos en noviembre - diciembre. Las semillas para sembrar se sacan de plantas de varios años, ya podadas. Los frutos se recogen, se llevan a los bajos de la casa y se tienden durante una o dos semanas hasta que se pudren. La mujer prepara las semillas de este modo mientras el hombre prepara el almácigo, donde se siembra el fruto podrido, tapándolo con hojas de helecho.

Existen variantes en este paquete tecnológico. Cuando no se hace el cultivo a partir de plantines, se usa un punzón de siembra para introducir la semilla en el suelo, después de formada la terraza. En Bolivia, se hacían trincheras de 25 cm de ancho por 30 cm de longitud y 80 cm de profundidad. Entre trincheras se dejaban 60 cm, y entre hileras de trincheras había 10 cm. En terrenos de menor pendiente, las semillas se siembran en hoyos. Antes de sembrar la coca se plantaban otras especies (yuca, Pituca o maíz) para sombrear las plantas de coca. Este método se sigue usando y disminuye la erosión inicial. Parece que era común sembrar la coca a la sombra del pacay blanco o negro (*Inga sp.*), en hileras paralelas alternadas (tresbolillo). Se sembraba en terrenos planos y se regaba.

No se han descrito los aspectos culturales del cultivo tradicional de coca, que incluyen el ritual asociado, los trabajos hechos a *vencerse* (en competencia) para la plantada; las comilonas y borracheras en ocasión del nacimiento de un cocal; los trueques de alimento, hoja de coca o bebidas por trabajo; la importancia de las conversaciones entre mujeres durante la cosecha y lo ofensivo de la competencia en esta labor; etc. Entre los aspectos más interesantes, que ayudan a explicar la asociación naturaleza-sociedad en los cocales están: los ciclos de vida de la familia y del cocal están entrelazados; la calidad de las hojas de coca es reflejo de la calidad de la familia y existe un gran orgullo por la coca producida; la coca encarna a un ser femenino; cuando está seca es un ancestro y si es *matu* (verde) se pudre y da tristeza, igual que un muerto fresco. El *matu*, tal como el cadáver, se guarda en los bajos de la casa y la hoja seca, al igual que el ancestro desecado, pasa al dormitorio.

## 5.2 El cultivo industrial

El cultivo industrial se inicia con el auge del uso de la coca como psicotrópico en USA y, más adelante, con la producción de cocaína. En esta modalidad el paquete tecnológico sigue siendo mano de obra intensiva, pero aumenta la cantidad de capital aplicado. Difícilmente se hagan terrazas o *takanas*. Se usan las ya construidas o se siembra en los valles y terrazas planas bien drenadas (Chapare y Huallaga). Se hace siembra directa en pequeños huecos, a 1 planta por hueco, en el sentido de la pendiente. El manejo se reduce al volteo y desmalezado, con pala y azada, con la misma frecuencia que en el cultivo tradicional. A los 10 - 15 años, cuando comienza a disminuir el rendimiento se abandona el cultivo.

En los cultivos industriales se usan plaguicidas (herbicidas, pesticidas y fungicidas) y fertilizantes. Frecuentemente se usan sobredosis (igual que en la Argentina para muchos cultivos). Muchos de los plaguicidas son a base de clorofenoxiacetatos (igual que aquí). Algunas mezclas se asemejan al Agente Naranja. Todos los agroquímicos pueden potencialmente aparecer en la cocaína.

Como en el caso del cultivo tradicional, en el industrial hay muchas variantes. Rodríguez (1996) describe una rotación de 42 años de un policultivo que incluye 20 años de cocal. La rotación se inicia con el desmonte de bosque secundario; 1 a 2 años de arroz de secano; 1 a 2 años de maíz y yuca asociadas; coca transplantada usando el primer año la yuca como media sombra; plantación de cítricos

en el cocal de 5 años alternando espacialmente coca y cítrico; cosecha de coca y cítricos comenzando a los 15-17 años con cítricos de 10-12 años; cuando el cocal tiene 20 años se elimina las plantas de coca y la parcela sigue funcionando con cultivo de cítricos unos 25 años más. En este sistema no hay erosión en cárcavas, se usa abono verde, hay un excelente mantillo producto de carpidas periódicas y no se usan fertilizantes químicos. Se reconocen dos plagas importantes y para una de ellas se usan insecticidas con cierta frecuencia. Se rescatan los siguientes aspectos sustentables del sistema: no se usan fertilizantes inorgánicos; siempre hay cobertura vegetal viva o muerta; se usa abono verde; hay rotaciones muy largas de anuales, bianuales, arbustos perennes y árboles; el desmalezado es manual y no habiendo labores mecanizadas la compactación del suelo es nula, la capacidad de infiltración no disminuye y no aumentan los riesgos de erosión.

