



ÁFRICA

Olov Hedberg
Inga Hedberg
Uppsala

LOS ECOSISTEMAS AFROALPINOS

En el África, así como en Sudamérica, se hallan extensas áreas a gran altitud. Sin embargo, en Sudamérica estas áreas de gran altitud solamente se encuentran en la región occidental del continente, mientras que las altas montañas africanas están en las zonas noreste y este, así como en África del sur y África occidental. La edad de estas montañas africanas también difiere de las sudamericanas, pero la historia geológica en ambos continentes es larga y complicada.

Durante la porción media del Terciario, la topografía plana que predominaba en la mayor parte del África tropical fue alterada por eventos tectónicos, levantamientos diferenciales y asentamientos (Hedberg 1997). Esto produjo la elevación de los grandes valles tectónicos de África oriental y central, y el bloque solevantado del Ruwenzori, se alzó al menos 3.000 m. El sistema de los valles tectónicos se extiende desde el lago Malawi en el sur a través de los valles tectónicos este y oeste del África oriental y Etiopía en el norte, y continúa a través del mar Rojo y el valle del Jordán en Israel. A lo largo de estos valles se formó una serie de montañas volcánicas, siendo las mayores las del África oriental, que incluyen el grupo Virunga a lo largo del valle tectónico occidental y Elgon,

Aberdare, el monte Kenya, el Kilimanjaro y el monte Meru a lo largo del valle tectónico oriental. Estos volcanes tienen diferentes edades: desde Elgon (que se dice que tiene más de 15 millones de años) pasando por el Kenya (más de 2 millones de años) hasta el Meru (menos de 200.000 años). Algunos volcanes de Virunga, como Muhavura y Mgahinga, todavía están construyendo sus conos.

Si bien el África oriental está caracterizada por montañas aisladas, las altiplanicies de Etiopía constituyen un plano formado por flujos de lava del Mioceno y Oligoceno, que subsecuentemente se rompió por la formación del valle tectónico. En estas altiplanicies hay por lo menos 10 montañas que alcanzan el nivel afroalpino (superando los 4.000 m. El área más alta incluye las montañas de Simen en el norte, donde el Ras Dejen alcanza los 4.543 m. El área afroalpina más extensa, que excede los 20 km², incluye la montaña Bale (cf. Hillman 1990).

Las áreas altas de Lesotho en el África del sur se diferencian de las anteriores en que son una zona alta ondulada con sólo unos pocos picos y la sierra de Drakensberg que surge de una altiplanicie, siendo su pico más alto de 3.484 m. En África occidental hay unos pocos picos, sobresalen las montañas de Camerún y Fernando Po.

Las partes más altas de la mayoría de estas montañas han sido incluidas en parques nacionales.

Clima

Las temperaturas medias anuales en el cinturón afroalpino se asemejan a las de las grandes latitudes en el Ártico. Pero, como elocuentemente demostró Troll (1943, 1944, 1948, 1955, 1959, 1968), hay diferencias fundamentales entre los climas tropical-alpinos y aquellos de las altas montañas extratropicales y del Ártico. Los primeros tienen notables variaciones de temperatura diurnas pero las variaciones estacionales son pequeñas, mientras que los segundos tienen grandes variaciones estacionales, siendo las diurnas las pequeñas (Hedberg 1957). Durante una buena parte del día la insolación tiende a ser muy intensa mientras que en la noche la radiación de rebote lleva a un rápido descenso de la temperatura con heladas nocturnas, lo que causa un pronunciado fenómeno de soliflucción en suelos abiertos. El clima afroalpino es en la actualidad lo suficientemente frío como para una glaciación (Hedberg 1964b, p. 21).

Tan importantes como la temperatura para la vida en las grandes altitudes son las condiciones de humedad. Éstas muestran diferencias conspicuas entre las diferentes montañas. Mientras el Ruwenzori es permanentemente húmedo, los escasos datos disponibles indican que el Kenya tiene unos 11 meses de humedad en el cinturón afroalpino y el Kilimanjaro de 1 a 8 meses, dependiendo del aspecto (orientación con respecto al sol). La diferencia en humedad y nubosidad pueden, por supuesto, influir también en la variación de la temperatura. El Ruwenzori es extremadamente "oligotérmico", con una amplitud diaria de alrededor de 5°C (Hauman 1933), mientras que el Kenya tiene una amplitud de entre 12 a 18°C (Hedberg 1964b). En la planicie de Sanetti en las montañas de Bale, han sido registrados cambios diarios extremos de hasta 40°C (-15°C a +26°C) (Hillman 1990).

En Lesotho la temperatura media anual es de +5.7 °C y el número medio de días libres de heladas por año es 182. Se puede esperar nieve ocho días al año. En el África occidental la situación es más compleja: hay nueve zonas climáticas, tres de las cuales pueden encontrarse en las montañas altas: 7 (frío y brumoso), 8 (frío, muy nublado y brumoso) y 9 (variable).

Sobrepuestas en el patrón climático general

del cinturón afroalpino están las variaciones microclimáticas. Debido a una intensa radiación de rebote hacia la atmósfera, el suelo se enfría rápidamente y el aire frío formado en la superficie drena pendiente abajo y se recoge en los fondos de los valles, de modo que la amplitud de temperatura puede variar drásticamente entre localidades adyacentes (Hedberg 1964b). Uno de los efectos más conspicuos del clima extremo en los fondos de los valles es la ocurrencia de soliflucción, que en áreas grandes retarda o previene la colonización en suelos abiertos (Hedberg 1964b). En Lesotho también se presentan fenómenos crionivales, tales como la formación de hielo en agujas, anillos de piedra y polígonos (Killick 1997).

Un importante factor ecológico que interactúa con el clima es el fuego. Los fuegos generados por el ser humano están ampliamente distribuidos en el África, y el cinturón afroalpino no es una excepción. El fuego ciertamente ha modificado la vegetación afroalpina en grandes áreas de la mayoría de las montañas, notablemente en Elgon y el monte Kenya. En Lesotho el pajonal es quemado en parches para mejorar los pastizales y controlar la invasión de matorrales.

Un agente importante de cambio geológico en las altas montañas esteafricanas ha sido la glaciación. Existen todavía glaciares en Ruwenzori, en los montes Kenya y Kilimanjaro, y su extensión fue mucho mayor en el Pleistoceno, cuando también existían el Elgon y en las montañas de Bale (cf. Nilsson 1931, 1940; Hedberg 1951; Messerli et al. 1977). La glaciación ha tenido una profunda influencia sobre las partes más altas de estas montañas y ha provisto de enormes cantidades de morrenas como material parental para los suelos.

Geología

Todas las montañas esteafricanas con la excepción de Ruwenzori están formadas por lavas de varios tipos, cuya calidad depende principalmente de la profundidad a la que se solidificaron. Así, la cima del Kenya consiste de un tapón de nefelina-sienita formado por la lava que se enfriaba lentamente en lo profundo de la antigua cima del volcán, mientras que la roca circundante consiste de fonolita, que se solidificó más cerca de la superficie. Las pendientes de algunos de los volcanes más jóvenes todavía están cubiertas por lava

no erosionada. El Ruwenzori, por otro lado, difiere drásticamente de los otros ya que consiste de rocas precámbricas tales como granito, neis, diorita, cuarcitas, esquistos y anfibolita.

En la sierra de Drakensberg, el sustrato geológico en el nivel alto es de lavas basálticas (Killick 1997). El monte Camerún está sobre una base de granitos complejos de edad precámbrica recubierta por rocas volcánicas terciarias.

Los suelos de las diferentes montañas altas difieren mucho dependiendo de la química de la lava original, la pendiente, la precipitación y la vegetación. Algunos de ellos, por lo menos los de Elgon y Meru, parecen haber sido formados de cenizas volcánicas. La erosión del suelo es algo en los terrenos inclinados pero su intensidad parece haber aumentado, en algunas áreas de manera alarmante, por actividades de sobrepastoreo y labranza. Para Etiopía, Hurni (1990) da valores de hasta 30 mm de profundidad de suelo erosionados cada año.

