

IMPLICANCIAS DE LA EXPLOTACION DE LOS RECURSOS NATURALES EN LOS ECOSISTEMAS ANDINOS

Jorge Cepeda P. Ph. D.
Ecología
Departamento de Biología
Universidad de la Serena

A. Base regional de los recursos naturales de los ecosistemas andinos regionales.

Los ecosistemas andinos regionales aportan diversos tipos de recursos naturales, tanto renovables como no renovables y ecosistémicos o paisajísticos. Estos recursos fortalecen la actividad económica regional.

Los recursos naturales más importantes aportados por el sistema físico corresponden al agua, las aguas termales, la atmósfera y los recursos minerales. Siendo una zona desértica, el agua es el principal recurso suministrado por el sistema andino, ya sea en forma de nieve o de escurrimiento superficial o subterráneo. En lo que respecta a la presencia de recursos minerales, la zona cordillerana regional posee importantes yacimientos de cobre y polimetálicos, siendo el más importante el mineral de El Indio. Otro rubro de interés es la limpidez atmosférica lo que ha favorecido la puesta en marcha de importantes proyectos de desarrollo de la investigación astronómica y astrofísica. Las aguas termales y las bellezas escénicas le confieren a la región un potencial turístico en términos del ecoturismo y turismo de aventura.

Los recursos bióticos a su vez aportan biomasa vegetal para el ganado trashumante y leña. En términos de biodiversidad, constituyen importantes reservas genéticas y químicas, aspectos pobremente conocidos. El sistema vegetal juega además un rol significativo en la estabilidad de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas andinos al controlar la erosión y deslizamientos de masas de tierra, formar bancos de semillas para el repoblamiento natural o reforestación artificial y suministrar refugios y alimento a la fauna local, tanto silvestre como doméstica. Por otro lado y teniendo en cuenta las características de la unidad de alta montaña, no se puede esperar una gran dotación de recursos agropecuarios.

El recurso faunístico silvestre regional de mayor importancia potencial es la chinchilla. Recuperado el habitat

y sus poblaciones, puede transformarse en recurso económico interesante para la zona. Los componentes de la fauna silvestre tienen importancia en la estabilidad del ecosistema andino al actuar como dispersores y facilitadores de la germinación de semillas de plantas autóctonas, polinizadores, estimulantes del vigor de la vegetación, además de formar parte del paisaje cordillerano y poseer valor estético, científico, ecológico e idiosincrático. En la región el ganado doméstico es esencialmente trashumante y no está constituido por especies típicamente andinas.

Los elementos físicos y biológicos han logrado complementarse a lo largo de miles de años de evolución de los ecosistemas andinos y llegar a constituir unidades de paisaje de particular belleza. Esto último favorece planes de turismo ecológico y de aventura.

Sin embargo, la explotación con sentido ecológico de estos recursos asume que la protección del ambiente andino es una de sus piedras angulares. La puesta en marcha de estrategias de protección requiere de una adecuada descripción de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas andinos. Estos aspectos que serán descritos en los párrafos siguientes.

B. Vulnerabilidad de los ecosistemas andinos

Los ecosistemas andinos son más vulnerables que los ecosistemas costeros o de menor altura. Son vulnerables a alteraciones de diversa naturaleza, tanto de origen natural como de origen humano. La altura, pendiente, aspecto, ubicación con respecto a zonas de alto riesgo sísmico predisponen a los ecosistemas andinos a violentas y a veces catastróficas reacciones. Esta vulnerabilidad está relacionada con la topografía, generalmente muy abrupta, con una conducta meteorológica de difícil pronóstico, con suelos ubicados en laderas de mucha pendiente, pobremente desarrollados y desprotegidos de cubierta vegetal.

C. Morfología y ecodinámica de la montaña andina

Tanto las condiciones morfológicas como climáticas juegan un rol fundamental en la forma como se relacionan los diversos elementos del ecosistema andino.

Este está muy influido por los efectos del relieve, altura, aspecto y pendientes. Estos factores determinan las peculiaridades del clima local, del desarrollo de los suelos y las características de la biota.

En el contexto del manejo de los recursos andinos, la

altura per se constituye una medida de los efectos que pueden causar sobre la actividad laboral, los asentamientos humanos y el ganado la rarefacción del aire y la energía gravitacional.