En el cultivo industrial la cosecha es realizada por hombre y se hace tipo ordeño, pasando la mano cerrada sobre la rama, se arrancan todas las hojas. Este tipo de actividad incluye en algunos casos, la elaboración de la pasta de cocaína también en el campo. Se requieren 60 toneladas de hojas secas para producir 1 ton de pasta. Para procesar 60 ton de hojas secas se usan: 8900 litros de kerosene; 5000 litros de ácido sulfúrico; 2,5 kg de carbonato de calcio; 0,5 ton de carbide; 2,5 ton papel higiénico; 1000 litros de acetona; 1000 de litros de tolueno.

### **5.3 Erradicación de los cultivos de coca**

La erradicación de los cultivos se efectúa por tala a hacha y quema del cultivo, en el mejor de los casos. También se logra con la aplicación de herbicidas defoliantes. Como resultado de la quema queda la parcela descubierta, al igual que cuando se desmonta para instalar un cultivo, pero no se siembra, de modo que el suelo queda desprotegido hasta que es invadido por el bosque secundario.

Cuando en el sitio hay un "laboratorio" de producción de pasta, la erradicación incluye su desmantelamiento. En este caso, las alternativas son o bien el incendio de los productos químicos inflamables o su derrame en los cursos de agua.

Los herbicidas defoliantes actúan por contacto y se aplican desde el aire. No son específicos para la coca, por lo tanto matan todas las especies que son rociadas, tanto las malezas del cultivo como porciones del bosque que rodea el cultivo.

Más recientemente, se aplican estrategias de control biológico, dispersando hongos que atacan a las plantas. No existen estudios que comprueben que estos ataques fúngicos son inocuos para otras especies vegetales o animales, incluyendo los seres humanos.

### **5.4 Sustitución del cultivos**

El paquete tecnológico depende del tipo de cultivo (anual o perenne). En todos los casos incluye la limpieza del terreno, tal como se hace para la coca. Los cultivos sustitutos no se siembran en terrenos en pendiente y aparentemente no se ubican en las mismas parcelas en que estaba la coca. Esto implicaría que toda sustitución va acompañada de una erradicación.

La preparación del terrenos depende del cultivo; pero es mayormente manual. La instalación del cultivo es por siembra o transplante. Se usan fertilizantes y plaguicidas. La cosecha es manual.

Un requerimiento extra es el de carreteras y un transporte rápido ya que la mayoría de los cultivos son perecederos. En el caso del te, el secado se hace en hornos alimentados a leña que se obtiene localmente, de los bosques aledaños.

## **6. Efectos ecológicos del cultivo de coca**

### **6.1 Deforestación**

La producción de hojas de coca requiere la deforestación, al igual que todo otro cultivo. Cuando se deforesta, no sólo se pierde información genética presente, sino que se destruye la posibilidad de especiaciones futuras. Se producen extinciones locales y se reduce la biodiversidad; se pierde información acumulada en las relaciones entre especies (dispersores de propágulos, polinizadores). Se

modifica los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos (de nutrientes) y se deja suelo expuesto a la erosión. Otros impactos importantes son la pérdida de hábitat para fauna; la desprotección de las cuencas y el desaprovechamiento de recursos: madera, energía, flora, fauna. La función de las yungas en la protección de cuencas es importante porque allí se encuentran las nacientes o los tramos superiores de los ríos de la cuenca amazónica y del Plata.

Si la deforestación va acompañada de incendios, se pierde gran cantidad de nutrientes. Con la primera quema se pierde el 25% del C y N por volatilización. Las cenizas que quedan en la superficie del suelo contienen los cationes que no se volatilizan pero se van perdiendo lentamente por los procesos de lixiviación<sup>1</sup>; escorrentía<sup>2</sup>; consumo (nutrientes entran a las plantas por las raíces) y exportación (toda vez que se realiza una cosecha, los nutrientes que entraron a las plantas desde el suelo y se acumularon en los órganos cosechados, se pierden del sistema). Como no hay aporte de nutrientes al suelo ni por el mantillo, ni por el lixiviado de las hojas ni por escurrimiento por el tronco, a los 3 o 4 años, la fertilidad del suelo queda agotada, si no se hacen aporte de fertilizantes, según el cultivo que se siembre.

Los daños causados por la deforestación dependen de varios factores: tamaño del claro producido, tiempo en que el suelo permanece desnudo, condiciones climáticas, momento en que se produce el desmonte, tipo de vegetación circundante, tecnología usada para el desmonte, frecuencia de deforestación y tipo de conversión. En el punto sobre sucesión, se trataron estos factores. Si el terreno es sembrado después de la deforestación, se reduce el riesgo de erosión; si es abandonado inmediatamente y hay fuentes de propágulos cercanas, se inicia de inmediato la sucesión y también se reduce el riesgo de erosión. Si se desmonta frecuentemente, la recuperación de la cubierta vegetal se hace más difícil, no sólo se agotan los nutrientes del suelo sino que se altera su estructura.