En Lesotho los suelos son delgados y raramente pasan de 15 cm de profundidad, y a veces no hay suelo sino sólo escombros. La superficie de la planicie de lava del monte Camerún está cubierta por suelos húmicos ferralíticos derivados de material parental de lava terciario.

Vegetación

Zonación

Las altas montañas del mundo muestran una zonación vegetacional que refleja los cambios climáticos graduales que se presentan con el aumento de la altitud. En África oriental, la mayor parte de esta zonación es todavía fácilmente reconocible y comprende un cinturón boscoso montano, un cinturón ericáceo y un cinturón afroalpino (Hedberg 1951). Pero en Etiopía sólo quedan fragmentos del cinturón boscoso montano y los cinturones ericáceo y afroalpino han sido intensamente degradados por influencia humana (Scott 1952, 1958; Hedberg 1971, 1978).

El límite inferior del cinturón boscoso montano varía entre 1.700 y 2.300 m, estando el límite superior en alrededor de 3.000 y 3.300 m. El cinturón se caracteriza por la presencia de un gran

número de especies de madera dura y algunas coníferas, a veces incluyendo una marcada zona de bambúes (*Arundinaria alpina*). El límite inferior del cinturón ericáceo está entre 3.000 y 3.300 m, y el superior entre 3.550 y 4.100 m. Está dominado por árboles y arbustos de *Erica arborea* y unas pocas especies de *Philippia*, que en muchos casos están muy estropeados por el fuego. Finalmente, el cinturón afroalpino empieza sobre el ericáceo, es decir, sobre el límite de la vegetación ericácea (árboles o arbustos) más o menos continua y se extiende a las cimas más elevadas.

Tipos de vegetación

Un breve estudio de la vegetación afroalpina en el África oriental fue presentado por Hedberg (1951), con estudios posteriores más detallados (Hedberg, 1964b). Los cinco tipos vegetacionales más importantes presentados aquí están representados por los bosques de *Dendrosenecio*, el matorral de *Helichrysum*, el matorral de *Alchemilla*, el pajonal de penachos y las ciénegas de *Carex* y sus comunidades relacionadas. La importancia relativa de estas comunidades difiere según las montañas y según la orientación de cada una de ellas. En algunos casos, la vegetación puede aparecer como "una variedad infinita de mezclas" (White 1983, p. 169), especialmente donde ha habido un disturbio humano a través de fuegos, recolección de leña o pastoreo.

El "brezal alpino", que es la comunidad clímax en la región de la "tundra" de Lesotho, está dominado por especies leñosas bajas de *Erica* y *Helichrysum* y tiene una fisonomía muy irregular. En partes es baja y parece incluso una turba, mientras que en otras áreas es bastante alta, desigual y abierta. No es abundante pues mucho de ella ha sido cortado para ser usado como leña. El brezal está entremezclado con extensos pajonales dominados por especies de *Festuca*, *Merxmüllera* y *Pentstemon*.

La vegetación de los más altos picos del monte Camerún está dominada por varias especies de poáceas.

La más heterodoxa de las comunidades mencionadas es la del bosque de *Dendrosenecio* en el África oriental. Tradicionalmente, un cinturón afroalpino debería estar por sobre la línea superior

de los bosques. Sin embargo, este *Senecio* gigante no es un árbol común y corriente. A través de sus grandes "yemas nocturnas" en los ápices del tronco y los "abrigos" provistos por los cilindros de hojas muertas marcescentes, está específicamente adaptado a condiciones trópico-alpinas (Hedberg 1964b). Las especies de *Dendrosenecio* son, de hecho, una de las plantas que llegan a mayor altura en estas montañas. Los bosques de *Dendrosenecio* parecen requerir un suelo comparativamente profundo con una buena provisión de agua superficial más o menos móvil. Están presentes en todas las montañas altas esteafricanas, excepto Meru, cuyas partes altas son obviamente muy secas. En cada una de ellas, estos bosques están dominados por especie vicariantes o subespecies diferentes pero cercanamente relacionadas. El género es endémico al África oriental (Hedberg 1986) y consecuentemente no hay estos bosques ni en Etiopía ni en otras partes del mundo. Esta es la planta que muestra una semejanza asombrosa con los frailejones andinos del género *Espeletia*.

El matorral de *Helichrysum* también está dominado por diferentes taxones vicariantes en las diferentes montañas. También aparece en Etiopía y frecuentemente se encuentra sobre terreno rocoso. Es más impresionante en Ruwenzori, donde *Helichrysum stuhlmannii* forma un matorral denso de 2 m de alto, y es menos conspicuo en las otras montañas pero prácticamente se encuentra en todo terreno rocoso del cinturón afroalpino.

El matorral de *Alchemilla* prefiere pendientes suaves en terrenos bien drenados y está presente en todas las montañas esteafricanas. Aparte de la especie ubicua *A. johnstonii*, contiene un grupo de taxones cercanamente relacionados de la sección Subcuneatifoliae, con taxones vicariantes en las diferentes montañas (Hedberg, 1957, 1964b). Desde un punto de vista fitogeográfico, es interesante que el matorral de *Alchemilla* en las diferentes montañas difiera no sólo en una de sus dominantes más importantes sino también en varios otros aspectos. Esto sugiere que esta comunidad no debe haberse diseminado como tal, sino que se sintetizó de nuevo en cada montaña a partir de un banco particular conformado por las especies que estaban disponibles allí (Hedberg, 1964b). En el sur de Etiopía el matorral de *Alchemilla* está dominado por *A. haumannii*, un vicariante norteño de *A. johnstonii* (Hedberg, 1986).

El pajonal de penachos mayormente dominado por especies de *Festuca*, pero también con especies de *Agrostis*, *Andropogon*, *Coeleria* y *Pentstemon*, está en todas las montañas involucradas, pero es menos común en las más húmedas (los volcanes Virunga y Ruwenzori). Prefiere terrenos bien drenados y no muy pendientes, y es favorecido por las quemas en detrimento del matorral de *Alchemilla*. Algunos detalles acerca de la composición de este tipo de vegetación en las montañas ecuatoriales esteafricanas se presentan en Hedberg (1964b), y para el área de Simen en Etiopía por Nievergelt (1981) y Hurni (1986).

Finalmente, las ciénegas de *Carex* están restringidas a áreas de pendientes suaves con drenaje impedido y normalmente forman turbas. Son más importantes en el cinturón ericáceo que en el afroalpino, pero ciertamente también aquí tienen un papel. Sus dominantes más importantes son *Carex runssoroensis* y *C. monostachya*, con una importante subdominante en *Alchemilla johnstonii*. En el África ecuatorial oriental estas ciénegas están en todas las montañas menos Meru (Hedberg 1964b). También han sido reportadas desde las montañas Simen de Etiopía (Hurni 1986).

Flora

El duro clima afroalpino descrito antes ha permitido que sobreviva allí sólo un número limitado de especies de plantas vasculares. Son tan pocas que White (1978, p. 466) clasificó para África oriental esta zona como algo parecido a un archipiélago "muy pobre en términos florísticos". Una revisión taxonómica de esta flora afroalpina está en Hedberg 1957. Hay un número de briofitas (cf. Potier de la Varde 1955; Arnell 1956) y líquenes que también se encuentra aquí. La flora difiere tanto de la de niveles inferiores en las mismas montañas y en las alturas circundantes (> 80% de sus especies son endémicas a las altas montañas esteafricanas y Etiopía) que ha sido tratada como una región florística separada (Hauman 1955; Monod 1957; Hedberg 1965; White 1970). Sin embargo, su delimitación con respecto a la flora afromontana de más abajo no es algo fácil (White, 1970, 1978). Opuesto a los páramo andinos, hay pocas especies afroalpinas que están totalmente restringidas al cinturón afroalpino; la

mayoría de ellas ocurre también más abajo en las montañas. En Lesotho consiste principalmente de especies arbóreas bajas.

La naturaleza extrema del ambiente afroalpino hace que sea natural el que muchas de sus plantas no tengan parientes cercanos en la vecindad inmediata sino en otras áreas. Con base en el área donde tienen sus parientes más cercanos, pueden ser distribuidas en siete "elementos florísticos genéticos" (Tabla 1), lo que ilustra un amplio espectro de afinidades. Obviamente, el origen y desarrollo de la flora afroalpina ofrece mucho campo para investigaciones interesantes (Hedberg 1986).