La rarefacción del aire es la consecuencia de una disminución de la presión atmosférica con el aumento de la altura. La disminución de la presión atmosférica reduce el contenido de oxígeno y de vapor de agua del aire. De este modo, se pone un límite a la actividad humana. A bajos niveles de oxígeno el funcionamiento normal del cuerpo humano solo es posible si la densidad de los glóbulos rojos aumenta sobre los niveles considerados normales para los habitantes de la costa.

La altura también afecta la distribución de la energía gravitacional. En ambientes de elevado relieve, la altura proporciona una fuente de energía que acelera la tasa de denudación del suelo. Esto hace que el ecosistema andino sea altamente energético. Las pendientes son muy vulnerables a alteraciones facilitadoras de desmoronamientos, avalanchas y deslizamientos de tierra y rodados. La distribución de la biota también está asociada a esta combinación de altura y pendiente.

Sin embargo, la importancia relativa de los rasgos morfológicos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas andinos varía entre regiones. Por ejemplo, la situación no es la misma para montañas que han sufrido fuertes glaciaciones -donde existen fuertes contrastes morfológicos- que para aquéllas que no lo han sufrido, donde los contrastes son menos marcados.

El relieve y el aspecto (posición de la ladera) determinan las causas y concentración de masas de aire y sus movimientos. Estos, por ejemplo, prevalecen en pendientes muy gastadas (meteorizadas) y abruptas. De importancia particular para el caso del agua es el efecto de las pendientes sobre las tasas de erosión. En una gradiente de pendientes, la velocidad del agua aumenta al doble cuando la pendiente (en %) se cuadruplica. Este aumento de la velocidad del agua incrementa por 64 veces el tamaño de las partículas que ésta pueda arrastrar durante su recorrido. La longitud de la pendiente es otra de las variables a considerar en el problema de la erosión de las laderas. La tasa de erosión aumenta con la extensión de la pendiente. Esto ocurre por que volúmenes mayores de agua se acumulan en pendientes más largas, lo que incrementan su capacidad de arrastre. La tasa de erosión también depende de la intensidad y duración de las lluvias, el tipo y abundancia de la cobertura vegetal, las características del suelo y la inclinación de la pendiente.

Otras avariabes importantes en el análisis de la morfología de las pendientes y que influyen en el manejo de los recursos andinos son el aspecto y el sombreado topográfico. Por ejemplo, en el hemisferio sur las laderas

expuestas al norte interceptan más energía solar por unidad de área y son por lo tanto más cálidas que las pendientes de área similar expuestas al sur que son más frías y húmedas. Lo inverso ocurre en el hemisferio norte. Debido a esta distribución diferencial de la energía, el aspecto (la cara de la ladera expuesta a la radiación solar según el momento del día) afectan la distribución de la flora, de la fauna, de los patrones microclimáticos, el tipo de suelo, los procesos geomorfológicos y el tipo de uso de los recursos. Por ejemplo, la disponibilidad de pastos, agua, nieve u otros recursos depende del aspecto de la ladera.

D. Dinámica del clima de la montaña andina

La condiciones climáticas en ambientes montañosos son el producto de los grandes contrastes producidos durante el juego de las interacciones entre la altura y el aspecto de las laderas con las fuerzas prevalente de calor y humedad. Es aceptado generalmente que el clima cambia con la altura (cambio vertical) en forma similar a como lo hace del Ecuador a los Polos (cambio horizontal). Esto no siempre ocurre así, especialmente en ambientes montañosos de topografía muy irregular, donde estos patrones generales puede que no se cumplan. Así, los climas de montaña se caracterizan por extremos de variabilidad espacial y temporal de calor y humedad. A nivel de la macroescala (el país por ejemplo) el clima está determinado por la latitud, la cercanía de grandes masas de agua (mar) y su posición en relación a las rutas que siguen las grandes masas de aire transiente. La latitud determina particularmente la cantidad de radiación solar que llega a la montaña. Las montañas de latitudes más altas son más frías y con una mayor variación anual de la radiación solar que las montañas de latitudes más bajas.

Las diferencias regionales en las condiciones climáticas son factores importantes en los ambientes de montaña. Se acepta generalmente que tanto las montañas de regiones templadas como las montañas de regiones tropicales están caracterizadas por una gradual disminución de la temperatura ambiental con el aumento de la altura. Las montañas de regiones templadas muestran una marcada estacionalidad en las temperaturas ambientales. Esto determina condiciones cambiantes de estación en estación y de un piso altitudinal a otro para el uso de los recursos.