La recuperación de la fertilidad del suelo también depende del tamaño de la parcela. Si la parcela es pequeña (< 1 ha) el nivel de nutrientes se recupera con la recuperación de la vegetación, para lo cual se requiere un período de descanso adecuado (entre 10 y 100 años). En esto se basa el éxito de la agricultura migratoria. Si el período de descanso no es suficientemente largo (depende de las variables físicas, del tamaño de la parcela, de la vegetación circundante), se produce una regresión hacia matorral o sabana de guayabo (*Psidium* sp) y pastos africanos invasores (*Pennisetum* sp).

Puede verse que el efecto de la deforestación no depende del cultivo que reemplace al bosque, sino de otras condiciones del sistema en relación a las técnicas de manejo. Existe un gran interés en conocer los valores de las superficies deforestadas porque cuanto más grande es ésta, más difícil es la recuperación del bosque y los recursos asociados. En todo programa de desarrollo, las superficies deforestadas incluyen las parcelas convertidas a cultivo, las parcelas agotadas y abandonadas; las carreteras de acceso y las tierras ocupadas por infraestructura de servicios. El cultivo tradicional de la coca no se hace en grandes extensiones; sino en microparcels. Además, como la coca es un cultivo de bajos requerimientos nutritivos, las plantas viven hasta 40 años y siguen produciendo, aunque poco, lo suficiente para el consumo de los mayores de la familia. El cultivo no se abandona, sino que se convierte en huerta y luego en bosque secundario. Este sistema no implica un gran impacto de deforestación.

En el caso de los cultivos industriales de coca, las superficies deforestadas incluyen (Alto Huallagas): 1) plantaciones de coca (más de 200 000 ha); 2) parcelas de cultivos de subsistencia de los productores de coca; 3) tierras agotadas abandonadas por los cultivadores; 4) tierras ocupadas por los cultivadores desplazados por represión policial; 5) tierras ocupadas por los campesinos corridos por los narcos y terroristas; 6) pistas de aterrizaje, campamentos y laboratorios (Dourojeanni, s/f). Se afirma que en Perú, la actividad agropecuaria intensa, especialmente en la Selva Alta, es responsable de 21.5 millones de ha deforestadas: 14 millones antes del siglo XX y 7.5 millones en lo que va de este siglo y que el cultivo de la coca es responsable de un 10% de la deforestación total acumulada en este siglo (750.000 ha) (Ruiz Murrieta, 1993). Este dato es usado por muchos autores como ejemplo del daño causado por la coca; sin embargo, hay otro 90% de deforestación que no es atribuible a este cultivo. De las 615375 ha deforestadas en la región de Huallaga Central-Río Mayo (71% de la superficie total), 21% está bajo cultivo y 79% son *shapumbales* (helechos) (Ruiz Murrieta, 1993). No podemos asegurar que los *shapumbales* sean tierras degradadas o un estadio temprano en la sucesión secundaria. No existen datos confiables sobre tasa de deforestación, en parte por lo dificultoso de la medición y en parte por los intereses en exagerar o esconder las cifras.

<sup>1</sup> lavado: las sales son arrastradas por el agua de lluvia y penetran las capas profundas del suelo, donde las raíces no llegan

<sup>2</sup> nutrientes arrastrados con las aguas de lluvia hacia los cursos de agua

Los modelos de fincas familiares del Chapare muestran una enorme diversificación de cultivos en superficies muy pequeñas (Blanes, 1983). Por ejemplo, una finca de 7,82 ha tiene 8 cultivos distintos en diferentes parcelas: caña de azúcar, cítricos, plátano, coca, yuca, arroz, yuca y coca, yuca y naranja. Otra de 6,8 ha tiene pasturas implantadas (yaraguá), coca, maíz, maíz y coca, arroz, yuca y coca, cítrico y coca y naranja. Todas las fincas tienen lotes o potreros con fragmentos de bosque secundario o "chume". En el Chapare, sumando bajiales (depresiones anegadizas vecinas a los arroyos), y bosque secundario, la superficie de tierra efectivamente cultivada más la ocupada por sendero y casa, raramente supera el 55% del total de la propiedad familiar.

Es de suponer que la erradicación del cultivo de coca no mejora el problema de la deforestación. La eliminación del cultivo deja el suelo más desnudo que con el cultivo. Si se quema, el suelo queda expuesto a la lluvia con la consiguiente erosión y lavado de nutrientes. Si se aplican herbicidas defoliantes, la parcela se agranda, porque muere parte de la vegetación que bordea al cultivo. Si la aplicación de herbicida es aérea el resultado es catastrófico, a la deriva de las gotas se suma el hecho de que los picos no se cierran al pasar de un cocal a otro y el herbicida es esparcido en tierras que no tienen cultivo de coca. Por otro lado, los cocaleros no desaparecen regionalmente, sino que el campesino cocalero se adentra en el bosque, causando más deforestación, incluso en áreas forestales protegidas.

