

## IMPULSORES DE CAMBIO DEL PAISAJE: DINAMICA DE LAS LINEAS DE ARBOLES EN LA MONTOLOGIA NEOTROPICAL

### HUMAN DRIVERS OF LANDSCAPE CHANGE: TREELINES DYNAMICS IN NEOTROPICAL MONTOLGY.

*Fausto O. Sarmiento*

*Facultad de Diseño Ambiental y Oficina de Educación Internacional, Universidad de Georgia, 200 Barrow Hall, Athens, Georgia 30602, EE.UU.*

*URL: <http://www.uga.edu/oie/sarmiento.html>; E-mail: [fsarmien@uga.edu](mailto:fsarmien@uga.edu)*

#### RESUMEN

La naturaleza antropogénica de los ecosistemas andinos se discute con el marco de la dinámica de la línea de árboles en sitios seleccionados del Ecuador continental. Tanto los indicadores directos cuanto los indirectos del impacto humano se utilizan como evidencias para aproximar una ciencia más propicia para el estudio de las montañas neotropicales, enfocadas a las condiciones especiales de los ambientes tropandinos. La generalización de los dogmas de ecología tropical (i.e., compactación del suelo, fertilidad, gran productividad, altas temperatura y humedad, la naturaleza prístina) sobre los ambientes de montaña generó malos entendidos de los sistemas tropandinos como casos especiales de la ecología del bosque lluvioso tropical. La generalización de los dogmas de ecología templada (i.e., dinámica de línea de árboles, formación de la base de las nubes, estacionalidad, gradientes de tensión, conurbación y fuerzas equísticas) sobre los ambientes de montaña generó malos entendidos de los sistemas tropandinos como casos especiales de correlaciones geoecológicas altitudinales. Mayor investigación en el frente ecológico y etnobiológico ayudará a comprender el complejo funcionamiento de las montañas neotropicales, especialmente en el cinturón de selva nublada, el escenario más frágil que enfrenta la sustentabilidad de montañas.

**Palabras clave:** sucesión ecológica arrestada, paisajes antropogénicos, restauración ecológica, selvas tropandinas, Andes tropicales, Ecuador.

#### ABSTRACT

The case of the anthropogenic nature of Andean ecosystems is discussed in the framework of treeline dynamics in selected sites of Ecuador. Indicators of human impact, both direct and indirect, are used as evidence of the needs to develop a more appropriate science for neotropical mountains, tuned with the special conditions of tropical Andean environments. Generalizations of tropical ecological dogmas (i.e., soil compaction, soil fertility, high productivity, high temperature and humidity, nature pristine) to the mountain environment generated misconceptions of Tropandean systems as special cases of lowland rain forest ecology. Generalizations of temperate dogmas (i.e., treeline dynamics, cloud base formation, seasonality, stress gradients, conurbation and equistic forces) to the mountain environment generated misconceptions of Tropandean systems as special cases of altitude/latitude geoecological correlations. More research from the ethnobiological and ecological front is needed to better comprehend the intricate functioning of neotropical mountains, particularly the cloud forest belt, presented as the most threatened ecosystem facing the sustainability scenario.

**Keywords:** arrested succession, anthropogenic landscapes, ecological restoration, ropandean jungles, Tropical Andes, Ecuador.

#### INTRODUCCION

La teoría de los asuntos de montaña se ha resumido recientemente en un compendio del estado del arte del conocimiento (Messerli y Ives 1997, Sarmiento 2003). En su capítulo final se presenta

la necesidad de desarrollar una nueva ciencia de estudio de montañas, conocida como Montología (Ives *et al.* 1997), a lo cual los geógrafos y ecólogos han respondido rápidamente (Smethurst 2000). Sin embargo, la montología neotropical requiere redefinirse a la luz de los nuevos paradigmas para

las montañas tropicales americanas (Zimmerer 1999, Sarmiento 2000a). El ejemplo más directo de esta nueva opción se presenta al analizar la dinámica de la línea de árboles en las montañas neotropicales (Sarmiento 2002).

La literatura convencional de ecología de montañas divide a los sistemas de montañas en cuatro provincias biogeográficas definidas altitudinalmente en el orobioma: (1) *Colina*, en las áreas de la topografía colinada de cerros ondulantes en la zona baja del pie de monte, con bosques altos y robustos; (2) *Montana*, en las áreas de inclinación gentil y en los flancos cordilleranos y valles cubiertos con bosques robustos y árboles menos altos; (3) *Alpina*, en las áreas de valles altos y en las laderas más altas y pronunciadas que presentan vegetación herbácea; y (4) *Glacial*, en las áreas cubiertas permanentemente por nieve, hielo y glaciares. Esta clasificación tradicional refleja el planteamiento impulsado por factores térmicos que dividieron a las montañas tropicales en tierras (1) calientes, (2) templadas, (3) frías y (4) gélidas (Troll 1968), lo que ha sido material didáctico en los dos siglos del dogma Humboldtiano, que define los cinturones altitudinales como vectores para el tipo de clima y la altitud.

### Líneas del paisaje tropandino

En este arreglo espacial del modelo vertical, los académicos perciben la existencia de líneas invisibles que separan dichas provincias en las montañas de los Andes tropicales. Algunos autores identifican fácilmente la línea de la nieve que separa lo alpino de lo glacial, debido a la lirificación de la nieve perpetua. Sin embargo, las líneas inferiores son de difícil caracterización. El límite entre las provincias colina y la montana ha sido siempre asociado con la presencia de plantas indicadoras y un cambio abrupto de la ladera hasta un 25%, por lo tanto es más bien difuso. No existe un límite fijo que separa la colina del orobioma con las tierras bajas de la llanura inundable, en los llanos que presentan árboles emergentes y donde no existen laderas mayores a un 10%. Algunos autores argumentan que ésta es la línea que sirve para separar la altura de la llanura y por regla general la ubican en los 500m s.n.m. en la ecoregión tropandina. Ese límite, por lo tanto, es aún más confuso que el anterior. Al contrario, la línea más común es la que discrimina entre los bosques (provincia montana) y los pastizales (provincia alpina), conocida como la “línea de árboles”.

Obviamente, las líneas de separación catastral, de propiedades dedicadas a diferentes usos de la tierra son también perceptibles en casi todas las provincias anteriores; los así llamados linderos con frecuencia se identifican al exhibir un mismo tipo de árboles plantados en hileras, o de mantener la cubierta de bosque original intocado para separar las tierras de labor a cada lado de la línea. Otras líneas evidentes en las montañas tropandinas son aquellas producidas por obras de construcción recientes que responden al tipo de ingeniería de ejes de transportes (i.e, caminos, carreteras y ejes de transmisión energética [corredores de alta tensión, oleoductos, gasoductos, etc]) y que, de hecho, se las ve indistintamente en todas las provincias del orobioma.

### Terminología de la Línea de árboles

Los conceptos de la Línea de árboles de las montañas son dominio de la geografía física, meteorología, selvicultura y ecología, con un énfasis en los factores climáticos y edáficos que influyen en el crecimiento del bosque, limitando la producción forestal en las latitudes mayores del norte (c.f.: *timberline*). El uso de la palabra *Línea de árboles* y *Línea de bosque* en el pasado fue indistinguible; sin embargo, con la nueva literatura ecológica se refiere frecuentemente a la Línea de árboles como el límite altitudinal y la Línea de bosque como el ecotono latitudinal entre la taiga y la tundra ártica.

Con la analogía de la distribución vegetal desde los trópicos hacia el polo, la equivalencia de distribución vegetal desde las llanuras bajas tropicales hacia las alturas es un argumento contundente a favor de los cinturones de vegetación y la apariencia de “pisos altitudinales” en los Andes tropicales (Troll 1973). Más aún, se cree que en los trópicos las condiciones ambientales difíciles son vistas como el factor limitativo para el crecimiento de los árboles a una altitud dada, mayormente correlacionada con el umbral de la temperatura promedio de julio (isoterma de 10°C), o la localización de la Línea de congelamiento — conocida como “heladas” (Jeník 1997).

En las latitudes norteñas, y en las laderas que se exponen al norte, la Línea de árboles ocurre a una menor altitud (Ives 1978). Además, la variabilidad de los factores locales a lo largo del Pleistoceno-Holoceno (e.g., la caída de nieve, la velocidad del viento, las condiciones de suelo, la exposición de orientación y el declive de la ladera, entre otros) parece afectar la fisiología del

crecimiento arbóreo, y por tanto, la altitud a la cual se encuentra la Línea de árboles (Wright 1984).

Una zona de transición subalpina, caracterizada por árboles cada vez más retorcidos y enanos es la norma en las montañas de la zona templada y circumpolares (Halloy 1989; Kullman 1998). Una zonación vertical se esboza cuando los cinturones altitudinales son mencionados como “especificidades” de los nichos de la montaña (Whittaker 1952). Por lo tanto, una combinación de elevación, latitud, y clima local define en dónde ocurre el borde entre el bosque y el pastizal en las montañas de la zona templada.

Por el contrario, en la ecorregión tropandina (Figura 1), la huella humana es una fuerza impulsora obvia para la presencia de la línea de árboles. Pese a (1) la falsa “naturalidad” de las selvas de montaña del dominio transandino (Sarmiento 1995a), (2) la prevaleciente “naturalidad” de la vertiente del dominio cisandino (Sarmiento 1998), (3) la aparente irreversibilidad del dominio interandino degradado (Harden 1999), y (4) las prácticas de restauración para retornar los ecosistemas forestales saludables a los Andes tropicales (Chepstow-Lusty et al 1998), la noción de la Línea de árboles inducida por los humanos no es muy común en las fuentes bibliográficas convencionales. Sin embargo, la planificación territorial a nivel del paisaje debería incluir consideraciones sobre el cambio del paisaje por efecto antropogénico, aunque para muchos científicos los pastizales de los altos Andes son todavía considerados como ecosistemas vírgenes, primarios o naturales (Stadel 2003).