Uno de los aspectos más notables de la flora afroalpina es la presencia de numerosos pares de grupos de taxones geográficamente vicariantes, siendo el más famoso de ellos el que se da entre los gigantes senecios y lobelias, algo descrito detalladamente por vez primera en Fries y Fries (1922a,b). A pesar de la reducción ulterior de los taxones vicariantes (Hedberg 1955, 1957), la cantidad de endemismo local reconocido para la flora afroalpina es muy impresionante (Hedberg 1969, 1986).

Algunas de las características iniciales que llamaron la atención de los primeros exploradores de la flora afroalpina son las formas y tamaños raros de algunas de las plantas, tales como las rosetas gigantes, las inflorescencias masivas y los troncos cubiertos por hojas muertas de los *Senecios* y *Lobelias*, el color parduzco de los densos penachos, etc. Se ha demostrado que estas particularidades morfológicas, así como varias otras, son adaptaciones al estrés climático impuesto por las heladas nocturnas y el rápido aumento de temperatura tras el alba (Hedberg, 1964 a,b). El *Senecio* gigante, *Dendrosenecio keniodendron*, por ejemplo, tiene una gran roseta terminal que se dobla hacia adentro en la noche, formando una yema nocturna. Su tronco está cubierto por un grueso abrigo formado por hojas muertas marcescentes, lo que le provee de un aislamiento térmico perfecto para el tejido conductor de agua en el interior y la médula provee de un almacén de agua para contrarrestar la intensa evaporación en la primera parte del día.

Otras adaptaciones que favorecen la resistencia a las heladas, el almacenamiento de agua y la resistencia a la soliflucción se encuentran en otras plantas. Un estudio detallado de la flora afroalpina descubrió que todas las especies dominantes

pueden ser clasificadas dentro de cinco formas de vida principales: plantas de roseta gigante, penachos de pajonal, plantas de roseta acuaescente, plantas de almohadilla y arbustos esclerófilos.

Fig. 1. Es notable que bajo similares condiciones climáticas, las mismas formas de vida dominan la vegetación del páramo sudamericano, donde el clima es muy similar (I. Hedberg y O. Hedberg 1979; O. Hedberg 1986; Mena y Balslev 1986).

Fauna

Entre las áreas de altas montañas de África, Etiopía sobresale con un inventario de fauna. La fauna de la parte alta de las montañas esteafricanas no ha sido inventariada todavía a ese nivel, pero allí también existe un número considerable de mamíferos y aves. Algunas notas generales fueron escritas por Jeannel (1950), un reporte para el monte Kenya por Coe (1967) y algunas notas para el Ruwenzori por Burgeon (1937). Como en muchos otros casos, las aves han atraído más atención y no solamente las bellas especies de *Nectarinia*.

Si bien es casi inevitable que cada visitante al cinturón afroalpino en el África oriental vea un damán de las rocas (*Procavia johnstonii*), que se presenta con diferentes razas en todas las altas montañas y que a veces ha sido malcriado por el turismo, será mucho más difícil que vea a la rata topo gigante (*Tachyoryctes rex*), un roedor que también está presente a través de una serie de taxones aislados geográficamente. Esta rata excava túneles extensos y pasa la mayor parte de la vida bajo tierra. En sus nidos se encuentra una cantidad de insectos extrañamente especializados, especialmente coleópteros, totalmente restringidos a este ambiente (Jeannel 1950).

Estos nidos de la rata topo gigante proveen de un buen ejemplo acerca de nichos ecológicos requeridos por invertebrados en el ambiente afroalpino, donde las heladas nocturnas son comunes a lo largo del año, impeliendo a los invertebrados a adoptar un modo de vida criptozoico (Salt 1954). Pueden vivir en nidos de animales, bajo rocas grandes, en las rosetas de senecios o lobelias gigantes o en el manto de hojas muertas de los troncos de *Dendrosenecio*. En este último hábitat,

Holm (1962, 1964, 1968) encontró varias especies vicariantes de un género de arañas, cada una restringida a una montaña y todas confinadas a este nicho ecológico. Aparte de un par de estudios pioneros, la fauna de invertebrados del cinturón afroalpino parece haber sido muy poco estudiada y contiene muchas especies aún no descritas. Por ejemplo, Burgeon (1937) reportó de algunas muestras recolectadas en Ruwenzori a 4.200 m, 23 especies de insectos, 19 de las cuales eran nuevas para la ciencia. Dos de ellas eran suficientemente diferentes de otros taxones previamente conocidos como para ser descritas como nuevos géneros. En algunos grupos de escarabajos, la especiación parece haberse vuelto loca. En un área pequeña que comprende un décimo de la zona afroalpina en Elgon, Jeannel (1950) reportó 22 especies y subespecies diferentes del género de carábidos *Trechus*. Esto le llevó a generar la hipótesis de que, al investigar toda el área del cráter, uno encontraría 200 diferentes taxones del género, desarrollados como resultado de los hábitos criptozoicos del grupo.

Los animales más famosos de la fauna afroalpina son los raros y amenazados mamíferos de Etiopía, tales como el ibice o rebeco de Walia (*Capra ibex*) y los babuinos de gelada (*Theropithecus gelada*) en Simen (Nievergelt 1981), y el niala montañés (*Tragelaphus buxtoni*) en las montañas de Bale, así como el zorro de Simen (*Canis simensis*) en ambas áreas (Hillman 1990). También hay una rica avifauna afroalpina. Una lista del Parque Nacional de Simen enumera 31 mamíferos y 113 aves (Hurni 1986). Más de 50 especies de mamíferos y 180 de aves se han reportado de las montañas de Bale (Hillman 1990). Según Hearnay (en Hillman 1990), las montañas de Bale son un centro de endemismo de fauna. Ya que 20% de los animales silvestres son supuestamente endémicos, esta área es considerada como la que posee el nivel más alto de endemismo de mamíferos entre los hábitats terrestres del mundo entero.

También a nivel de avifauna existen similitudes entre los páramos andinos y el cinturón afroalpino, aunque no tan llamativo que en la vegetación (Dorst y Vuilleumier, 1986)

EXPLOTACIÓN HUMANA

Dada la lluvia orográfica, las pendientes de las montañas más altas tienen una precipitación mayor y por tanto mejores posibilidades para la agricultura que la mayoría de los terrenos circundantes. La rápidamente creciente población en estas áreas ha incrementado la necesidad de tierras y así también la presión sobre reservas y parques nacionales. En todas las áreas esto ha causado un aumento creciente de las incursiones hacia la vegetación hasta niveles bastante altos, mientras que la vegetación afroalpina ha sido menos afectada. Con una excepción, no hay asentamientos permanentes en el cinturón afroalpino y, por lo tanto, no se necesitan todavía arreglos para una provisión permanente de agua, etc. El pastoreo de animales domésticos puede ocurrir en estas áreas y éstas están muy expuestas a fuegos causados por la gente. Ya que la vegetación afroalpina así como la de los cinturones inferiores tiene una notable importancia para la conservación del agua y el control de la erosión, deben introducirse medidas de conservación.

La única excepción sobre asentamientos humanos se refiere a Etiopía. Las tierras altas sobre los 1.500 m comprenden el 43% del país y han sido cultivadas por siglos (Hurni 1990). Así, muy poco queda del bosque original y, como se dijo antes, la zonación vegetacional está muy borrada. La agricultura ha sido empujada en ciertos sitios hasta los 3.800 m de altitud (Nievergelt 1981) y en las montañas de Bale se explotan extensivamente los rodales alpinos de *Philippia abyssinica* para leña.

El pajonal alpino de Lesotho ha sido usado para pastoreo de animales domésticos durante los meses de verano solamente, pero en años recientes ha habido una tendencia a dejar permanentemente allí el ganado. En el monte Camerún no hay pastoreo regular y no se encuentran plantas leñosas a ese nivel.