La sustitución de cultivos tampoco mejora el problema de la deforestación. La coca, como ya se dijo, crece en los suelos más pobres y frágiles. Los cultivos sustitutos no son ubicados en las parcelas donde había coca, de modo que debe haber deforestación para su instalación. A esto cabe agregar dos elementos: 1) la sustitución se ha hecho sin un estudio previo de suelos y de evaluación de impacto ambiental; se han instalado cultivos en suelos que no son los más adecuados ni para el cultivo ni para prevenir la pérdida del recurso bosque; también se desconoce cuáles son los mejores cultivos para estas zonas. 2) Los planes de sustitución no eliminan la producción de coca, sino que, al igual que en el caso anterior, el cultivo de la coca se traslada a otros sitios con más deforestación.

Algunas de las alternativas propuestas para la coca han resultado fatales, como el caso del cultivo de té, ya que el secado del té se hace en hornos que se alimentan con leña que debe ser extraída de los bosques, agregando un impacto más al sistema. Idéntica situación se da con los planes de desarrollo alternativo tal como se ejecutan al presente porque las obras de infraestructura también requieren la deforestación.

## 6.2 Erosión

Se afirma que el cultivo de coca es el causante de la erosión del suelo. Por lo que ya hemos visto, la tasa de erosión se relaciona con el manejo del suelo más que con el cultivo. El paquete tecnológico tradicional, que incluye la construcción de andenes o terrazas o la siembra en hoyos, estabiliza el sistema, al eliminar el riesgo de pérdida del suelo por arrastre con las lluvias. El cultivo industrial es quizá más riesgoso, porque el objetivo es el enriquecimiento rápido y no hay un interés en conservar el soporte físico-ecológico; esto es también lo que ocurre en otras regiones, incluyendo la pampa ondulada argentina productora de cereales y oleaginosas para exportación. Se ha calculado que por el cultivo de coca se pierden 300 TM/ha/año de suelo. Para comparar: en la pampa ondulada, con una pendiente de 0-4% se pierden de 25 a 71 ton/ha/año bajo agricultura continua. Según datos de la OEA (1987), el cultivo en ladera tropical húmeda recién desbrozada puede producir una tasa anual de 600 a 1200 ton/ha mientras que el bosque virgen en igual pendiente y unidad de paisaje pierde entre 10 y 40 ton/ha/año. En el Chapare, el bosque virgen en terreno ondulado pierde entre 0,2 y 10 ton/ha/año.

Es cierto que la defoliación total de la coca deja el suelo expuesto. Sin embargo, el período en que las plantas permanecen sin hojas es muy corto. Por otro lado, el cocal está cubierto de hierbas, ya que sólo se desmaleza alrededor de cada planta; quiere decir que no está todo el suelo expuesto. Sería necesario realizar mediciones para evaluar este efecto y poder compararlo con el de otras técnicas u otros cultivos. Las terrazas en los cultivos tradicionales reducen el riesgo de erosión y los cultivos industriales se hacen en terrenos menos pendientes, al igual que los cultivos alternativos. En la tabla 1, no se hace esta diferencia; esto es, se mezclan los agentes más perniciosos de ambos paquetes tecnológicos (tradicional e industrial); que en la realidad no se dan juntos.

La erradicación de cultivos, deja el suelo expuesto a la erosión. La sustitución de cultivos, tal como se practica actualmente, sin un estudio de suelos previo, también debe contribuir a la erosión. Si el

cultivo que se instala no es el adecuado, o el suelo no es apropiado para el cultivo, el emprendimiento fracasa y el suelo se erosiona en la misma medida o más que en un cultivo de coca abandonado.

En cuanto a la sustitución, los cultivos nuevos se instalan en valles o terrazas de menor pendiente y los riesgos de erosión no son ni mayores ni menores que en los cultivos de coca; dependerá del tipo de manejo del suelo y de la tecnología asociada al cultivo.

### 6.3 Pérdida de la fertilidad de los suelos

Se ha afirmado que el cultivo de coca agota la fertilidad de los suelos. No existen datos de los requerimientos nutritivos ni del consumo de nutrientes del suelo por las plantas de coca. Sin embargo, esta afirmación es difícil de creer dados los escasos volúmenes de hoja que se exporta del sistema. Trataremos de verificar esta afirmación a partir de datos de la literatura.

Tabla 4: Datos de rendimiento de coca

| LOCALIDAD                          | FECHA | RENDIMIENTO<br>(kg hoja seca/ha/año)                   |
|------------------------------------|-------|--|
| Alto Huallaga, Perú                | 1990  | 2400   |
| La Convención y Lares, Cuzco, Perú | 1993* | 104-138 (> 45%)<br>150-184 (15-45%)<br>173-230 (< 15%) |
| Depto La Paz, Bolivia              | 1990  | 936  |
| Depto. Cochabamba, Bolivia         | 1990  | 2764   |
| Depto. Santa Cruz, Bolivia         | 1990  | 1600   |
| Bolivia (Promedio para el país)    | 1990  | 2490   |
| Los Yungas, Bolivia (0.92 ha)      | 1972  | 884  |
| Los Yungas, Bolivia                | 1972  | 936  |
| Los Yungas, Bolivia                | 1972  | 260  |
| Chapare, Bolivia                   | 1972  | 851  |
| Madre de Dios, Perú                | 1971  | 410  |
| San Martín, Perú                   | 1971  | 1200   |
| Perú (Promedio para el país)       | 1971  | 810  |

Fecha \*: fecha de publicación; no se da fecha del dato. Fuente: Aramayo, 1994; Sociedad Pachamama, 1993.