La vegetación del dominio interandino de la ecorregión tropandina es tan altamente modificada que una clasificación geobotánica la incluye como vegetación antrópica (Acosta-Solís 1986). En esencia, la gente vive —y ha vivido allí por milenios, en las altas montañas del neotrópico (Budowski 1968; Ellenberg 1979), mientras que ellos no viven —y nunca han vivido (con la excepción de los Saami en Fenoscandia) en las áreas templadas y circumpolares. Las anteriores son manifestaciones de las respuestas ocultas (*sensu* Stern 1983) del antiguo y continuo impacto humano sobre la Línea de árboles en el paisaje montañoso de la América tropical (Sarmiento y Frolich 2002).

### Racionalidad Científica

La controversia con respecto al origen de los pastizales de las tierras altas en las montañas forestadas todavía no está resuelta (Mark 1958;

Luteyn 1999) para ambas regiones, la tropical y la templada. Siguiendo la metáfora del humano cubierto de pelo en su cabeza, en las montañas forestadas las zonas calvas (o claros en el bosque) se dan por varios factores. Las montañas de Norteamérica poseen herbazales conocidos localmente como “*Balds*” que son claros en los de otra manera continuos doseles forestales en los Apalaches; su antigüedad puede trazarse hasta el tiempo de la megafauna en el Pleistoceno. La acción de los humanos ha encostrado estas “calvicies” en los bosques templados de las montañas (Weigl y Knowles 1995) en el Holoceno hasta hacer que en la actualidad se presenten como atributos “naturales” del paisaje.

Por otro lado, la antigua presencia humana en los trópicos montañosos presenta distintos factores determinantes para la dinámica de la Línea de árboles. El fuego y los incendios generados por los humanos, el aclareo para la agricultura, el pastoreo de los pastizales de altura, y las rutas mercantiles a través de las montañas, pueden ser mucho más importantes para el establecimiento de los herbazales alpinos, en particular los páramos y punas (Ellenberg 1958). La capacidad de crecimiento arbóreo basado en la fisiología de especies de árboles de las selvas montañas tropicales de neblina (SMTN) es poco conocida (Rundel et al 1994); la presencia de los árboles altos de guanderas (*Clusia* spp), colcas (*Miconia* spp), quishuares (*Buddleia* spp), palmas (*Ceroxylum* spp), senecios (*Gynoxis* spp) y yaguales (*Polylepis* spp), a gran elevación en laderas remotas de las cordilleras aisladas en los Andes ecuatoriales es evidencia de una formación boscosa clímax y robusta en el pasado, en vez de caprichos de los ecotopos (c.f. topografía y microclima) en los Andes tropicales. Por el contrario, la presencia de las “calvicies” herbáceas o pajonales (*Calamagrostis* spp, *Festuca* spp., *Cortadeira* spp) y las “calvicies” de matorrales o chaparral andino (*Hypericum* spp., *Rubus* spp., *Bacharis* spp) en las planicies altoandinas de zonas anteriormente cultivadas o pastoreadas son claro indicativo del impacto humano previo en el paisaje.

El principio asumido, por el cual los conceptos de la Línea de árboles templada se basan en la altitud solamente, tiene poca o ninguna validez en los Andes tropicales, como se ejemplifica por la presencia de los parches remanentes de bosques andinos maduros en medio de las áreas de páramo, y la plantación forestal contemporánea de pinos



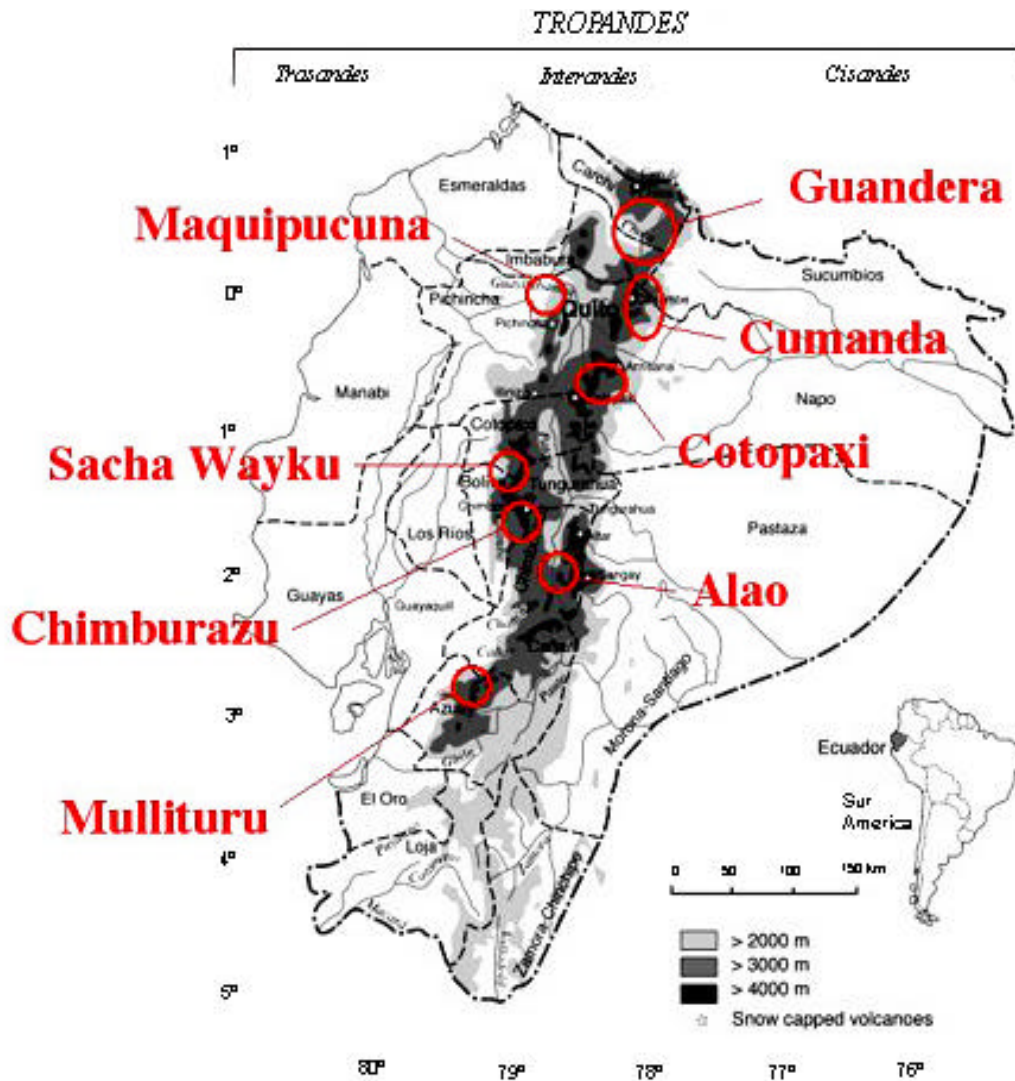
**Figura 1.** La paramización de los bosques andinos se aprecia por la conversión a pastizal de los bosques montanos de neblina en el Playón de San Francisco, provincia del Carchi. Note los patrones de retaceo que siguen las quebradas y los linderos de propiedad privada. Foto: Fausto Sarmiento.

(e.g., *Pinus radiata*) o de eucaliptos (e.g., *Eucalyptus globulus*), que demuestran la viabilidad de la forma de vida arbórea en las alturas andinas. La presencia de fragmentos remanentes o retazos (*sensu* Feisinger 1994) de lo que en alguna vez fuera una matriz continua de bosque andino es un hecho indisputable. En algunas montañas tropicales, una zona subalpina de árboles enanos y retorcidos de hecho se encuentra; pero, quizás lo más común es una Línea de árboles abrupta, caracterizada por bosque maduro crecido que bordea directamente los herbazales separados por una línea recta artificial. En esencia, la Línea de árboles alpina, con frecuencia se ve muy poco diferente de los límites del bosque con tierras agrícolas, en donde los aclareos recientes son hechos conocidos y registrados tanto en la memoria reciente cuanto en documentos. De acuerdo con Lægaard (1992) “los parches de bosque bordean directamente la vegetación de los páramos herbáceos y la línea de bosque (c.f. línea de árboles) es casi siempre finamente cortada”. Mas aún, no hay una terminología local para “*elfin forest*”. Inclusive la palabra “páramo”, usada con frecuencia para describir los herbazales de alta montaña, es exótica en el léxico campesino y tiene una variedad de interpretaciones (Luteyn 1999; Sarmiento 2001a).

Por lo tanto, sugiero que los factores geocológicos, arqueológicos y de historia agrícola deban considerarse como el marco referencial principal para el entendimiento del proceso por el cual ocurre el lindero del bosque andino. Además, planteo que los atributos actuales del paisaje del bosque de montaña reflejan dos líneas de árboles y no solamente una como es usual encontrar en la literatura. Estas dos líneas son, a saber: (1) la Línea de árboles superior que se correlaciona con la *extensificación* del pastoreo en las áreas de climas rigurosos de las partes más altas, achicando la superficie del bosque desde arriba, y (2) la Línea de árboles inferior que se correlaciona con la *intensificación* de la agricultura y el consumo de leña en la topografía menos desafiante del piedemonte, las colinas, y los valles interiores, achicando la superficie del bosque desde abajo, como se demuestra en la foto del retaceo del paisaje tropandino (Figura 1).