Un estudio general de la "Utilización y Conservación de las Altas Montañas del África Oriental" fue hecho por Hedberg (1978). Un libro extremadamente bello basado en varios años de estudio y con críticas e ideas constructivas para Ruwenzori y los volcanes Virunga ha sido publicado por Yeoman (1989). El área afroalpina más degradada, el

Parque Nacional de Simen, ha sido objeto de estudios muy detallados que se concentran en la conservación del rebeco de *Walia Ibex*, lo que ha resultado en un plan de manejo para el área (Hurini 1986). Un estudio paralelo e igualmente detallado ha producido un plan de manejo para las montañas de Bale (Hillman 1986). Se necesitan urgentemente planes similares para las otras montañas altas del África oriental.

Se han llevado a cabo inventario en los montes Camerún desde hace años y planes de manejo para estas áreas están en preparación.

CONCLUSIONES

Las áreas afroalpinas son, de varias maneras, sobresalientes. Tienen, como se ha mostrado, una gran importancia como zonas de captación de agua y tienen paisajes escénicos con una fauna y una flora únicas. Su clima inhóspito los hace inaptos para asentamientos humanos, de modo que su conservación en reservas y parques nacionales no debería, en teoría, tener problemas mayores. Pero, dado el incremento muy rápido de la población en las áreas aledañas, su conservación se enfrenta con grandes dificultades. Ya que hay un continuo intercambio biológico entre el cinturón afroalpino y las partes inferiores de las montañas, la explotación de estas últimas también tendrá su impacto en las más altas.

Gracias a las mismas condiciones climáticas, las áreas afroalpinas muestran una gran semejanza con los páramos andinos en términos de formas de crecimiento y estructura de la vegetación. Biogeográficamente son distintas porque los Andes forman una cordillera conectada sobre todo el continente mientras que las montañas esteafricanas son más separadas. Con la excepción de las tierras altas de Etiopía, hay mucho menor intervención humana en el paisaje afroalpino, pero su valor como fuente de agua es de igual importancia para los asentamientos humanos a altitudes más bajas.

El excelente resumen de Hillman (1990) para el Parque Nacional de las Montañas de Bale también vale para otras áreas afroalpinas: "Es también fácil para el campesinado y las administraciones ver en la parte "no usada" del Parque una provisión aparentemente infinita de árboles, pasto y agua, pero les es difícil concebir los límites del cambio que estos procesos ecológicos naturales pueden soportar. La elección está entre una economía "de robo", de corto plazo aunque exitosa, o la utilización a largo plazo, regulada, autosostenible de los recursos naturales renovables". Conflictos similares entre conservación y explotación se dan en todas las demás áreas montañosas altas. La conservación a largo plazo de las áreas afroalpinas puede que, por tanto, nunca sea alcanzada, a no ser que haya un entendimiento total y una colaboración irrestricta de la población local en la parte inferior de las montañas, así como de las autoridades gubernamentales interesadas.

Figura 1. Esquemas de las cinco formas de vida fanerógamas más importantes del cinturón afroalpino. A) Planta de roseta gigante; B) Penacho de pajonal; C) Planta de roseta acaulescente; D) Planta en almohadilla; E) Arbusto esclerófilo. De Hedberg (1964a).

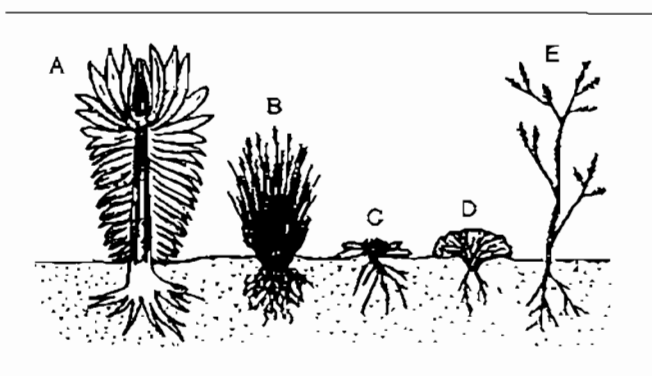


TABLA 1: Elementos genéticos de la flora que aparecen en la flora afroalpina (de Hedberg, 1986)

*** El elemento endémico afromontano combina los elementos afroalpino y afromontano.**

**** El elemento sudafricano combina los elementos sudafricano y de El Cabo.**

Elemento	No. de taxones	Porcentaje %
Elemento Afromontano endémico*	82	32
Elemento sudafricano**	25	10
Elemento templado del hemisferio sur	6	2
Elemento templado del hemisferio norte	34	13
Elemento mediterráneo	18	7
Elemento himalayo	8	3
Elemento pantemplado	87	33
Total	260	100



LOS ECOSISTEMAS ALPINOS DE NUEVA GUINEA Y EL SUDESTE DE ASIA

Varias montañas tropicales de notable altitud están presentes en las islas localizadas aproximadamente entre los continentes de Asia y Australia, incluyendo el archipiélago indonesio y la isla de Nueva Guinea (que comprende tanto Papua Nueva Guinea, en la parte oriental, como en la parte occidental Irian Jaya). El punto más alto está en el Puncak Jaya (4.954 m) en Irian Jaya, que es la montaña más alta en cualquier isla del mundo. Otros picos importantes en otras islas son el granítico monte Kinabalu (4.101) en Borneo, mientras que Taiwán posee varias montañas que exceden los 3.800 m, como el monte Yu, el más alto con 3.980 m. Hay 18 elevaciones superiores a los 3.000 m en Sumatra, Java, Bali y Lombok, siendo el más alto de ellas el monte Kerinci en Sumatra, con 3.805 m. Sin embargo, el rango más extenso está justo al sur del ecuador en la isla de Nueva Guinea. En este artículo se pone énfasis so-

ASIA Y OCEANÍA

Geoffrey Hope

Dept Archaeology and Natural History,
Australian National University

Roger Hnatiuk

13 Ellis Place, Cook ACT 2614, Australia

Jeremy Smith

Australian Antarctic Division, Channel Highway, Kingston,
Tasmania 7050 Australia

bre Nueva Guinea y se hacen menciones circunstanciales de las otras montañas en la región.

Nueva Guinea cubre aproximadamente 808.510 km², lo que la hace la segunda isla más grande del planeta detrás de Groenlandia (Enciclopedia Británica 2002). Estructuralmente, es parte de la placa australiana y se encuentra al norte de Australia, limitando el flujo de agua del Océano Pacífico hacia el Índico. La isla posee una forma irregular, con un eje largo que se extiende por cerca de 2.400 km en dirección este-oeste. Es a lo largo de esta espina central que se elevan montañas altas en una cadena rota y sobre las cuales se desarrolla el ecosistema alpino (Figura 1) (Löffler 1979). Hay una cordillera relativamente sencilla de areniscas y calizas levantadas en Papua occidental (también conocida como Irian Jaya, la provincia más oriental de Indonesia) que se extiende desde las montañas Weyland en el occidente hasta las montañas Star y el monte Kerigomna en Papua Nueva Guinea (PNG). Las crestas están a elevaciones superiores a 3.500 m a lo largo de su extensión y así forman la mayor área de hábitat alpino o subalpino. Los tres picos más altos se encuentran en Papua occidental. El más alto, todavía con glaciares, es el Puncak (monte) Jaya (4.954 m) (conocido anteriormente como

monte Carstenz). Hacia el este están el monte Trikora (Wilhelmina), con 4.770 m, y el monte Mandala (Juliana) con 4.680 m ambos con domos nevados en el pasado reciente.

En Papua Nueva Guinea (PNG) la cordillera se ensancha y tiene una sierra norte y una sierra sur, con una geología más compleja. Los picos volcánicos extintos, como el monte Gluwe (4.630 m) y la masa granodiorítica del monte Wilhelm (4.509 m), dominan las tierras altas centrales. Hacia el nordeste de la cordillera principal está la aislada sierra de Sarugawed-Finesterre (monte Bangeta, 4.121 m), formada por sedimentos. Hacia el suroeste, la sierra de Owen Stanley, formada por rocas metamórficas y sedimentarias, se extiende desde el monte Albert Edward (3.990 m) en el noroeste hacia el aislado monte Suckling, siendo el pico más elevado el monte Victoria con 4.130 m. Las montañas altas cubren un rango altitudinal entre aproximadamente 3°S a 8°S, con extensiones menores en la península de Veda hacia el occidente y hacia Nueva Bretaña en el este.