Los datos de rendimiento de hojas de coca son muy variables (Tabla 4). Al igual que con todo otro cultivo, el rendimiento depende de las condiciones climáticas imperantes durante el crecimiento, de la fertilidad del suelo, del germoplasma y de las propiedades físicas del suelo, especialmente las que afectan la aireación y la capacidad de retención de agua. Parte de la variación en los datos se debe a que, por razones derivadas del contexto social, económico y político, es un dato difícil de averiguar. En la mayoría de los cultivos los datos de rendimientos se obtienen de las planillas de venta o consignación de los mercados y de los datos de superficie cultivada que lleva el Estado. Ambas fuentes de información son inexistentes en el caso de la coca.

Para la mayoría de los cultivos existen datos de la cantidad de nutrientes exportados del sistema con la cosecha (kg/ha), para rendimientos determinados (ton/ha) (Tabla 5). Estos datos se utilizan para planificar la fertilización; para obtener el rendimiento deseado es necesario agregar al suelo una cantidad de nutrientes igual a la exportada con la cosecha. Los nutrientes de las partes no cosechadas (tallos, raíces, etc) quedan en el barbecho y eventualmente vuelven al suelo. Con estos valores es posible calcular la cantidad de nutrientes extraídos del suelo por tonelada de cosecha (kg/ton) por una regla de tres simple (tabla 5, últimas tres columnas).

Tabla 5: Consumo de los tres macronutrientes (N, P, K) por varios cultivos

| CULTIVO    | N (kg/ha) | P (kg/ha) | K (kg/ha) | Y (ton/ha)   | N (kg/ton) | P (kg/ton) | K (kg/ton) |
|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|------------|------------|
| Brocoli    | 22.40     | 2.24      | 50.40     | <b>5.08</b>  | 4.41       | 0.44       | 9.92       |
| Bruselas   | 168.00    | 22.40     | 140.00    | <b>8.13</b>  | 20.67      | 2.76       | 17.22      |
| Cantaloupe | 106.40    | 19.00     | 134.40    | <b>11.43</b> | 9.31       | 1.66       | 11.76      |
| Lechuga    | 106.40    | 13.44     | 190.40    | <b>17.78</b> | 5.98       | 0.76       | 10.71      |
| Cebolla    | 123.20    | 22.40     | 123.20    | <b>20.32</b> | 6.09       | 1.11       | 6.09       |
| Aji        | 50.40     | 6.72      | 56.00     | <b>11.43</b> | 4.41       | 0.59       | 4.90       |
| Papa       | 168.00    | 21.28     | 224.00    | <b>20.32</b> | 8.30       | 1.05       | 11.07      |
| Maíz       | 106.60    | 18.00     | 17.60     | <b>6.60</b>  | 16.15      | 2.73       | 2.68       |
| Tomate     | 112.00    | 11.20     | 201.60    | <b>30.48</b> | 3.67       | 0.37       | 6.61       |
| Porotos    | 134.40    | 11.20     | 61.60     | <b>5.08</b>  | 26.46      | 2.20       | 12.13      |
| Banana     | 80.00     | 8.00      | 200.00    | <b>40.00</b> | 1.50       | 0.20       | 4.60       |
| Anana      | 43.00     | 7.21      | 108.73    | <b>55.00</b> | 0.78       | 0.13       | 1.98       |
| Coca       | 55.81     | 7.45      | 46.49     | <b>2.70</b>  | 20.67      | 2.76       | 17.22      |

Datos promediados de varias fuentes; Cálculo más pesimista para la coca; Valores de nutrientes en los órganos cosechados (ver texto).

Para la coca no existen estos datos, por lo tanto, los "inventamos" con criterio lógico, partiendo de los supuestos más pesimistas: 1) la coca contiene las cantidades mayores de nutrientes registrados en la literatura para el conjunto de los cultivos. De esto surgen los valores de kg/ton de N, P y K para coca en las tres últimas columnas de tabla 5. Esto es muy probablemente exagerado porque, siendo la coca una hoja delgada, esclerófila, debe tener una alta razón Carbono/Nitrógeno, y por lo tanto bajo contenido de N y de K; dado que crece en suelos pobres en P, también debe tener bajo contenido de P. 2) El rendimiento de la coca es el mayor registrado en la literatura (tabla 4). De aquí surge el valor de 2.7 ton/ha para el rendimiento de hoja seca de coca. Este valor es exagerado, al menos para algunas regiones. Con estos datos se calculó la cantidad de nutrientes extraídos en kg/ha, que figura en las tres primeras columnas de datos de la tabla 5. El cálculo muestra, por el absurdo, con el cálculo más pesimista, que la coca consume menos nitrógeno que el resto de los cultivos, excepto brócoli, aji y ananá (órganos reproductivos, en general más ricos en nutrientes); consume menos P que todos los cultivos (excepto brócoli y aji) y menos K que todos los cultivos, excepto el maíz.