## METODOLOGIA

Una investigación de multimétodo aplicable a consideraciones merísticas y de estimaciones no paramétricas se requiere para abordar el estudio de este complejo sistema de transacciones entre cultura y natura que impulsa la dinámica de las



**Figura 2.** Mapa de los Andes ecuatoriales mostrando la ecorregión tropandina con los diferentes dominios (transandino, interandino y cisandino) y los sitios de estudio en el Ecuador continental.

líneas de árboles en los Andes. La investigación multimetódica ha sido propuesta para los estudios geocológicos de montañas (Zimmerer 2003) como la mejor aproximación al estudio de los paradigmas existentes en la actualidad. El método a abordar responde al interés de contestar cada pregunta de investigación como si fuera un subconjunto de transacciones que afectan las líneas de árboles en una jerarquía menor en el ámbito local, y de mayor jerarquía en el ámbito regional. Las consideraciones de escala son también muy importantes ya que implican distintos niveles de resolución espacial y temporal.

## EL ÁREA DE ESTUDIO

Ecuador está localizado en el noroeste de América del sur. Con frecuencia está considerado como parte de la región basada ecológicamente de los Andes del Norte. Sin embargo, los geógrafos culturales y los ecólogos de paisajes frecuentemente la incluyen como parte de la región basada etnobiológicamente de los Andes Centrales (Figura 2). Típicamente, la estacionalidad de las lluvias marca cambios dramáticos en la disponibilidad de agua en las montañas más bajas y de mediana elevación; pero una tabla de agua permanentemente

alta, sobresaturada, con suelos cargados de humedad en las montañas altas que tienen cobertura boscosa, es común. A veces estos bosques se refieren como “bosques musgosos” o “esponjales”, en donde la precipitación horizontal añade significativamente a la característica humedad de los paisajes tropandinos.

Debido a la influencia de los vientos alisios alterando los patrones de captura de nubes, y la presencia/ausencia de ciertas especies, varios sitios de estudio fueron seleccionados para presentar el nuevo paradigma de las líneas de árboles en los Andes ecuatoriales. Hacia la cuenca amazónica, el Playón de San Francisco en Carchi, la Reserva Etnobotánica Cumandá en Napo, y la Estación Científica San Francisco en Zamora presentan ejemplos. En el dominio interandino, la estación científica Guandera en el Carchi, el páramo de Wamaní en la Reserva Ecológica Antisana, la llanura de Limpiopungu en el Parque Nacional Cotopaxi, la quebrada de Sacha Wayku en el monte Cariwairazu, en Alao en el Parque Nacional Sangay en Chimburazu, y los alrededores de *Llaviucu* en el Azuay traen ejemplos. Hacia el flanco occidental, la Reserva Maquipucuna en la cuenca del alto Guayllabamba, en las planicies de Chaupi en el Monte Chimburazu, y los páramos de Salinas en Bolívar, el sitio arqueológico de Paredones en la región de Mullituru en el Azuay, completan los ejemplos de sitios Pacíficos. En la mayoría de los casos, la idea de ambientes montanos prístinos ha sido utilizada como justificativo para los esfuerzos de conservación; sin embargo, un análisis más cercano refleja una importante presencia de sistemas manejados por los humanos que se encuentran subyacentes en el marco ecológico, que será discutida después en relación con la dinámica de las líneas de árboles.

## PREGUNTAS DE INVESTIGACION

Al contestar las preguntas sobre (1) ¿Cuán diferente es la línea de árboles en el páramo con la frontera agrícola? (2) ¿Cuán diferente es la línea de árboles en el páramo con la frontera ganadera? (3) ¿Cuán diferente es la línea de árboles de una línea de quema o incendio? (4) ¿Puede la prehistoria decirnos el cuento de la línea de árboles? (5) ¿Existe evidencia histórica que pueda contar a favor de las tierras altas forestadas? (6) ¿Cuál es la evidencia de la ecología cultural en relación a los nombres de los lugares?, yo describo evidencias directas y otros

proxies para justificar la contención reclamada de los impulsores de cambio del paisaje tropandino.

Las respuestas crearán un cuerpo de evidencia, tanto directa cuanto indirecta, para determinar la posibilidad de una relación intrínseca entre la cultura y la naturaleza al crear el mosaico heterogéneo del paisaje de la actualidad (Gade 1999), para mejor cimentar la generalización que incluya etnoecología en la planificación del desarrollo sustentable de montañas tropandinas.

## Aproximación inicial: cultura vs. natura

Mi investigación original sobre la etología del ligle o veranero (*Vanellus resplendes*: Charadriidae) me llevó a creer que el entendimiento de los procesos biológicos en las montañas tropicales, tales como selección de hábitat y comportamiento reproductivo, es primordialmente una reflexión de inferencias culturales en el así llamado páramo natural o prístino. Después de tres años de estudios de campo y experimentación (Sarmiento 1988) fue claro para mí que esta ave, considerada emblemática de los ambientes palustres del páramo, responde más bien al movimiento vagante del ganado en sus rondas entre el pajonal del páramo. Tanto los toros salvajes (cimarrones) cuanto el ganado doméstico que recorre libremente los pastizales del Parque Nacional Cotopaxi, generó una robusta comunidad de escarabajos estercoleros y otra entomofauna (principal alimento del ligle o veranero) en sus majadas, lo que determina el movimiento de las bandadas de sitio en la montaña. La gente, en vez de la naturaleza, fue la responsable por la etología del veranero.

Además, esta especie que una vez se pensó era típicamente andina fue también colectada en la amazonía ecuatoriana, en Limoncocha, y en el piedemonte de Chalpi hacia la llanura costera en la provincia del Azuay, presentando una paradoja de la biogeografía. Su presencia en la etnobiología rural y su significado espiritual para los Kichwas y otros grupos indígenas, especialmente los Puruha en la zona de Cacha, presentaron una paradoja en la geografía cultural, especialmente por el hecho del “suicidio” de dichas aves en la laguna de Ozogoche. El estado enigmático del ligle o veranero ha crecido lentamente a convertirse en un proxy que evidencia el cuestionamiento a las viejas nociones acerca de la vida en el páramo y otros principios de montología aplicada para los neotrópicos. En el presente artículo yo argumento en favor de los impulsores culturales que determinan la naturaleza enigmática de las Líneas de árboles en los Andes tropicales.





**Figura 3.** El cambio del paisaje en las selvas interandinas del norte del Ecuador, en la provincia del Carchi. Note las dos líneas de árboles que comprimen a la selva nublada como si fuera un emparedado entre los pastizales de arriba (páramo) y los de abajo (potreros de Kikuyo) Foto: Tim Sulser.

## EVIDENCIAS DIRECTAS

### 1.- La agricultura de montaña: ¿Cuán diferente es la Línea de árboles del páramo de la línea de una frontera agrícola?

Las prácticas agrícolas de producción de subsistencia, altamente subsidiadas, de los plantíos de papas, trigo, cebada y maíz son prácticas comunes en estas áreas. Las prácticas antiguas que han permanecido en la cultura campesina, como la del terraceo, el cultivo en franjas de nivel, cultivo intercalado de contornos y otras técnicas de secano son observadas en la región. Como lo señalaron Frolich y Guevara (1999), en la provincia del Carchi, la frontera agrícola está siempre subiendo hacia la montaña, empujando los límites inferiores de la Línea de árboles hacia niveles más altos debido a la necesidad de los suelos volcánicos fértiles requeridos para el rendimiento mejorado de las papas en un mercado siempre creciente. Un proceso similar fue descrito por Sarmiento (1988) en los páramos del Cotopaxi que han sido ahora transformados a plantaciones de pinos y otros cultivos de alta montaña. No es raro encontrar cultivos en las laderas muy empinadas en donde se experimenta una gran diversidad de variedades, especialmente de papas “heredadas” que pasan

de generación en generación. Las prácticas mundiales agroindustriales recientes sin duda han influenciado más para afectar la localización de la Línea de árboles que cualquier otro factor individual. Pese a que la producción papera es el cultivo rentable que alimenta la economía del área, el alto precio de los fertilizantes previene que los campesinos puedan seguir utilizando sus parcelas, haciendo que sea más barato ir más alto en la ladera o hacia las cabeceras en donde se obtendrán rendimientos rentables (Figura 3). A medida que las laderas se hacen más altas y más empinadas, su aclareo determina una severa erosión, la tabla de agua disminuye y la degradación de toda la cuenca hidrográfica es inevitable, estableciendo un ciclo no sustentable de aclareo-abuso del recurso-y colapso de las parcelas o chacras, extendiendo la frontera agrícola hacia ámbitos más altos.