Las montañas tropicales altas de esta región pueden así ser vistas como elementos bastante aislados. Hacia el norte, las montañas altas más cercanas del Asia están en la porción oriental de los Himalayas en la provincia sureña de Yunnan, aproximadamente en 24°N. Al sur, solamente unos cuantos picos diseminados en el sudeste de Australia exceden los 2.000 m y no se encuentran hábitats alpinos sino hasta que aparecen Nueva Zelanda y Tasmania en 38-46°S.

En el sudeste de Asia, "alpino" ha sido taxativamente definido como la vegetación sobre el bosque cerrado y, más estrictamente, es considerada como una vegetación de cimas controlada por características edáficas, disturbios y vientos altos. En el monte Kinabalu, la espalación del granito y la fuerte precipitación, que causan una carencia de acumulación de suelos, han significado la formación de una cumbre de 19,7 km² de roca desnuda y rocalla, lo que constituye el principal de la vegetación (Smith, J. M. B. 1980). La mayor parte de las cimas volcánicas de Indonesia son altamente sucesionales por la actividad volcánica y a presencia de escoria de libre drenaje, de modo que carecen de hábitats alpinos estables (Hamzah et al. 1972). A pesar de que el término "alpino" se emplea aquí por conveniencia, algunos autores (por ejemplo Smith, J.M.B. 1975), señalando los muy notables contrastes ecológicos entre las mon-

tañas altas de hábitats templados y tropicales, han propuesto que no se use el término en contextos tropicales. Smith, J.M.B. (1975) ha sugerido en vez el uso del término "tropicalpino".

La "zona alpina" de Nueva Guinea ha sido definida como "... una zona sin árboles que limita con una zona transicional subalpina y a lo largo de su límite superior está bordeada por las últimas plantas vasculares" (Royen 1979: 22). Sin embargo, las plantas crecen hasta las partes más altas disponibles y es poco probable que exista un verdadero límite al crecimiento (Hope 1980a). El límite altitudinal del bosque varía y es más alto sobre areniscas, donde llega hasta 4.050 m, y menor en las partes sombreadas y cenagosas de las montañas volcánicas metamórficas, a 3.650 m. En muchas áreas, sin embargo, la línea natural de los árboles ha sido fuertemente disturbada y hay extensas praderas bajo los 3.000 m (Hope 1980b). El área sobre los 3.500 m que fue afectada por los glaciares se estima grosso modo en aproximadamente 2.000 km² (Papua Occidental 1.100 km², PNG ca. 800 km²) (Hope 1989), de modo que el área de hábitat alpino natural moderno tiene en total unos 700 km². Pero durante el Pleistoceno el límite de los bosques parece haber estado sólo a 2.200 m de altitud, lo que daba una zona libre de árboles de cerca de 50.000 km².

Orígenes

Las cordilleras montañosas del sudeste de Asia y Nueva Guinea tienen sus orígenes en los levantamientos geológicos de rocas tanto sedimentarias como máficas/ultramáficas de edad terciaria y mesozoica, cuando el borde norte de la placa tectónica Indoaustraliana se movió hacia el norte y chocó contra la placa tectónica Eurasiática y otras placas menores (Hall 2001). Este movimiento hacia el norte aún continúa. La colisión produjo un levantamiento rápido ya que los hábitats pliocénicos y alpinos pueden haber aparecido entonces en Nueva Guinea. Se piensa que las montañas tienen 2-3 millones de años, lo que las hace geológicamente jóvenes (Pigram y Davies 1987). Varias dataciones indican que los granitos del monte Kinabalu se enfriaron hace entre 9 y 4 millones de años y fueron levantados por una colisión contra las placas del Mar del Sur de la China, Sulu y Eu-

asiática, lo que también creó la parte noroccidental de Borneo. Lee y Choi (1996) señalan un gran levantamiento tectónico de largo plazo con una tasa de 0,5m/año. Se han estimado tasas dos veces más rápidas para la región de la terraza de Huon, al norte de la sierra de Sarugawed. La relativa juventud de los climas montanos en Nueva Guinea es sugerida por la aparición tardía del taxón temperado *Nothofagus* en los registros, en el Mioceno tardío (Truswell 1993), a pesar de que ya existía en el norte de Australia desde el Cenozoico temprano.

Hay amplias evidencias de glaciación en Nueva Guinea y la línea de nieve pleistocénica estuvo aproximadamente en 3.400-3.500 m hace 18.000 años antes del presente (AP) (Peterson et al. 2001). La evidencia de glaciaciones anteriores no es abundante pero está claro que las fluctuaciones en el tamaño y la conectividad de las áreas alpinas han tenido un impacto importante sobre la naturaleza de la flora alpina. El área de tierra de la zona alpina en Nueva Guinea en el último máximo glacial (UMG) fue mucho mayor que la actual. El área de hielo permanente es actualmente pequeña pero en el tiempo del UGM se estima que había entre 1.100 y 1.400 km² de hielo, reflejando temperaturas entre 5 y 8 °C menores que las de hoy día (Löffler 1972). Diferencia de muchas otras regiones, las condiciones fueron húmedas, según se evidencia por la extensiva glaciación y la carencia de actividad periglaciales. La nieve probablemente fue común incluso en las cimas de hasta 3.000 m a lo largo de la región y había cascadas de nieves en el monte Kinabalu y en Taiwán (Flenley y Morley 1978; Cui et al. 2002). La vegetación alpina debe haber sido mucho más extensa que en la actualidad, cubriendo alrededor de 20.000 km². También es posible, con base en evidencia palinológica, de que el límite superior del bosque haya estado más abajo, llegando a sólo 2.200 m, de modo que un área de alrededor de 50.000 km² carecía de árboles a pesar de su carácter subalpino con matorrales y helechos arbóreos en las praderas (Hope 1986; Peterson et al. 2001). El matorral subalpino de *Rapanea* y *Ericaceae* invadió después del año 1400 AP y se diversificó y convirtió en un bosque con la aparición de podocarpáceas y otros taxones, luego del año 10500 AP. Ésta invasión redujo el área total sin árboles en Nueva Guinea a casi 1.000 km² para el año 9000 AP.

El ambiente alpino

Las montañas malesianas son probablemente las más húmedas de la tierra, ocupando una región que es la mayor fuente de calor latente debido a temperaturas oceánicas altas y a extensos mares superficiales. Sólo las faldas amazónicas de los Andes orientales pueden competir con esta humedad y hay poca evidencia de que haya una reducción sustancial de la humedad disponible en las áreas de cumbre, al contrario de lo que sucede en las montañas africanas como el monte Kenia. En Nueva Guinea hay un pronunciado máximo de precipitación a altitudes medias al igual que en otras montañas tropicales. Sin embargo, los totales de precipitación son tan altos (6-12.000 mm por año) y la actividad convectiva diurna es tan intensa, que cualquier reducción en la precipitación con la altitud no afecta al exceso de precipitación versus la evaporación. La precipitación anual en las cimas está estimada en 2.400-3.500 mm para la cordillera principal, posiblemente reducida a lo largo de la sierra de Owen Stanley. La capa de nubes a media mañana es una característica de la mayoría de las áreas de cumbre (Barry 1978; Hnatiuk et al. 1976). Las montañas tienen cambios estacionales pequeños en el occidente de Nueva Guinea pero se puede experimentar una estacionalidad mayor hacia el oriente, donde pueden ocurrir una precipitación menor y ocasionales períodos despejados de varios días. Estos períodos se presentan en la estación de los alisios del sudeste en algunas montañas, entre mayo y septiembre, pero en los flancos expuestos al sur, los períodos transicionales febrero-mayo y septiembre-noviembre pueden ser estaciones de máxima precipitación.

Las condiciones muy húmedas reducen el rango de temperatura en comparación con los Andes y el África, menos húmedos. Las temperaturas bajo -5 °C son raras. Las temperaturas superficiales en la fuerte insolación pueden a menudo exceder los 25 °C, pero las temperaturas del suelo indican que el límite superior del bosque está a aproximadamente 6 °C. La orientación (aspecto) tiene efectos considerables (Smith, J.M.B. 1977a): aquellas plantas que reciben el sol de la mañana gozan de un ambiente más caliente en los flancos occidentales porque el sol está frecuentemente cubierto por las nubes de la tarde. Las temperaturas del

suelo también son mayores en sustratos de drenaje libre, como las calizas y así el límite superior del bosque se eleva concomitantemente.