Vale destacar que los valores usados en la tabla son promedios generales para cultivos en regiones particulares. No son válidos como valores absolutos para los cultivos en todas las zonas productivas. Los datos fueron tomados de varias fuentes bibliográficas (Lorenz y Maynard, 1980; Samson, 1980)

#### 6.4 Contaminación

El cultivo tradicional de coca no produce contaminación por productos químicos. Algunos aducen que la contaminación del aire producida por la quema de los bosques en la deforestación es importante. No parece que la superficie quemada en las yungas sea tan grande como para aportar gases contaminantes en cantidades significativas; los desmontes y quemas en los bosques amazónicos de tierras bajas son mucho más voluminosos y no existe realmente acuerdo en cuanto a la importancia de esta contaminación, si se la compara con la contaminación industrial, especialmente de la industria química.

Los cultivos industriales de coca podrían producir contaminación de aguas y suelo con los plaguicidas y fertilizantes. No hay razón para suponer que esta contaminación es superior a la producida con los cultivos sustitutos.

El procesamiento de las hojas para producir pasta de cocaína, sin duda produce contaminación del agua puesto que todos los químicos usados drenan en los cursos de agua. Lo que no se ha evaluado

es la magnitud de esta contaminación. Los cálculos estimados a partir de datos de producción de hojas de coca parecen exagerados porque suponen una producción simultánea en más de 160 000 ha y consideran el rendimiento máximo por hectárea y supone que toda la producción de coca es procesada *in situ*, lo cual no parece cierto. Dado el gran volumen de agua que circula por los ríos que nacen en los Andes, es probable que hay un efecto de dilución; sin embargo, se requieren datos para verificar tantos supuestos.

En cuanto a la erradicación del cultivo, el efecto contaminante (no evaluado) debe ser tanto o más grave que el del cultivo industrial ya que, al menos en algunos casos registrados, cuando la policía encuentra estos laboratorios también tira al río los químicos, por orden del juez. En caso de quemar los cultivos, la contaminación atmosférica será inferior a la de la quema de una parcela de igual tamaño de bosque pero, si se incendian los laboratorios, como suele ocurrir, la contaminación atmosférica podría ser importante. En todo caso, la erradicación es un problema porque algo se debe hacer con los químicos y es difícil creer que los trasladan con los cuidados requeridos.

La sustitución de cultivos no debe producir ni más ni menos contaminación que el cultivo de coca. Depende de la cantidad y calidad de agroquímicos empleados.

## 7. Conclusión

No hay ningún elemento *a priori* para concluir que el cultivo de coca tiene el impacto negativo que se le asigna en algunos trabajos publicados. En todo caso, los efectos dañinos provienen de los paquetes tecnológicos y no son privativos de la coca.

No existe suficiente información (hasta donde sabemos), que justifique las afirmaciones acerca del impacto ecológico del cultivo de coca. Sería recomendable aceptar algunas de las afirmaciones como hipótesis de trabajo y recopilar o buscar a campo la información pertinente para verificarlas.

Gran parte del deterioro ambiental es consecuencia de la prohibición del cultivo más que del cultivo.

## 8. Bibliografía citada

Allen y Lemon. 1976. En: J.L.Monteith (Ed.) *Vegetation and the Atmosphere*, Academic Press, London. Pp. 265-308.

Aramayo, A.T. 1994. *Importancia de la coca en Sud Yungas*, Mimeografiado.

Blanes, J. 1983. *De los valles al Chapare*. Centro de Estudio de la Realidad, Cochabamba, Bolivia.

Brown, S. y A.E. Lugo. 1984. *Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes*. *Science* 223: 1288-1293.

Cabrera, A. y Willink. 1973. *Biogeografía de América Latina*. OEA. Serie de Biología, Monografía N°13, Washington, DC.

Cole, D.W. y M. Rapp. 1981. *Elemental cycling in forest ecosystems*. En: D.E.Reichle (Ed.) *Dynamic properties of forest ecosystems*. IBP 23, Cambridge University Press. pp. 341-375.

Dalling, J.W. y J. Tanner. 1995. *An experimental study of regeneration on landslides in montane rain forest in Jamaica*. *Journal of Ecology* 83: 55-64

Dourojeanni, M.J. 1988. *Si el árbol de quina hablara*.

Dourojeanni, M.J. s/f. *The environmental impact of coca cultivation and cocaine production in the peruvian amazon basin*. Mimeografiado.

Ellenberg, H. 1964. *Montane vegetation and productivity in the tropics with special reference to Peru*.

En: The ecology of man in the tropical environment, IUCN, N°4, Morges, Swiza. Pp. 172-177.

Gomez Molina, E. y A. Little. 1981. Geocology of the Andes. En: State of Knowledge Report on Andean Ecosystems, UNESCO-UNEP, Vol. 1, N°2, Boulder, Colorado. Pp. 115-144.