Con el paso del tiempo, el sitio agrícola llega a empobrecerse de nutrientes y muestra infestación de nemátodos y otras plagas que forzan a los campesinos a incrementar su uso de agrotóxicos (c.f. pesticidas), fertilizantes artificiales y majada. La inseguridad en la tenencia de la tierra y las reglas confusas de colonización hacen que la intensificación de la producción agrícola sea el impulsor más importante para reclamar nuevas



**Figura 4.** Pastoreo de ganado cimarrón a 4.000 m de altura en la quebrada de Sacha Wayku cerca al Monte Cariwairazu en Ecuador central. Note el límite definitivo del bosque de *Polylepis* con las hierbas, tanto arriba cuanto abajo de la ladera. Foto: Jennifer Osha.

tierras productivas de las selvas de montaña (Frolich et al 1999). Muy poco de la producción es orientada a la subsistencia; la mayoría de la cosecha con frecuencia se transporta a las ciudades de Tulcán, Ibarra, Quito, Riobamba o Cuenca. En general, la producción de papas de los pequeños agricultores basada en el monocultivo y la tecnología agroquímica intensiva (especialmente, arado mecanizado, fertilizantes y pesticidas sintéticos) rápidamente suplantó la agricultura tradicional de montaña. Como resultado de este cambio, tanto las áreas bajo cultivo cuanto la oferta de mano de obra se intensificaron dramáticamente. Un estudio de Barsky (1984) mostró que la producción de papas se incrementó en 40% y que la productividad del campesino incrementó en 33% en un período de 20 años (1954-74). Crissman *et al* (1998) argumentaron que esta tendencia ha continuado en el Carchi, desde 1/2 tonelada/ha en 1974 hasta cerca de 21ton/ha en 1997, lo que es tres veces más que el promedio nacional. Como resultado de este proceso, el costo de la tierra en Carchi se ha disparado. Ellos también mencionan que este progreso no ha ocurrido sin severos daños colaterales con consecuencias ambientales y sociales.

Con una población creciente, estos factores han llevado a una rápida expansión de la tierra

agrícola dentro de los bosques andinos. Tan sólo hace 70 años una gran proporción del piso del valle interandinos debajo de la cota de los 3.000 m fue boscoso, ahora la frontera agrícola se encuentra más alta en las laderas de los valles, entre los 3200m y los 3.400m s.n.m. Este borde es una transición abrupta, punteada por “calvicies” o claros, en donde los parches del bosque han sido recientemente cortados, lo cual ofrece una fuerte semblanza con el borde del páramo en la Línea de árboles superior. Cuando las calvicies no se mantienen bajo cultivo de papa, si es que ellas no han sido quemadas, ellas regresan a una sucesión de cubiertas vegetales que comienzan con las hierbas y siguen con asociaciones de ericáceas y compuestas que se parece mucho a lo que se tiene en el borde bosque-páramo. Sin embargo, las áreas en barbecho son puestas al servicio del ganado; por lo tanto, el sobrepastoreo y el pisoteo pasa a ser la influencia de degradación de suelos más notoria para el mantenimiento del claro.

## **2. Pastoreo de montaña: ¿Cuán diferente es la Línea de árboles en el páramo de la frontera de ganadería?**

Nuevas tendencias en la investigación identifican a los herbívoros de la megafauna como la causa última para las “calvicies” en las montañas



boscosas de América del Norte (Weigl y Knowles 1995). En los Andes ecuatoriales, la presencia de fósiles de megaherbívoros, tales como el mastodonte (*Mastodon cuvierii*, *M. carchensis*), los perezosos gigantes (*Oreomyxodon orcesi*), el caballo andino (*Equus andinum*) y el precursor de las llamas modernas (*Paleolama* spp) traen la noción de un determinante pleistocénico para el aclareo inicial de los bosques de montaña, semejante al caso de los Apalaches (Owen-Smith 1987) y ofrecen una explicación parsimónica para el apareamiento de las “calvicies” de herbazales en los bosques andinos contemporáneos.

La evidencia de la ganadería en el área se presenta en viejos artefactos de barro que representan ungulados y otra cerámica zoomórfica y artefactos de caza; mas aún, varios centros culturales se formaron con patrones sedentarios, incluyendo a los Pastos, Capulí y Quillasingas, construyendo centros de trueque importantes como Pimampiro, en el Norte. En el Sur, el sitio de Paredones fue construido por los regidores expansionistas Incas para reforzar una importante línea de mercado entre la costa y el asentamiento de importancia incaica de Tomebamba, en lo que hoy es la ciudad de Cuenca. Sin embargo, el Carchi nunca fue sujeto al dominio Inca, y existen dudas en la presencia de ganadería de camélidos en el Norte. Con la invasión española, grandes áreas de los bosques de montaña fueron talados para introducir el ganado, especialmente el ganado lanar y vacuno. En las montañas de Cayambe, de Antisana, Cotopaxi y Chimborazo, hasta hoy se pueden ver grandes manadas de borregos recorriendo los pastizales del páramo, como un pálido reflejo de lo que sucedió siglos atrás, con las hordas de los años 1.600 y 1.700 que fueron mucho más numerosas. El daño hecho a ciertos páramos es tal, que la vegetación ha sido completamente extirpada de grandes regiones, como en Palmira, en Cangahua, en Antisanilla.

Más tarde, el ganado caprino se volvió ubicuo en los valles más secos y en las laderas ya devastadas. Los chivos lentamente avanzaron hacia las laderas y las zonas altas de las cuencas. Los núcleos familiares de las provincias serranas incluyen ahora vacas, borregos, chivos y gallinas, indistintamente. Otro importante factor de pastoreo en las zonas altas es el ganado caballar. Tanto los caballos domesticados cuanto los cimarrones que rondan libres en los páramos del Cotopaxi, del Cayambe, de Las Cajas, del Cariwairazu, de Alao

y Mullituru (Figura 4).

En tiempos modernos, los subsidios gubernamentales ofrecidos a la industria láctea promueven el reemplazo del bosque con pastos. Hasta hoy en día la ganadería lechera es una de las actividades más importantes para los hacendados del piso del valle. La producción lechera, de queso y otros derivados es más rentable que los cultivos, precisamente por los incentivos de impuestos y subsidios. En muchos lugares, los buenos sitios agrícolas obtenidos con la deforestación inicial, han sido convertidos en pastizales (*sabanización* en la llanura tropical; *paramización* en las tierras altas), al usar la hierba “Kikuyo” (*Panicetum clandestinum*) introducida exitosamente desde Africa. Otras especies “mejoradas” también son plantadas con propósitos ganaderos, especialmente el pasto elefante y la grama. En la reserva Maquipucuna, la especie agresiva del pasto miel (*Setaria sphacelata*) ha tomado posesión de las laderas deforestadas (Sarmiento 1997a). Muchos agricultores y sus familias dependen de la cría del ganado, sea para subsistencia con el insumo de leche, o como complemento a la producción agrícola. En muchas ocasiones, en la época seca, grandes manadas se dejan libres para pastar dentro del “monte” en los parches de bosque. Sin embargo, incluso dentro de los límites de los Parques Nacionales (i.e., Cotopaxi, Antisana, Llanganatis, Sangay, Las Cajas, etc) la mayor parte del tiempo el pastoreo ocurre en las alturas alejadas, en donde las quemadas del pajonal son rutinarias y se ejercitan a lo largo del año, pero especialmente en la época seca o el verano andino. Por donde quiera, el humo generado por los regímenes de incendios o quemadas han generado una composición de especies que favorecen las bromelias terrestres, las hierbas y otras plantas serotónicas que asemejan la composición del páramo, conformada por numerosas especies pirófitas. Unas grandes hordas fueron comunes en los páramos de Yuracruz, en Mariano Acosta, y en Buenos Aires en el norte. Algún ganado se perdió en la cordillera y se volvió cimarrón. Los toros “salvajes” de los páramos del Cayambe fueron siempre la atracción en los festivales de los pueblos andinos con los rodeos y corridas en sus plazas improvisadas, siendo Sangolquí y Machachi, con toros cimarrones traídos del Antisana y del Cotopaxi respectivamente, las ferias más concurridas. En el Carchi, el ganado “de altura” es prominente entre los pasos de montaña y en sitios a los cuales un camino llega para sacar



**Figura 5.** El fuego mantiene la cobertura de pajonal en el páramo y evita que se regenere el bosque. La línea de árboles define claramente la evidencia del incendio en la Reserva Guandera en la provincia del Carchi. No ha habido un incendio natural documentado hasta ahora en los páramos de la región: todos los incendios son hechos por el hombre en respuesta a la necesidad de más lluvias y nuevos pastos. Foto: Larry Frolich.

truncos, leña, quesos y leche para el mercado.

### 3. Régimen de incendios: ¿Cuán diferente es la Línea de árboles de la línea de fuego?

La antigua práctica de las quemas de los bordes del bosque para obtener carbón está aún siendo utilizada por los “carboneros”, quienes con frecuencia venden sus cargas a los hogares de las montañas, pero también a los mercados de los pueblos y ciudades serranas. La producción *in situ* de carbón en las pilas dejan costras permanentes en la estructura del suelo y en la composición química del sitio, lo que previene la recolonización por parte de las especies del bosque en del lugar redondeado y aclarado en el filo del bosque. Se cree que la quema (tan intensa como para producir carbón) mata todos los componentes micorrizicos que son necesarios para impulsar la sucesión, creando una costra de suelo quemado no apto para las semillas recalcitrantes de las especies forestales (Sarmiento y Frolich 2002).

La sucesión ecológica no ha operado allí (Sarmiento 1997b), debido a una fase arrestada debido al régimen de quemas sucesivas y al arraigo de los graminoides y arbustos serotónicos (Grubb 1970). El quemar las hierbas promueve que un crecimiento renovado favorezca a las matas de

paja, haciendo que sus raíces se fortalezcan; por lo tanto, afirmando la noción campesina de que “luego de la quema, un mejor potrero aparecerá para el ganado”. En su visión, las quemas son simples podas, los cortes más fáciles para que el crecimiento de las hierbas reverdezca el monte.