La variabilidad entre años diferentes puede ser más extrema que la variación dentro de cada año. Los eventos de El Niño pueden producir períodos de sequía de varias semanas de duración con intervalos de unas pocas décadas, como ocurrió en 1972, 1984 y 1997-98. Las heladas fuertes pueden suceder en estas épocas secas y pueden producirse también extensos incendios (Ballard 2000, Brookfield y Allen 1989).

Los suelos alpinos húmidos se presentan en la mayoría de estas montañas en forma de arcilla húmica o turbas arcillosas de entre 20 y 80 cm de profundidad (Bieker 1980). Estos suelos tienden a estar saturados de agua y ácidos, soportando plantas de ciénaga en las pendientes. La fertilidad es baja, pero en PNG a veces está mejorada por lluvias de ceniza volcánica. Los litosoles son comunes en las pendientes fuertes y en las cimas desnudas, y forman abanicos bajo los precipicios. Éstos varían de acuerdo con el tipo de roca y la edad. El retroceso glacial reciente ha expuesto áreas de tierra suelta que rápidamente son colonizadas por musgos y hierbas pioneras.

Características biológicas

La vegetación alpina

Dada la alteración, la vegetación alpina de Nueva Guinea sobre los 3.800 m de altitud se funde en muchas áreas con los matorrales y praderas subalpinos. La vegetación mejor estudiada está en los montes Wilhelm (Wade y McBean 1969), Carstenz (Hope 1976) y Trikora (Mangen 1993), mientras que Hope (1980a) da una visión más general de todas las montañas neoguineanas. La vegetación alpina está dominada por pastizales pero hay extensas áreas pantanosas. Hay matorrales, pero se encuentran restringidos en extensión. Pocas especies son obligadamente alpinas mientras que muchas se extienden hacia las praderas subalpinas hasta los 3.400 m o más abajo.

Las comunidades características de estas montañas son:

Matorral en el límite superior del bosque. La línea superior del bosque consiste de pequeños árboles de *Dacrycarpus compactus*, *Rapanea vaccinioides*, *Eurya brassii*, *Tasmannia* sp. y varias especies de *Rhododendron* y *Vaccinium*. En las montañas de caliza (como el monte Capella y las montañas Star), una maraña de arbustos de 1,2 m de alto puede extenderse hasta 200 m sobre las últimas formas arbóreas hasta cerca de los 4.000 m. En eso se incluyen los taxones mencionados, pero en las sierras occidentales se incluye también invariablemente una masa de hojas afiladas de *Coprosma brassii*. En el oriente pueden presentarse arbustos diseminados en el pajonal de *Detzneria tubata*, *Coprosma divergens* o *Haloragis micrantha*. La quema del límite del bosque frecuentemente ha eliminado este matorral transicional, permitiendo que el pajonal se extienda, de modo que en muchas montañas se forman parches aislados de bosques subalpinos en medio del pajonal.

Pajonal alpino de *Deschampsia klossii*. Este pajonal se encuentra en suelos turbosos en forma de densos rodales de penachos robustos, generalmente de entre 30 y 50 cm de alto. Hay pequeños arbustos de *Styphelia suaveolens* que pueden aparecer dentro del dosel junto a una gran variedad de hierbas como *Epilobium*, *Ranunculus* y *Potentilla*. *Polystichum papuana* es un helecho obligadamente alpino restringido al monte Wilhelm y al monte Giluwe, que se encuentra en el pajonal. La comunidad puede que represente una vegetación estable en suelos maduros. La especie dominante tiene una forma vivípara que se encuentra en tierra suelta fresca. También está ampliamente distribuida en las comunidades de penachos subalpinos pero no en todas las montañas.

Pajonal alpino bajo. Este pajonal está dominado por paja de tipo manto o prado y por pequeños penachos, incluyendo *Danthonia vestita*, *Deeyuxia brassii*, *Poa callosa* y *Danthonia oreoboloides*. Juncos como *Carpha alpina* y una amplia variedad de hierbas, musgos y líquenes también están presentes, siendo *Ranunculus* y *Gentiana* comúnmente prominentes. Varias formas de estos pajonales se hallan en muchas montañas pero po-

siblemente tienen límites relacionados con los nutrientes, de modo que no son comunes en las montañas calizas. Los pantanos de almohadillas y otros pantanos generalmente las circundan. Puede haber arbustos pequeños tales como *Styphelia*, *Tetramolopium* y pequeños *Rhododendron* esparcidos entre el pajonal.

Musgales alpinos. Alfombras de musgos, hepáticas y líquenes forman una cubierta incompleta sobre la tierra suelta y rocalla frescas en las áreas de cumbre. Pequeños penachos y hierbas tales como *Epilobium* y *Ranunculus* están diseminados con una frecuencia determinada por el grado de saturación hídrica. Wade y McVean (1969) han sugerido que estas comunidades son equivalentes a una tundra y representan el límite del crecimiento vegetal. Sin embargo, están restringidas a áreas afectadas por retiros de hielo neoglaciales y son probablemente serales.

Pantanos alpinos. Están ampliamente distribuidos y son florísticamente menos variables que otras comunidades, tal vez debido a la dispersión de las semillas por aves acuáticas. Las comunidades incluyen pantano de *Carpha alpina*, pantano de *Carex gaudichaudiana*, ciénega de almohadillas de *Astelia papuana*, ciénega de almohadillas duras y ciénega de pastos bajos. Varios de estos tipos toleran períodos de inundación. En areniscas (monte Trikora) y basaltos (monte Giluwe), estos pantanos cubren la mayor parte del paisaje, a menudo puntuados por numerosas pozas superficiales causadas por interrupción en el drenaje.

Brezal de arbustos enanos. Este brezal consiste de arbustos enanos de hasta 15 cm de *Styphelia suaveolens*, una epacridácea que forma arbustos densos a menores altitudes, junto a *Drapetes ericoides*, *Tetramolopium* spp., *Parahebe* y numerosas hierbas y pastos en los claros. La comunidad ocupa suelos pedregosos bien drenados tales como crestas de morrenas y bordes de cauces.

La flora alpina de Nueva Guinea comparte muchos géneros, e incluso algunas especies, con la del monte Kinabalu, donde la planicie de la cima y sus picos son principalmente roca desnuda, y tienen una vegetación y suelos mínimos (Smith, J. M. B. 1980). Sin embargo, un brezal abierto se adhiere entre las grietas y crece en los barrancos. Las especies dominantes son *Eurya obovata*, *Rubus lowii*, *Stranvaesia havilandii*, *Leptospermum recurvum*, *Coprosma hookeri*, *Vaccinium stapfia-num*, *Rhododendron buxifolium*, *R. ericoides* y

Styphelia suaveolens. Las hierbas aparecen sobre los 3.600 m e incluyen *Potentilla leuconota*, *Oreobolus ambiguus* y *Aletris rigida*. Esto posiblemente representa un brezal alpino enano con áreas restringidas de pantanos sencillos.

La fauna de la Nueva Guinea alpina es restringida en su diversidad (Flannery 1995). Son comunes entre las rocas los pequeños roedores herbívoros (por ejemplo *Rattus niobe*, *Rattus richardsonii*) pero la rata gigante de Nueva Guinea (*Mallomys antap*) es rara. Los marsupiales incluyen la bandicota (*Microperoryctes longicauda*) y el colianillado cobrizo (*Pseudocheirops cupreus*), aunque probablemente éstos sean visitantes del límite superior de la zona arbustiva. Los canguros pequeños *Thylogale christensii* se conocen de fósiles de hace 3.000 años en refugios rocosos (Hope et al. 1993) y pueden haber sido alguna vez comunes en lo alpino antes de la introducción de perros salvajes, que ahora se encuentran en muchas montañas. El hallazgo en cuevas a 3.000 m de marsupiales del tamaño de un ternero, adaptados a comer hierba, sugieren que debió haber una más rica fauna herbívora alpina hace más de 30.000 años (Hope et al. 1993, Flannery 1992).