Grubb, J. 1995. Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forests. En: A.Lugo y C.Lowe (eds.) Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, Berlin.

Kalpage, G. 1976. Tropical soils classification, fertility and management. Macmillan, London.

Kira, T. 1975. En: J.P.Cooper (ed.) Photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 5-40.

Kira, T. 1978. En: P.B.Tomlinson y M.H.Zimmermann (Eds.) Tropical Trees as living systems. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 561-590.

Lorenz, O.A. y D.N.Maynard. 1980. Knott's Handbook for Vegetable Growers. Wiley-Interscience, Second Edition, New York.

Mansilla, H.C.F. 1992. Citado por Seemin Qayum. 1992. I Coloquio Cocapayu, La Paz

Murra, J. 1972. El control vertical de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En: J. Murra (Ed.) Visita de la Provincia de León de Huánuco (1962) Iñigo Ortiz de Zúñiga Visitador. Vol.II. Universidad Hermillo Valdizen, Huánuco, Perú.

Murra, J. 1986. Notes on precolumbian cultivation of coca leaf. En: D. Pacini y C. Franquemont (Eds.) Coca and cocaine. Cultural survival report #23. Cultural Survival Inc., Cambridge. Pp. 49-52.

OEA. 1987. Estudio de casos de manejo ambiental. Desarrollo de un área en los trópicos húmedos. Selva Central del Perú. Washington, DC.

Plowman, T. 1986. Coca chewing and the botanical origins of coca (*Erythroxylum spp*) in South America. En: D. Pacini y C. Franquemont (Eds.) Coca and cocaine. Cultural survival report #23. Cultural Survival Inc., Cambridge. pp. 5-34.

Rodin, L.E. y N.I. Basilevic. 1968. World distribution of plant biomass. En: F.E. Eckhardt (Ed.) Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. UNESCO, Paris.

Rodriguez, M.V. 1996. Cocal en Chipiriri, notas de campo. Proyecto Estrategias Preventivas Sociales y Ambientales Frente a la Expansión del Cultivo de Coca, CEA-UBA, inédito, 2 pp.

Ruiz Murrieta, J. 1993. Alimentos del bosque amazónico.MAB, UNESCO, ORCYT.

Samson, J.A. 1980. Tropical Fruits. Tropical Agriculture Series. Longman, London.

Sarmiento, G. 1984. Los ecosistemas y la ecosfera. Blume, Barcelona.

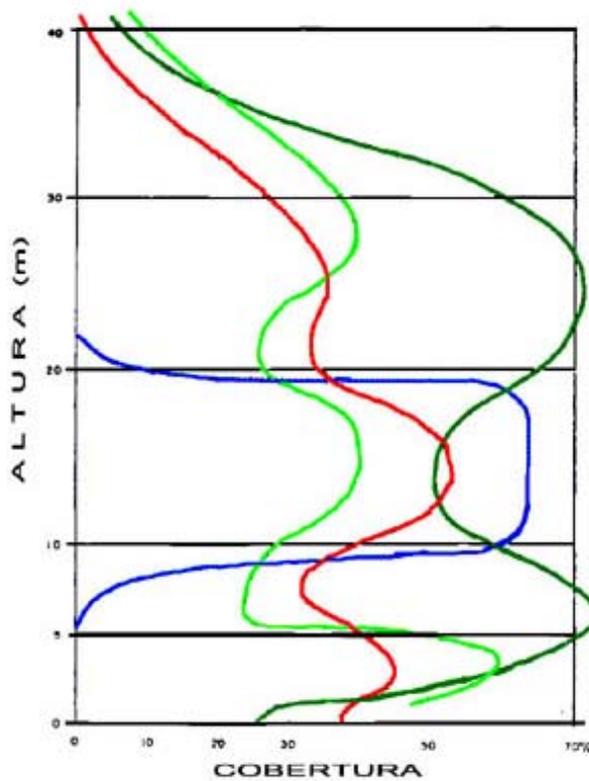
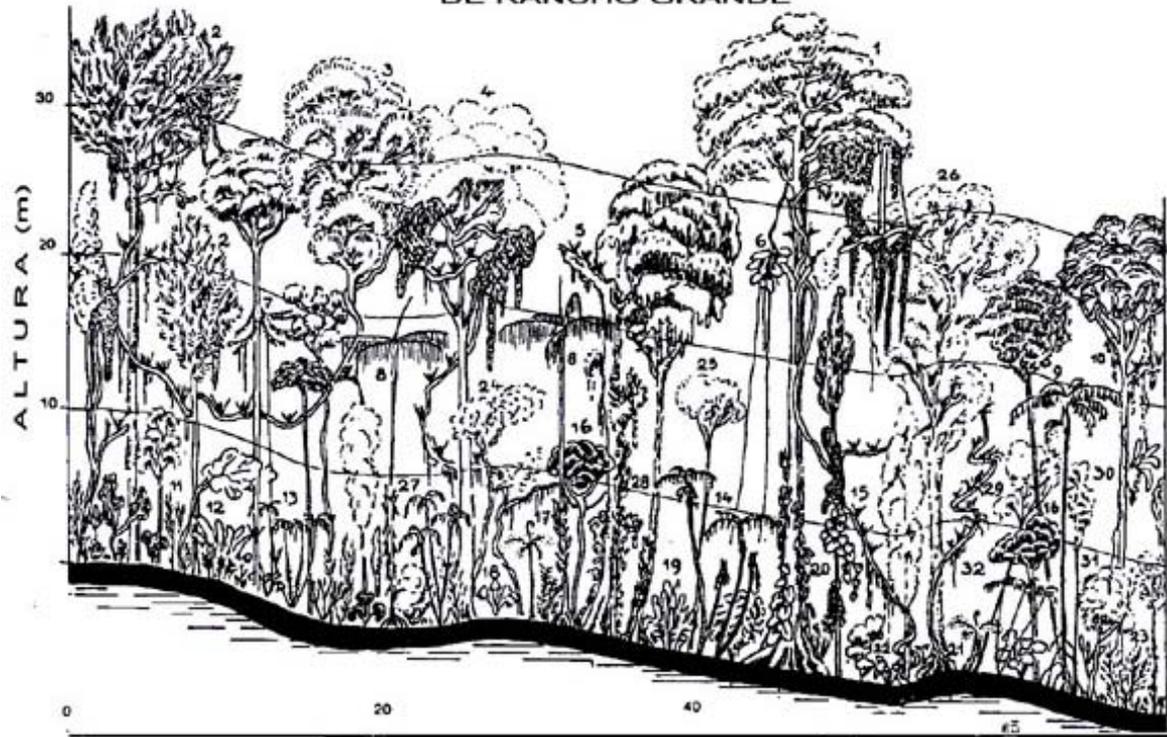
Sociedad Pachamama. 1993. Desarrollo alternativo de los valles de La Convención y Lares. Informe final. Mimeografiado.