Las costras de incendios y los depósitos de carbón están entremezclados en el borde del bosque (en la Línea de árboles), como testimonio inequívoco de la evidencia de la creación inducida por el hombre de la Línea que separa el bosque del pastizal alpino (Lægaard 1992). También, la presencia de las “calvicies” sinuosas con vegetación de páramo entre la zona que bordea el bosque tropical montano de neblina, es una evidencia muy clara del uso de los límites accesibles como una fuente para el carbón exportable.

La cosecha de leña por parte del campesino no es un factor suficientemente fuerte como la incisiva fuerza de las quemas para obtención de carbón o manejo de pastos, las dos actividades económicas que benefician a los grandes terratenientes o a los intermediarios. Sin embargo, una forma rápida de generar dinero disponible es precisamente el producir y vender costales de carbón (proporcionados por el intermediario) que son vistos con frecuencia cargados sobre sus

hombros, en su camino ladera-abajo por los desfiladeros y trochas zigzagueantes de la montaña. Los carboneros, en su mayoría hombres, por lo tanto, ejercen una presión definitiva sobre la dinámica de las Líneas de árboles, en contraste con las recolectoras de leña, en su mayoría mujeres.

En las fronteras ganaderas antiguas, la línea recta dejada por las quemadas previas (y en la mayoría de casos, consecutivas) es un lindero claro, artificialmente definido por los trazos del incendio que separó abruptamente el bosque de las tierras de pastoreo. Lægaard (1992) también apunta que la evidencia del fuego (e.g., las cicatrices dejadas por el fuego o costras de incendios, el tejido quemado, los residuos de carbón, la defoliación debido a la quema, la remoción de material seco de los troncos y tallos de los arbustos y árboles del páramo, etc.) son fácilmente reconocidos a lo largo del borde rectilíneo (Figura 5). El mismo argumento se aplica a las montañas de Madagascar (Wesche *et al* 2000).

## EVIDENCIAS INDIRECTAS

### 1. Datos paleoecológicos y biogeografía

La paleoecología en los trópicos, comparada con los países europeos y norteamericanos, es muy poco estudiada, principalmente debido a que los recursos de investigación son escasos y existe poca infraestructura científica y gubernamental para proseguir dichos estudios. Los mapas geológicos detallados basados en los análisis exhaustivos de la clase de mapas disponibles virtualmente para cada condado de los Estados Unidos, no han sido terminados para los trópicos. Los datos limitados por lo tanto se interpretan con frecuencia como corolarios de los estudios de los climas templados. La visión prevaleciente de la dinámica de la Línea de árboles que separa las provincias montañas y alpinas, por lo tanto, es que ya que estamos siendo testigos del receso glacial al final de una edad de hielo, la Línea de árboles está progresivamente localizada a mayores alturas —como también lo predicen los modelos computarizados que elucidan el cambio climático global en las montañas. Sin embargo, en donde existen análisis palinológicos en los trópicos (e.g., el Junco en las islas Galápagos, en la Sabana de Bogotá, en las lagunas del Cajas, en Ecuador, en el piso de un cráter en Panamá, y en un bofedal cercano a Cusco, en Perú, etc.) ellos revelan que la situación no es tan simple como el subir y bajar de la Línea de árboles, y que las

metodologías y los paradigmas utilizados para su estudio deberían ser revisados.

A pesar de que los estudios palinológicos no se han hecho en los sitios del presente estudio, algunas localidades cercanas (i.e., la laguna de Yawuarkucha, la laguna de Imbakucha, la laguna de Yambo y la laguna de Llaviucu: Colinvaux *et al* 1988; 1997) han sido analizadas. En otras áreas, la evidencia de árboles multiuso que acompañaron a los asentamientos humanos a gran altura, tales como los robles (*Quercus* spp) estudiados por Kappelle (1996), en Costa Rica, y el aliso (*Alnus acuminata*) estudiados por Chepstow-Lusty *et al* (1996) en Perú y América Central.

La historia palinológica está constreñida por la dificultad de encontrar marcadores específicos para las especies pertenecientes a familias que tienen tanto representantes arbóreos cuanto arbustivos en sus formas de vida. La presencia de los alisos (*Alnus* spp) es un claro discriminante, pero otros (e.g., Melastomataceae, Rubiaceae, Asteraceae, etc.) pueden ser confusos y por tanto se mencionan sólo a nivel de familias, incluyendo tanto árboles como arbustos, como el prominente Colca y los cafetillos, ambos del género *Miconia*. Esto hace difícil especificar la dinámica de la Línea de árboles propiamente dicha y fuerza a los paleoecólogos a generalizar las comparaciones de “bosques” versus “praderas”. En este sentido, Colinvaux *et al.* (1997) concluyen que “la vegetación andina no respondió al enfriamiento glacial o al calentamiento del Holoceno al moverse en cinturones altitudinales”. Al refutar los postulados que correlacionan el incremento de temperatura en tiempos glaciales con la pausa adiabática (Haffer 1990) en los trópicos, y la compresión de las zonas de vegetación andina en una Línea de árboles migrante (van der Hammen *et al.* 1981), el equipo de Colinvaux propone que los taxa fueron rearrreglados de acuerdo a su tolerancia térmica: “La vegetación no se movió hacia arriba o hacia abajo en bandas sobre las laderas. Al contrario, las asociaciones de plantas se reagruparon a medida que las especies sensitivas a la temperatura encontraron diferentes centros de distribución a medida del cambio de la temperatura”.

La presencia de endémicos del páramo (i.e., *Espeletia pycnophylla*) aún es enigmática y parece que la vicarianza juega un papel muy importante, ya que hay páramos que la tienen y otros no. En el Ecuador, la presencia de una especie

está restringida solamente al páramo del Angel en el norte y luego salta hacia el páramo de los Llanganatis en el centro del país. Esto requiere una elucidación que quizás obligue a reformular la biogeografía andina y la nomenclatura que llamaría *páramo* a las formaciones de las “calvicies” desde el sur de Costa Rica, en Talamanca, hasta Venezuela y el Sur de Colombia. Las “calvicies” ecuatorianas y norperuanas deberían llamarse *Jalcas*, y las del centro-sur andino se llamarían *Punas*. El uso de la forma de vida caulirósula (*sensu* Cuatrecasas) como indicativa del alto páramo es especialmente relevante a los Andes de Colombia, Venezuela y Costa Rica, en donde existen varias especies del género del frailejón. Sin embargo, en los Andes ecuatoriales, su presencia vicaria se deduce equívocamente como relicto.

## 2. Los artefactos arqueológicos

A la llegada de los españoles, ellos descubrieron para Europa un área que ya había sido deteriorada extensivamente por la agricultura (Denevan 1992); los vestigios de la intervención humana previa visibles para los colonizadores fueron pirámides de “cangahua” o de piedra, terrazas de lodo seco o “chocoto”, adobes y de piedras con andenerías rústicas en la mayoría de la zona de montaña y en algunos lugares con una elaborada red de andenes pulidos y elaborados, así como redes de canales de irrigación, camellones y zoteas (c.f., azoteas) abandonadas. En el Norte del Ecuador, en la región de Pimampiro, se había establecido un importante centro de trueque para intercambios de los bienes provenientes desde la costa (con evidencia de restos de conchas *Spondilus*), desde la región amazónica (con evidencia de restos de plumas de aves orientales) y varios tipos distintos de cerámicas elaboradas con diferentes técnicas. Lo mismo puede decirse de zonas en el Cotopaxi, en el Sangay y en el Chimburazu, y las cumbres y cañones asociados a los pasos de la montaña, como al valle del río Quijos en la provincia del Napo, o la zona de Mullituru en donde se encuentran las ruinas Inka de Paredones en la provincia de Azuay. El cinturón de montaña definitivamente fue una zona activa y bien poblada, con asentamientos humanos de importancia en las zonas que ahora se recubren con selva de neblina al parecer virgen o prístinas. En todas estas zonas, la influencia humana precolombina había ya cambiado el paisaje forestal original que fuera “descubierto” por los españoles (Mann 2002).

La cuenca del río Mira había sido poblada densamente en los períodos formativos y formativo-tardío por diferentes culturas, como Capulí, Pastos y Quillasingas. Sus restos de artefactos es la única herramienta para discernir la ocupación antigua de la cuenca del Mira y el Chota (Molestina 1985). Los hallazgos arqueológicos en las cabeceras del río Guayllabamba, en los valles de Quijos y Oyacachi, en zonas de los parques nacionales de Cotopaxi, Sangay y las Cajas, apoyan la noción de una huella humana antigua. Asentamientos de ciudadelas como Machu Pichu, Chachapoyas y el Gran Pajatén en la yunga peruana, o de Ciudad Perdida en selvas del territorio Tayrona de la Sierra Nevada de Santa Marta aún no han sido descubiertas en Ecuador, sin embargo la evidencia de Cotundo, de Veredales y el abra de Macas son importantes candidatos.