Las aves en las alturas de Nueva Guinea incluyen el petirrojo de las montañas nevadas (*Petroica archboldii*), la bisbita alpina (*Anthus gutturalis*), el mirlo de la montaña (*Turdus poliocephalus*), golondrinas y la cerceta de Salvadori (*Anas waigiensis*) (Schodde et al. 1975). El ave del paraíso de Macgregor (*Macgregoria pulchra*) es el miembro de este grupo de mayor altitud, pues vive en el límite superior del bosque a lo largo de la cordillera principal excepto en las montañas centrales donde puede ser que este extinta localmente debido a la cacería.

Biodiversidad (flora y fauna)

Las zonas alpinas probablemente nunca tuvieron un contacto directo con otras áreas de vegetación alpina vía tierra firme. La flora alpina (y de manera general la flora de montaña) de las montañas tropicales se deriva de un elemento malesiano tropical autóctono o, tal vez de manera predominante, por migración desde fuentes templadas del norte y del sur. Puede ser considerada como pobre y todavía en evolución (Paijmans y Löffler

1972, Smith, J.M.B. 1975). El establecimiento relativamente reciente y las dificultades de la dispersión a larga distancia de las especies adaptadas a climas fríos han contribuido a este bajo número de especies. Las que han sido transportadas por el viento o por animales desde otras regiones contribuyen fuertemente a los pajonales de altura y a otros ambientes no boscosos. Han sido llamadas el elemento "peregrino" por van Steenis (Hamzah et al. 1972, Steenis et al. 1972). Un estudio detallado en el monte Wilhelm (Smith, J. M. B., 1977b, Smith, J. M.B. 1977a) indicó que cerca del 18% de las especies tenían afinidades gondwánicas con géneros tales como *Detzneria*, *Tasmannia*, *Keysseria*, *Oreomyrrhis* y *Pittosporum*. Un 75% era de especies nativas pertenecientes a géneros del elemento peregrino. De ellas, 33% ocurrían fuera de Malesia, con 20% de áreas alpinas sólo hacia el norte, 50% desde el sur y 38% tanto del norte como del sur. Cincuenta y ocho de los 87 géneros del elemento peregrino tenían orígenes de amplia distribución con 11 predominantemente euroasiáticos y 18 australasiáticos. Veintisiete por ciento de la flora tropicalpina total del monte Wilhelm era de especies foráneas o malezas, pero entre ellas había un dinamismo considerable, tanto con extinciones cuanto introducciones recientes. Las especies foráneas estaban mayormente confinadas a los hábitats alterados.

Las capacidades genéticas de las especies también contribuyen a su establecimiento y a su estabilidad para permanecer en el frío ambiente alpino. Sólo se ha hecho un pequeño estudio sobre este tema en las plantas de Nueva Guinea (Hnatiuk 1978). Un estudio de la productividad primaria y del microclima de la principal especie formadora de penachos (*Deschampsia klossii*) indicó que tenía una productividad más alta en los sitios alpinos más altos y fríos que en los fondos de los valles subalpinos más abajo. Esto demostró la existencia de una especie adaptada al frío que había migrado pendiente abajo para ocupar sitios sin árboles ni arbustos debido a una combinación de drenaje de aire frío, lo que impulsaba heladas periódicas durante las épocas secas y de quemazas causadas por la gente.

La flora tropicalpina neoguineana se relaciona con las floras tanto de las regiones alpinas templadas como de las islas subantárticas (Smith J.M.B., 1979). Hay un pequeño número de taxo-

nes pero una fuerte semejanza a nivel de formas de vida que conecta estos sitios dispares y aislados. Además hay ciertos factores climáticos que son similares así como diferentes, lo que ayuda a afinar el entendimiento de los factores que controlan estos hábitats marginales.

El factor climático más fuerte en común entre estos ambientes alpinos o semejantes a alpinos son las temperaturas medias perpetuamente frescas a frías (Hnatiuk et al. 1976). Lo que distingue al ambiente tropicalpino de otros ambientes alpinos es el grado relativamente limitado de estacionalidad, a pesar de que esto depende altamente de las fluctuaciones de humedad, lo que a su vez influye en las fluctuaciones de temperatura. Se piensa que la carencia de estacionalidad en los hábitats tropicalpinos explica las altas tasas de fitomasa sobre el suelo: fitomasa bajo el suelo que se encuentran en la vegetación de las altas montañas tropicales, similar a lo que sucede en la vegetación tropical de bajo pero en contraste con la vegetación alpina o ártica (Smith y Klinger 1985).

La otra característica tropicalpina es la notable fluctuación diurna de la temperatura, con temperaturas de congelación sentidas en una buena porción de las noches a lo largo del año, dependiendo de la ausencia de una cubierta nubosa y de temperaturas sobre la de congelación todos los días. Estos cambios termales diarios hacen del ambiente un reto especialmente fuerte para la biota. Nunca o muy rara vez las temperaturas medias llegan a un nivel que permite el establecimiento de árboles. A altitudes menores, o en el caso de islas subantárticas con latitudes y altitudes menores, hay especies de arbustos que pueden establecerse y existir. Su presencia también depende de un período libre de fuego suficientemente largo; de otro modo los arbustos pueden ser excluidos. Hay evidencia de establecimiento arbustivo de pajonal alpino-bajo y subalpino del monte Wilhelm que ha estado libre de fuego. En Nueva Guinea las pendientes que miran al occidente son generalmente más frías que las orientales debido a la acumulación de nubes diurna y tienen por tanto un límite superior del bosque más abajo (Smith, J.M.B. 1977a).

La historia de la ocupación humana en Nueva Guinea

La gente se estableció en la isla de Nueva Guinea posiblemente ya hace 50.000 años. Las quemaduras de los bosques de grandes altitudes ya ocurrían para el año 31000 AP (Hope 1998). Ahora hay asentamientos indígenas que pueden ser divididos por los dos troncos lingüísticos (Papuanos y Austronesios) a pesar de que hay tantos como 700 lenguajes hablados en la isla. El impacto de la llegada del ser humano a la isla se ha dado principalmente por la influencia del fuego y del claro una vez que la agricultura se volvió parte de la vida diaria hace 7-9.000 años (Hope y Golson 1995, Swadling y Hope 1992). Mientras se hacían disponibles los nuevos cultivos, la agricultura pudo ser practicada a mayores altitudes y la población humana creció dramáticamente en las tierras altas a partir de ca. el año 7000 AP, lo que resultó en un claro extensivo de los principales valles montañosos para el año 5000 AP. Este proceso se aceleró con la introducción del camote hace unos 350 años lo que permitió el asentamiento en los valles empinados hasta 2.700 m.

No hay sitios arqueológicos en la zona alpina a pesar de que frecuentemente se encuentran refugios rocosos a lo largo de los senderos a través de las montañas. En uno de ellos, Mapala, a 4.050 m en el lado norte del monte Jaya, la ocupación ha sido fechada en 5000 años AP (Kilmaskossu y Hope 1985). El fuego se vuelve común en dos sitios cercanos en aproximadamente 10.800 años AP, de modo que la ocupación probablemente es considerablemente más antigua que la fecha del refugio rocoso (Haberle et al. 2001).

Las áreas montañosas difieren grandemente en cuanto al impacto de la gente. Algunas como los montes Wilhelm, Trikora y Albert Edward, han sido ampliamente deforestadas y las historias de la vegetación indican que esto ha estado ocurriendo a lo largo del Holoceno (Hope 1986, 1996). Los montes Wilhelm y Giluwe parecen haber experimentado unas tasas incrementales de alteración a partir de hace aproximadamente 3.000 años. Las montañas remotas, como el monte Scorpio en las montañas Star, no registran disturbios en el Holoceno.