Stern, K. y L. Roche. 1974. Genetics of forest ecosystems.Springer-Verlag, Berlin.

Vareschi, v. 1986. Cinco breves ensayos ecológicos acerca de la selva virgen de Rancho Grande. En: O. Hubber (Ed.) La selva nublada de Rancho Grande, parque nacional Henry Pittier. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas. Pp. 171-188.

Vitousek, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient liitation in tropical forests. Ecology 65(1): 285-298.

FIGURA 1: BISECTO ESQUEMATICO DE LA SELVA NUBLADA DE RANCHO GRANDE

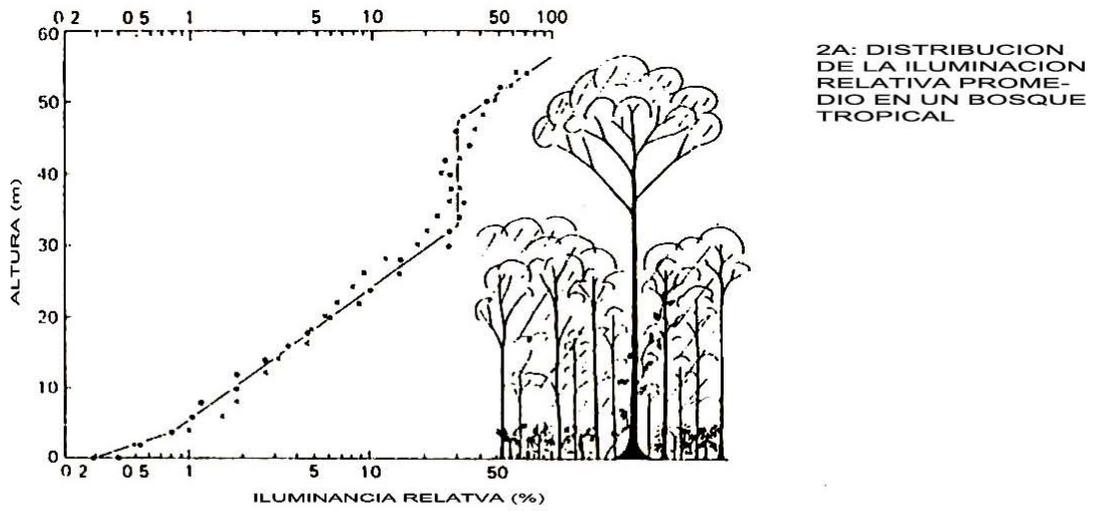


ESTRATIFICACION DE LA COMUNIDAD BOSCOSEA

- Bosque templado  
Plantacion comercial
- Fase de rejuvenecimiento
- Fase de madurez
- Fase de envejecimiento

FUENTE: VARESCHI, 1986

FIGURA 2: EFECTO DE LA ESTRATIFICACION DEL DOSEL SOBRE EL MICROCLIMA



2B: PERFIL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y DE LA CONCENTRACION DE DIOXIDO DE CARBONO EN UN BOSQUE TROPICAL