## 3. Canalización de irrigación y rutas de trueque

Imágenes satelitales han apoyado el descubrimiento de antiguas rutas, sistemas de andenerías y terrazas y de canales de riego construidos en terrenos inclinados, para aprovechar el recurso hídrico llevándolo hacia los valles altos y la planicie interandina. La escala de dicho esfuerzo, como la observada en la cuenca de Pimampiro en las cabeceras del río Chota, permite proyectar estimados de población en decenas de miles de personas que debieron haber vivido en el área (Mothes 1987). La evidencia física de la red de caminos de montaña (o *culunku*) todavía persiste en operación a través de la Reserva Maquipucuna y en la quebrada de Sacha Wayku. Caminos más sofisticados de montaña (*chakiñan*) pueden encontrarse en Otavalo, Sangay, Cotopaxi y Llaviucu. Los más refinados caminos (Inkañan), y aquellos construidos con tecnología Inka imperial (*kapacñan*) pueden recorrerse aún en Paredones de Mullituru, en el Cotopaxi y en Chimburazu. Los efectos profundos de un centro comercial en Pimampiro y la red de rutas de trueque hacia el sur y hacia el Norte, y hacia la amazonía (vía la Laguna de Puruhanta) y hacia la costa (vía el cañón del río Mira) constituyó un eje de gran importancia en tiempo precolombino. Se argumenta una situación semejante en el asentamiento Cañari de lo que en tiempo Inka se llamó Tumipampa, en la ciudad de Cuenca, cuya construcción, acceso y defensa justificó la elaboración de Paredones para reforzar la invasión Inka hacia el territorio Huancavilca de



**Figura 6.** Un ejemplo del sistema escalonado de las andenerías en el Parque de las Papas, cerca de Pisac, Peru. El parque es una iniciativa impulsada por la comunidad y administrada por las mujeres de la agrupación indígena Quechua-Aymara “Andes” como un esfuerzo para promover la agrobiodiversidad en más de 200 variedades de papas heredadas que se cultivan en los distintos andenes. El parque es miembro de la red de jardines latinoamericanos etnobotánicos hermanos (etnojardín). Foto: Sofía Villafuerte.

la costa. Numerosa evidencia es también disponible para las rutas de trueque con los Shuar y las jibarías del pie de monte amazónico. Se estima que al tiempo de la expedición de Orellana debió haber habido sobre 20.000 personas viviendo en Baeza y Cotundo en el valle del río Quijos, más del doble de lo que viven en la actualidad. Las imágenes de radar han demostrado la localización estratégica de los “*pukara*” o fortalezas distribuidas a lo largo de puntos clave del callejón interandino; sin embargo se requiere trabajos adicionales para determinar la antigüedad de otros atributos rectilíneos en el paisaje (posiblemente zanjas con trabajos de piedras), o camellones y surcos (*wachu*) en paleosuelos de terrazas y montículos (*waka*). Esta evidencia arqueológica ya está disponible para algunos sitios de Perú y Bolivia. Knapp (1991) describió surcos fósiles y canales al norte del Ecuador pero no cuantificó el impacto de tales estructuras a nivel de todo el país.

#### 4. Registros históricos y documentos catastrales

Hay evidencia escrita de la extensión de los bosques de montaña dentro de la zona tropandina en la era colonial. La construcción de las grandes

casas solariegas, palacetes y las iglesias de las ciudades cercanas como Ibarra, Tulcán, El Angel, Latacunga, Riobamba, Azogues, Cuenca, y Loja, se logró mediante el uso exhaustivo de la madera fina de árboles nativos del bosque maduro que se encontraba en el área. Los registros de la oficina del Obispo de Ibarra, por ejemplo, son testimonio de la riqueza de productos forestales exportados desde el valle del Chota y sus cerros circundantes. En la actualidad, el valle carece completamente de cubierta forestal y las laderas circundantes son todas desnudas y erosionadas. Se reporta que el reino de Quito con todos los cacicazgos hacia el norte, incluyendo los de las cuencas Chota y Mira, tenían grandes extensiones de selvas de montaña (Salomon 1986).

En algunos lugares de los valles interandinos, las especies arbóreas plantadas sobreviven debido al cuidado especial puesto sobre ellas por parte de las autoridades civiles en las plazas de los pueblos o en las grandes haciendas. En Machachi, por ejemplo, la plaza central es un buen lugar para ver árboles nativos altos, incluyendo palmas y el pino andino (*Podocarpus* sp). En varios conventos y haciendas, la palma real (*Ceroxylum andinum*) que de costumbre se plantaba en sitios de jerarquía



social indígena sobrevive debido al cuidado de sus propietarios. Además, como evidencia de la presencia Inka, las palmeras esbeltas del coco chileno (*Parajubea chilensis*) todavía sobrevive dentro de los linderos de las propiedades privadas; esta palmera no tiene relativos silvestres, se la conoce únicamente de los especímenes domesticados.

La quebrada de Sacha Wayku en el Cariwairazu y la zona de Llaviucu en las Cajas son buenos ejemplos de los bosques andinos maduros de Yagual (*Polylepis sericea*, *P. incana*) que pueden servir como buen proxy para los registros altitudinales de distribución arbórea a gran altitud. Remanentes que quedan a lo largo de la quebrada que baja del paso de montaña de Guamal, en el Antisana, son testimonio de lo que otrora cubría el fondo del valle, el planalto y las laderas vecinas, en donde la “calvicie” ha llegado en forma del pajonal, que por sucesivas quemadas se ha encostrado a favor de la ganadería extensiva, y más recientemente, de toros de lidia. Mi memoria de juventud afirma que la paramización de la zona no es mayor a 25 años. Sin embargo, los grupos turísticos que frecuentan en sus giras se detienen en el trayecto para admirar el “páramo natural” y servirse el plato de moda, la trucha, otro elemento exógeno en el paisaje.

### 5. Toponimia local y epistemología

Yo he argumentado en otras fuentes (Sarmiento 2001a) que el nombre mismo de Andes proviene del atributo más importante de las montañas americanas: los sistemas de terrazas, de “andenerías” o de “andenes” que tanto impresionaron a los primeros cronistas, cuyas cartas escritas en la taquigrafía del castellano de aquel entonces usaban la táctica costumbrista al omitir el final de la palabra y añadir la “s” de plural con un apóstrofe. Por usanza popular en Europa, al leer de las “andenerías” y los “andenes” en la cordillera sudamericana, se llegó a nombrarla como *la cordillera de los andes*. A diferencia de lo que afirman algunas enciclopedias, el nombre de Andes no proviene de la raíz Kichwa *Anta* (significa cobre) o del nombre *Antisuyo* (región de las selvas cálidas del oriente del Cusco hacia la amazonía) sino del castellano apócope de “andenes”.

Por lo tanto, desde el principio de la historia reciente, se dio un reconocimiento tácito de la naturaleza antropogénica del paisaje tropandino (Figura 6). Además, como se propuso anteriormente,

la falta de un descriptor vernáculo para los herbazales de altura puede tomarse como proxy que evidencia la modernidad de este atributo en el paisaje montano. La palabra *páramo* está casi siempre referida a las condiciones meteorológicas de nubosidad, de lluvia fría, y a veces describe el estado de estar mojado y frío, en vez de referirse a la formación vegetal (Luteyn 1999). Una versión es que la palabra misma tiene orígenes cuestionables en un idioma paleo-ibérico que describe las alturas desoladas del macizo norte de España. Otros sugieren que la etimología del Latín puede trazarse hasta *Para Moor*, refiriéndose al sitio adyacente a los humedales, con frecuencia sobresaturado de humedad y claro de árboles, dominado por hierbas.

De la misma manera, un descriptor de la palabra inglesa “*elfin forest*” está ausente del lenguaje vernáculo. El uso de la palabra kichwa “*Yunga*” o su versión castellanizada diminutiva “*Yungilla*” se aplica mas bien a las selvas de montaña cálidas del flanco cordillerano, hasta la “ceja de montaña” o la “ceja de selva”. La metáfora anatómica humana se repite, ya que en la actualidad la “calvicie” de los pajonales antropogénicos se encuentra directamente sobre la “ceja” de montaña. En el caso del Carchi, Imbabura, y Antisana, sin embargo, se prefiere usar el término “chaparro” prestado del español mexicano para referirse a “de pequeña estatura” pero generalmente para describir el matorral bajo o arbustivo con plantas espinosas que se utilizan frecuentemente como leña (Sarmiento 2001b).

### 6. Peces y pesquería

Los impactos humanos también se pueden trazar por medio de la evidencia indirecta presente en los ríos, lagos y lagunas de las montañas ecuatoriales. Aquellos cuerpos de agua rodeados de selvas vírgenes (e.g., Laguna de Puruhanta) o de bosquetes maduros (e.g., Laguna de Llaviucu) que lógicamente deberían también ser vírgenes o poseer comunidades clímax demuestran también la misma paradoja. Por hace más de 60 años dichos cuerpos dulceacuícolas han sido alterados, debido al intento de desarrollar la pesquería de río y de altura, con especies de trucha, preferentemente la trucha arco iris (*Onorhynchus mykiss*) y a la trucha parda (*Salmo gairdnerii*) que han tenido resultados exitosos en las tierras altas del Ecuador, especialmente en las provincias de Imbabura y Azuay, ambas considerados distritos lacustres por

excelencia. Pese al falso primitivismo de los alrededores de la laguna de Puruhanta, el ecosistema fue alterado significativamente con la introducción de la trucha lo que resultó en la extinción de la ictiofauna nativa local de preñadillas (*Astroblepus* spp) y de bagrecitos (*Rhamdia* spp). Las matas de pajonal aparecieron sobre un sitio de campamento para pescadores fue construido en donde el bosque fue talado y quemado a orillas de la laguna. Este pedazo de herbazal es tan localizado que resulta obvio deducir la manifestación del impacto humano con la presencia del pajonal.

En la laguna de Llaviucu, pese al falso primitivismo del paisaje que la rodea, la evidencia de régimen de incendios, de pastoreo y de deforestación pasada abundan. A pesar de ser reconocida como una de las atracciones principales de la antigua Área Nacional de Recreación “Las Cajas”, precisamente por su pintoresco enclave y su abundancia de truchas, el área ha sido redefinida ahora como Parque Nacional “Las Cajas”, en donde la presencia humana afectando el paisaje lacustre no puede negarse.