Con la introducción de cultivos más tolerantes a las heladas como las papas, la col, etc., el impacto de las heladas es menor y la agricultura se hace viable a altitudes todavía mayores. Hoy día, el límite superior de la agricultura está en aproximadamente 2.700-2.900 m, todavía debajo del límite inferior de la zona alpina. Pero parte del impacto de la gente sobre el hábitat alpino está relacionado con la cercanía de los asentamientos. La remoción de madera de los bosques y el impacto de los cerdos fuera de las granjas representa impactos significativos sobre el ambiente. La cacería de mamíferos pequeños y especialmente de aves valiosas como el casuario y las aves del paraíso también impacta sobre la viabilidad de las poblaciones de tales especies. El fuego asociado con la cacería ha sido muy ampliamente distribuido en el medio alpino durante la sequía de El Niño de 1997-98.

Las primeras personas europeas de Nueva Guinea fueron portuguesas (1511). Los Países Bajos reclamaron la porción occidental de la isla en 1828. Gran Bretaña hizo lo propio con la porción sudeste en 1884 y Alemania la porción noreste el mismo año. En la fase inicial y media del siglo 20, la soberanía de las diversas partes de la mitad oriental de la isla se movió entre Alemania, Gran Bretaña y Australia, y también involucró a las Naciones Unidas. Para 1969, Indonesia anexó la parte occidental holandesa de la isla como una provincia, Irian Jaya, también conocida como Papua, mientras que Australia cedió la soberanía de la parte oriental y varias islas grandes al país independiente de Papua Nueva Guinea en 1975 (Enciclopedia Británica 2002). La exploración de las montañas altas empezó en 1898 pero el punto más alto, el monte Jaya, no fue alcanzado antes de 1935.

CARACTERÍSTICAS SOCIALES

Servicios ambientales

Las montañas de Nueva Guinea son importantes áreas de captación de agua, pero las conse-

cuencias directas para las naciones que las controlan son pocas. El turismo en las montañas está aún pobremente desarrollado y todavía tiene un carácter expedicionario en muchos lugares, un proceso que se dificulta por el limitado transporte, los permisos restringidos y los disturbios sociales. No hay una población residente sobre los 2.900 m (excepto dos minas), de modo que los únicos usos directos son una cacería limitada y los caminos entre asentamientos.

Las poblaciones montaÑeras principalmente comprenden un campesinado con horticultura de subsistencia y con una interacción relativamente baja con la economía externa, excepto cerca de los poblados. Los cerdos son el ganado más común, el cual se cría para intercambios ceremoniales. El transporte por carreteras es limitado y la mayoría de los contactos se hace por aviones pequeños. El control gubernamental es variable y algunas partes de Nueva Guinea son significativamente ignoradas por el estado (Hanson et al. 2001). En las áreas remotas de Papua, la influencia del gobierno tiende a estar restringida a las zonas cercanas a las pistas aéreas, pero se mantiene un sistema razonablemente bueno de escuelas primarias. En ambos países el ingreso viene principalmente del café, el ajo y otros vegetales. Las poblaciones principales están centradas en los grandes valles intermontanos y suman alrededor de 1,5 millones de habitantes, la mayoría viviendo en tierras bajo los 2.000 m y sin visitar ni depender de los productos de las tierras altas (Hanson et al. 2001).

LOS IMPACTOS Y EL ESTADO DE CONSERVACIÓN

El impacto de la agricultura y la ganadería

No hay impactos directos de estas actividades en el área alpina de Nueva Guinea. Ocasionalmente se pastan cerdos en la parte subalpina del monte Albert Edward. Sin embargo, las áreas montaÑas cercanas a las poblaciones mayores son

deforestadas extensivamente a través de procesos de quema a largo plazo llevada a cabo deliberadamente por parte de gente que caza. En general, no hay control sobre este impacto y no se han hecho intentos de regeneración. Pero con la urbanización gradual de las poblaciones, el uso de estas montañas podría estar declinando. Hay áreas grandes de hábitats subalpinos de los montes Jaya y Albert Edward, por ejemplo, que están en proceso de regeneración, algo más que nada evidente por la prevalencia de pajonales con helechos arbóreos subalpinos.

Minería

El Grasberg, un pico granodiorítico cercano al monte Jaya, tiene minas de oro y cobre (Mealey 1996), lo que ha llevado a un impacto notable sobre el monte Jaya por parte de visitantes a las minas y por el tránsito de la gente que trabaja en ellas a través del paso de Nueva Zelanda hacia el norte. También hay una mina grande en la parte subalpina del monte Porgera, donde ha habido un impacto sustancial en las altitudes bajo la mina y un incremento de las quemadas a lo largo de las rutas de acceso a través de la parte alpina.

Otras actividades

En algunas partes de las zonas alpinas de la isla el turismo se ha vuelto un factor significativo de la economía local. Los típicos impactos del turismo se presentan en la zona alpina, donde hay erosión de rutas, acumulación de basura, contaminación del agua e introducción de malezas (Sem 2002, Smith, J.M.B. 1989). Sin embargo, ha habido poco desarrollo, con sólo tres cabañas turísticas rudimentarias (montes Albert Edward, Wilhelm) y lago Habema (monte Trikora). Un camino que llegaba al lago Habema, en la parte subalpina del monte Trikora, fue construido en 1996 para fomentar el turismo (controlado por el gobierno), pero los fondos para mantenerla no están disponibles actualmente y el camino se usa poco, ya que los grupos locales se opusieron a él. La ruta hacia la mina de Ertsberg está restringida y el acceso generalmente es negado a los usuarios exter-

nos. Así, el acceso afuereño a las montañas neoguineanas es sustancialmente menor que en otras áreas montañosas tropicales.

La sierra entre los montes Jaya y Trikora y las pendientes hacia la costa sur están incorporadas en el parque nacional más grande de Indonesia, el Lorentz. Ésta soberbia área incluye varios asentamientos y está limitada al oeste por el área de concesión minera de Ertsberg, pero sin embargo es un área internacionalmente sobresaliente. En PNG el valle de Pindaunde del monte Wilhelm ha sido concesionado a la Junta de Parques Nacionales como parque nacional. El resto de las montañas no tienen ninguna condición legal como áreas de conservación y su propiedad permanece en manos locales o como parte de reclamos de tierras entre varios grupos competidores.

ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN

Las montañas de Nueva Guinea virtualmente carecen de actividades de conservación gubernamentales a pesar de que ambos países tienen restricciones a las actividades de explotación de animales y plantas en peligro. La investigación también está bajo control estatal y es difícil de tramitar. Los parques nacionales no tienen personal permanente ni recursos al momento. Las ONGs

tales como WWF han estado trabajando en planes de manejo para el Parque Nacional Lorentz (Smith, A. 1992), pero los recursos, a través de la Dirección General de Protección Forestal y Conservación de la Naturaleza (Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam PHPA) no han estado disponibles para ponerlos en práctica.

En general, la gente local dueña de las tierras lleva a cabo el manejo, tanto de las áreas de reserva como de las de no-reserva, cada vez más en consulta con ONGs. Algunas están empezando a desarrollar negocios para atender a las visitas de las montañas, cobrando tarifas altas y proveyendo de guías. Sin embargo, el personal del gobierno en Papua puede ignorar estas iniciativas de base y construir caminos, regular la cacería, la tala y los cambios de límites si deciden hacerlo. Por el momento, el aislamiento y la gran extensión de los hábitats alpinos son sus mejores protecciones. En contraste, el monte Kinabalu en Sabah está mercadeado como una atracción turística. Hay miles de personas que ascienden al pico Low cada año, usualmente como una caminata de dos o tres días, permaneciendo en cabañas y empleando guías. El grueso de estas visitas se concentra en una ruta y en una parte de la cima. Los controles a través del servicio del parque nacional son muy estrictos y el área protegida emplea un personal numeroso. Los esfuerzos de conservación son fuertes, tanto de parte del parque nacional como de la Sabah Nature Society y otras ONGs.

Reconocimientos

Los autores, que terminaron sus tesis doctorales sobre aspectos del monte Wilhelm mientras estuvieron en la, en ese entonces, estación de campo de ANU, agradecen a la Australian National University por apoyar su trabajo en las montañas. También agradecemos el apoyo de numerosas personas conocedoras de las montañas a lo largo de Nueva Guinea y en Sabah. G. Hope también agradece a Universitas Cenderawasih, Freeport McMoran y al WWF por haber facilitado las visitas a las montañas de Nueva Guinea mientras gozaba de becas de ARC.