## CONCLUSION

Como una de las especificidades de la Montología neotropical, la deconstrucción de la teoría de la Línea de árboles ayuda a redefinir la teoría para la geoecología de las montañas neotropicales (Zimmerer 2003). Los factores directos e indirectos explican satisfactoriamente la noción que la dinámica de las Líneas de árboles en los Andes tropicales del Ecuador es inducida e impulsada por los humanos. Con evidencia que apoya el caracterizar a dos Líneas de árboles en vez de una sola (como se ha hecho tradicionalmente para las montañas de latitud templada) la inclusión del impulsor humano para el cambio en el paisaje tropandino merece un reconocimiento cada vez mayor, no solamente de los académicos montólogos, sino también de los medios de comunicación y los centros de enseñanza.

## DISCUSION

La ciencia de la Montología merece una revisión profunda de la teoría de lo que hasta ahora se enfatiza con preceptos nacidos en latitudes templadas nórdicas. A pesar de los esfuerzos de Humboldt y de Troll en hacer conocer a las montañas tropicales al mundo de los geógrafos y



**Figura 7.** Los suelos volcánicos negros son los preferidos para el cultivo de la papa, por lo que frecuentemente se tala el bosque para obtener la tierra fresca y fértil de un nuevo “desmonte”. La frontera agrícola mantiene la Línea de árboles bien cortada por debajo del bosque. Note como pocos tocones son dejados en la chacra aclareada y que no se practica el terraceo para el cultivo; un indicativo de las transacciones económicas y ecológicas efímeras del campesino actual con la tierra. Foto: Larry Frolich

ecólogos (los paisajes tropandinos deben ser considerados como el lugar natal de la ecología (Sarmiento 1995c, 1997c, 1999, Sarmiento *et al* 1999), el patrón intrincado del cambio de paisaje aún no ha sido conclusivo para incluir la dimensión humana. Las consideraciones de la naturaleza antropogénica de los pastizales de altura son factores importantes que determinan las prácticas de manejo potenciales y las prioridades para la conservación de los páramos y las selvas nubladas en Ecuador (Figura 7). Existe una necesidad imperiosa de protección estricta y preservación de los retazos remanentes de bosque andino, a lo que debe asignarse la más alta prioridad en definir los escenarios alternativos de desarrollo sustentable

de montaña en esta ecorregión. Las medidas precautelarias deberían establecerse en el proceso de toma de decisiones políticas que afectan el suministro de agua y la permanencia de la cuenca sin trasvases para servir a una cada vez mas creciente y sedienta expansión urbana. El papel de las selvas nubladas como “torres de agua” ya no puede concebirse tan sólo como una campaña educativa imaginaria, sino como una prioridad de seguridad nacional y de planificación territorial estratégica de largo plazo.

Nuevos textos de montología serán necesarios para incorporar los adelantos teóricos y hallazgos aplicables solamente a las montañas tropicales. Las generalizaciones de antaño deberían evitarse a la luz de las nuevas lecciones de los paradigmas cambiantes y las tecnologías recientes de sofisticadas herramientas disponibles para restaurar las montañas degradadas hacia saludables selvas (Zimmerer y Young 1998). La restauración de los bosques tropicales de montaña es una prioridad si queremos detener la destrucción del ecosistema de montaña y la continuación de la tendencia del escenario tipo *sandwich* de las Líneas de árboles en movimiento (Sarmiento 1995b, 2000b). Si detenemos las fronteras agrícolas y ganaderas al retrabajar los sitios degradados en vez de abrir nuevos pisos de bosque fresco, se avista un mejor prospecto para el desarrollo sustentable de montañas.

Al tratar con los Parques Nacionales y otras áreas protegidas, deberíamos abandonar el “Modelo de Yellowstone” y reemplazarlo por uno más realista y trabajable, el “Modelo de Green Mountain” (Sarmiento 2003b); esto es, en vez de separar a los así llamados sitios prístinos del contexto ecosocial —o hacer un peinado permanente en los pocos pelos de la cabeza del hombre, debería haber un esfuerzo organizado para reforestar y recrear las selvas tropicales que otrora existían en el páramo actual —volver a tener pelo en las calvicies contemporáneas. Con la idea de que la restauración ecológica es prioritaria frente a la preservación de naturaleza “intocada” (Myster y Sarmiento 1998), el proyecto Etnojardín de la Red Latinoamericana de Jardines Etnobotánicos Hermanos se propone ofrecer sitios demostrativos y ejemplos de diversas opciones de categoría V, paisajes protegidos, en los países andinos (Sarmiento *et al.* 2000, Chaurette *et al.* 2003).

El importante desarrollo de la Montología Neotropical es que deberá integrar el planteamiento típicamente estricto y riguroso de la ciencia-con-

la-política, de la conservación-con-el-desarrollo en los escenarios de pobreza-con-analfabetismo del mundo andino.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Larry Frolich por discutir los conceptos de la dinámica de la Línea de árboles con un seminario en la Universidad de Brown, y a la Dra. Michelle Ataroff por invitarme como conferencista magistral al taller sobre selvas nubladas en el marco del IV Simposio Internacional de la AMA, la Asociación de Montañas Andinas, realizado en Mérida, Venezuela. Este artículo refleja la investigación auspiciada por el Departamento de Geografía y el Centro de Estudios Latinoamericanos y del Caribe de la Universidad de Georgia.

Agradezco a los colegas de varias organizaciones de conservación en Ecuador que me facilitaron la información y los sitios de estudio, al igual que a mis estudiantes y asistentes de campo que aportaron sudor y entusiasmo. Los fondos de investigación fueron aportados por el Iv-K2-CNR, el Comité Italiano para el Año Internacional de las Montañas (2002) y el IADF, el fondo de desarrollo académico internacional de la Universidad de Georgia y la Fundación “Exposition” de Atlanta.

## LITERATURA CITADA

- ACOSTA-SOLIS, M. 1986. Los Páramos del Ecuador. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito.
- BARSKY, O. 1984. Acumulación campesina en el Ecuador: Los productores de papa en el Carchi. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Quito.
- BUDOWSKI, G. 1968. Mountains of Tropical America. *In*: Troll C. (ed) Geo-ecology of the Mountainous Region of the Tropical Americas. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- CHAURETTE, E., FO. SARMIENTO y J. RODRIGUEZ. 2003. A protected landscape candidate in the Tropical Andes of Ecuador Parks 13(2):42-51.
- CHEPSTOW-LUSTY, A., K. BENNETT, V. SWITSUR y A. KENDALL. 1996. 4000 years of human impact and vegetation change in the central Peruvian Andes with events paralleling the Maya record?. *Antiquity* 70: 824-833.
- CHEPSTOW-LUSTY, A., K. BENNETT, J. FJELDS', A. KENDALL, W. GALIANO y A. TUPAYACHI-HERRERA. 1998. Tracing 4000 years of environmental history in the Cuzco area from the pollen record. *Mountain Research and Development* 18(2): 159-172.
- COLINVAUX, P. A., M. BUSH, M. STEINITZ-KANNAN

- y MC. MILLER. 1997. Glacial and Postglacial pollen records from the Ecuadorian Andes and Amazon Quaternary Research 48:69-78.
- COLINVAUX, P. A., K. OLSON y K. LIU. 1988. Late-glacial and Holocene pollen diagrams from two endorheic lakes of the inter-Andean plateau of Ecuador. Review of Paleobotany and Palynology 55:83-99.
- CRISSMAN, C. C., P. A. ESPINOSA, C. E. H. DUCROT, D. C. COLE y F. CARPIO. 1998. El sitio de estudio de caso: Sistemas físico, de salud y de producción de la papa en la provincia del Carchi. Pp. 89-117, in Economic, Environmental and Health Trade-offs in Agriculture: Pesticides and the sustainability of Andean potato production. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam.
- DENEVAN, J. 1992. The pristine myth: The landscape of the Americas in 1492. Annals of the Association of American Geographers 82(3):369-385.
- ELLENBERG, H. 1958. Wald oder Steppe? Die natürliche Pflanzendecke der Anden Perus. Umschau 1958: 645-681.
- ELLENBERG, H. 1979. Man's Influence on Tropical Mountains Ecosystems of South America. Journal of Ecology 67:401-416.
- FEISIGER, P. 1994. Habitat "Shredding". En: Meffe G & R Carroll (eds). Pp. 258-259. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc.
- FROLICH, L. M. y E. GUEVARA. 1999. The Role of Family-based Agricultural Innovation in Conserving Tropical Montane Cloud Forest: The Guandera Project in Northern Ecuador. Pp 45-50, in Sarmiento F, Hidalgo J. (eds): Entendiendo las Interfaces Ecológicas para la Gestión de Paisajes Culturales en los Andes. Memorias del Tercer Simposio Internacional sobre Desarrollo Sustentable en los Andes. Corporación Editora Nacional, Quito.
- FROLICH, L. M., S. SHERWOOD, A. HEMPHILL y E. GUEVARA. 1999. "Eco-Papas": through potato conservation towards agroecology. Leisa (3/4):44-46.
- GADE, D. 1999. Nature and Culture in the Andes. University of Wisconsin Press, Madison.
- GRUBB, P.J. 1970. The impact of man on the páramo of cerro Antisana, Ecuador. Journal of Applied Ecology 7:7-8
- HAFFER, J. 1990. Avian species richness in tropical South America. Studies on Neotropical Fauna and Environment 25:157-183.
- HALLOY, S. 1989. Altitudinal limits of life in subtropical mountains: What do we know?. Pacific Science 43(2):170-184.
- HARDEN, C. 1999. Conexiones sobre la Tierra: Recomendaciones de Manejo de un Análisis Escala Cuenca de la Erosión del Suelo en los Andes Ecuatorianos. Pp 117-122, in Sarmiento, F. y J. Hidalgo (eds.): Entendiendo las Interfaces Ecológicas para la Gestión de Paisajes Culturales en los Andes. Memorias del Tercer Simposio Internacional sobre Desarrollo Sustentable en los Andes. Corporación Editora Nacional, Quito.
- IVES, J. D. 1978. Remarks on the Stability of Timberline. Pp 313-318, in Troll, C y W. Lauer (eds): Geocological Relations Between the Southern Temperate Zone and the tropical Mountains. Steiner Verlag, Wiesbaden.
- IVES, J. D, B. MESSERLI y R. RHOADES. 1997. Agenda for sustainable mountain development. in Messerli, B. y J.D. Ives (eds) Mountains of the World: A global perspective. Parthenon Publishing, Londres.
- JENÍK J. 1997. The diversity of mountain life. Pp 213, in Messerli, B. y J. Ives (eds.): Mountains of the World: A Global Priority. Parthenon Publishers, Londres-New York.
- KAPPELLE, M. 1996. Los bosques de roble (*Quercus*) de la cordillera de Talamanca, Costa Rica: biodiversidad, ecología, conservación y desarrollo. Universidad de Amsterdam e Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Amsterdam – Sto Domingo Heredia.
- KNAPP, G. 1991. Andean ecology: adaptive dynamics in Ecuador. Westview Press, Boulder.
- KÖRNER, CH. 1998. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. Oecologia 115:445-459.
- KULLMAN, L. 1998. Tree-limits and montane forests in the Swedish Scandes: sensitivity biomonitors of climate change. Ambio 27(4):312-321.
- LÆGAARD, S. 1992. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. Pp. 151-170, in Balslev, H. y J.L. Luteyn (eds) Páramo: An Andean ecosystem under human influence. Academic Press, San Diego, CA.
- LUTEYN, J. L. 1999. Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution and botanical literature. Memoirs of the New York Botanical Garden, Num. 84. Bronx, New York.
- MARK, A. F. 1958. The ecology of the southern Appalachian grass balds. Ecological Monographs 28:293-336.
- MESSERLI, B. y J. D. IVES (eds.). 1997. Mountains of the World. A global priority. Parthenon Publishing House, Londres.
- SARMIENTO, F. O. (eds). 2003. Las Montañas del mundo: Una prioridad global con perspectivas latinoamericanas. Editorial Abya-Yala. Quito.
- MOLESTINA, M. C. 1985. Investigaciones arqueológicas en la zona negativo del Carchi o Capulí. Revista Cultura 7(21a):31-82
- MOTHES, P. 1987. La Acequia de Pimampiro: riego tradicional en el Norte del Ecuador. Ecuador Debate 14: 69-86.
- MYSTER, R. y F. O. SARMIENTO. 1998. Seed inputs to microsite patch recovery on two Tropandean landslides in Ecuador. Restoration Ecology 6(1):1-10.
- OWEN-SMITH, N. E. 1987. Pleistocene extinctions: The pivotal role of Megaherbivores. Paleobiology 13(3):351-362.
- RUNDEL, P. W., A. P. SMITH y F. C. MEINZER (eds). 1994. Tropical alpine environments: Plant form and function. Cambridge University Press. New York.

## LINEAS DE ARBOLES EN LA MONTOLOGIA NEOTROPICAL

- SALOMON, F. O. 1986. Native lords of Quito in the age of the Inkas: The political economy of north Andean chiefdoms. Cambridge University Press, Cambridge.
- SARMIENTO, F. O. 1988. Selección de habitat del veranero (*Vanellus resplendens* Tschudi) en áreas seleccionadas del Parque Nacional Cotopaxi, Ecuador. Tesis de Licenciatura. Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- SARMIENTO, F. O. 1995a. Human impacts on the cloud forests of the upper Guayllabamba river basin, Ecuador, and suggested management responses. *Ecological Studies* 110:284-295.
- SARMIENTO, F. O. 1995b. Restoration: The challenge for conservation of tropandean landscapes. Pp 637-651. *In*: Churchill, S., H. Balslev, E. Forero y J. Luteyn (eds) Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. The New York Botanical Gardens, Bronx, New York.
- SARMIENTO, F. O. 1995c. The birthplace of ecology: Tropandean landscapes. *Bulletin of the Ecological Society of America* 76(4):104-105.
- SARMIENTO, F. O. 1997a. Arrested succession in pastures hinders regeneration of Tropandean forests and shreds mountain landscapes. *Environmental Conservation* 24(1):14-23.
- SARMIENTO, F. O. 1997b. Landscape regeneration by seeds and successional pathways to restore fragile Tropandean slopes. *Mountain Research and Development* 17(3):239-252.
- SARMIENTO, F. O. 1997c. The birthplace of ecology: Tropandean ecoregion of Ecuador, an endangered landscape. *Environmental Conservation* 24(1):3-4.
- SARMIENTO, F. O. 1998. El valle del río Quijos: un paisaje cultural protegido como la mejor práctica de manejo para conservación y desarrollo de la ecoregión tropandina. *Geografía Aplicada y Desarrollo* 37:41-51.
- SARMIENTO, F. O. 1999. To Mt. Chimborazo: in the steps of Alexander Von Humboldt. *Mountain Research and Development* 19(2):77-78.
- SARMIENTO, F. O. 2000a. Breaking mountain paradigms: Ecological effects on human impacts in man-aged tropandean landscapes. *Ambio* 29(7): 423-431.
- SARMIENTO, F. O. 2000b. Restoration of Andean forests for conservation and development. Pp 59-70. *In*: Price, M and N. Butt (eds). *Sustainable Mountain Forests: The State of the Knowledge Report for 2000*. IUFRO. CABI Publications, Oxon, UK.
- SARMIENTO, F. O. 2001a. Les enjeux de la recherche sur les montagnes en matière de terminologie et de connaissances: application à l'espace andin. *Revue de Géographie Alpine* 89(2):73-77.
- SARMIENTO, F. O. 2001b. Diccionario de Ecología de Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para Latinoamérica. Editorial Abya-Yala, Quito.
- SARMIENTO, F. O. 2002. Anthropogenic change in the landscapes of highland Ecuador.
- SARMIENTO, F. O. y L. FROLICH. 2002. Andean cloud forest treelines: naturalness, agriculture and the human dimension. *Mountain Research and Development* 22(3):278-287
- SARMIENTO, F. O., G. RODRIGUEZ, M. TORRES, A. ARGUMEDO, M. MUÑOZ y J. RODRIGUEZ. 2000. Andean Stewardship: Tradition linking nature and culture in protected landscapes of the Andes. *The George Wright Forum* 17 (1): 55-69.
- SARMIENTO, F. O., H. ROMERO y B. MESSERLI. 1999. The Andean Mountain Association, the International Geographical Union, and Alexander Von Humboldt on Mount Chimborazo. *International Geographical Union Bulletin* 49(2):161-164.
- STADEL, C. 2003. Zonas altitudinales tropandinas: su ecología y uso. *In*: Sarmiento, F. (ed). Pp. 305-316. *Las Montañas del Mundo: Una prioridad global con perspectivas latinoamericanas*. Editorial Abya Yala, Quito. 669pp.
- STERN, R. 1983. Human impact on tree border lines. Pp 227-236, *in* Holzner, W., MJA. Werger y A. Ikusima (eds): *Man's impact on vegetation*. Junk Publishers, The Hague.
- SMETHURST, D. 2000. *Mountain Geography*. *The Geographical Review* 90(1):35-56.
- TROLL, C. 1973. The upper timberlines in different climatic zones. *Arctic and Alpine Research* 5(3):3-18.
- TROLL, C. (ed.). 1968. *Geo-ecology of the mountainous region of the tropical Americas*. Ferd. Dümmlers Verlag. Bonn.
- VAN DER HAMMEN, T., J. BARELDS, H. DE JONG y A. A. DEVEER. 1981. Glacial sequence and environmental history in the Sierra Nevada del Cocuy (Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 32:247-340.
- WEIGL, P. D. y T. W. KNOWLES. 1995. Megaherbivores and southern Appalachian grass balds. *Growth and Change* 26:365-382.
- WESCHE, K., G. MIEHE y M. KAEPPELI. 2000. The significance of fire for Afroalpine ericaceous vegetation. *Mountain Research and Development* 20(4):340-347.
- WHITTAKER, R.H. 1952. Vegetation of the Great Smokey mountains. *Ecological Monographs* 26:1-80.
- WRIGHT, HE. (ed.). 1984. Late quaternary environments of the United States. Vol. 1. Porter SC (ed) *The Late Pleistocene*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- ZIMMERER, K.S. 1999. The overlapping patchworks of mountain agriculture in South and Central America: Toward a regional-global landscape model. *Human Ecology* 27(1): 135-165.
- ZIMMERER, K.S. y K YOUNG (eds). 1998. *Nature's Geography: New Lessons for Conservation in Developing Countries*. Wisconsin, Madison.
- ZIMMERER, K.S. 2003. Agrodiversidad de las comunidades de montaña. Pp. 429-441, *in* Sarmiento, F (eds): *Las Montañas del Mundo: Una prioridad global con perspectivas latinoamericanas*. Editorial Abya-Yala, Quito.

---

Recibido 21 febrero 2002; revisado 24 mayo 2002; aceptado 24 mayo 2002.