Las condiciones de precipitación son aún mucho más difíciles de generalizar. Tanto las montañas de las regiones tropicales como las de regiones templadas se caracterizan por un aumento de las precipitaciones con la altura. Las montañas de los trópicos reciben gran parte de la precipitación en forma de lluvia. En los trópicos existe una alternancia de una estación seca con una húmeda lo que determina la ecología

del ecosistema y el patrón de uso de los recursos renovables. Por ejemplo, la meseta que existe en el norte grande tiene una altura, en general, superior a los 4000 msnm y no es sino la extensión ecológica de la puna boliviana que representa una degradación altitudinal extrema del clima tropical. En esta zona, influencias tropicales y continentales se mezclan, dando un régimen pluviométrico con precipitación típicamente estival. A pesar de las fuertes limitaciones por el largo período de aridez, el frío prolongado, la notable variación térmica, la humedad muy baja y los persistentes vientos que agudizan los efectos de la sequedad y del frío, es la región andina del norte chileno que mantiene las formaciones vegetales más densas como así mismo abundantes poblaciones de fauna local. Parte de las influencias de los andes del norte alcanzan la región de Coquimbo. En las zonas templadas, el período de actividad ecosistémica se concentra en verano (desde octubre-noviembre hasta febrero-marzo), la extensión dependiendo de la latitud y de la altitud. Esta zona presenta en promedio una gran amplitud térmica de una estación a otra y de la mañana a la noche. Las mínimas son frecuentes bajo los 0°C, la humedad relativa muy baja y la precipitación variable. En estos ambientes, la estacionalidad de las precipitaciones es un factor crítico para la estabilidad de las laderas. Si la estación seca precede a la lluviosa, los procesos que favorecen la disgregación de los suelos son estimulados, lo que aumenta la velocidad de erosión y las probabilidades de graves deslizamientos de tierra.

Las condiciones morfoclimáticas arriba descritas generan variaciones espaciales en el uso de los recursos. En la zona templada, la mayor parte de los asentamientos humanos se encuentra en la media montaña y laderas de baja pendiente y altura. En las regiones tropicales, la explotación de los recursos es posible a elevaciones mayores debido a sus condiciones climáticas más favorables.

A una escala local, el efecto de variaciones topográficas puede ser mayor que aquel debido a la latitud, continentalidad o masas de aire transiente. En este caso, las variaciones espaciales y temporales de calor y humedad se originan a partir de diferencias en altura, especialmente en sus efectos sobre la presión atmosférica.

Como se indicó más arriba, la presión atmosférica disminuye con la altura. Sin embargo, la disminución de la presión atmosférica per se es menos importante para el uso de los recursos que el efecto de la rarefacción del aire. La disminución vertical de la presión atmosférica reduce la humedad absoluta. Algunos autores señalan que más de la mitad del vapor de agua de la atmósfera está bajo los 2500 msnm. Como la presión disminuye con la altura, el aire se hace cada vez más ineficiente en su capacidad de carga de vapor de agua y de este modo, baja la humedad relativa de él. La sequedad atmosférica y los fuertes vientos promueven la erosión y el

esparcimiento de los incendios naturales (común en ciertos ambientes cordilleranos).

Debido a efectos orográficos, la precipitación aumenta con la altura, pero en muchas localidades montañosas este aumento sólo es posible hasta el límite superior de alta presión. Sobre los 2200 msnm, la precipitación comienza a declinar con la altura.

De particular importancia para el uso de la vegetación con fines pastorales es la efectividad de la precipitación. Temperatura y vientos afectan las tasas de evaporación y evapotranspiración, lo que a su vez afecta el balance hídrico del ecosistema. La velocidad promedio del viento aumenta con la altura. De la misma manera lo hace la evapotranspiración potencial, de allí el carácter arido de gran parte del paisaje cordillerano.

La variabilidad climática descrita para la escala continental y nacional, se complica localmente por los efectos de las variaciones topográficas, estado del ecosistema, cercanía de cuerpos de agua, tipos de suelo, turbulencias de los vientos de los valles, patrones de distribución de la temperatura y de la humedad. En los ambientes de montaña, los factores locales y microlocales pueden tener tal influencia que se pueden producir diferencias microclimáticas, aún entre áreas pequeñas. De esta forma, una relación lineal entre altitud y variables climáticas existe sólo cuando promedios generales más que valores absolutos son considerados en la tipificación de la variabilidad climática a lo largo de gradientes espaciales o temperales. No es correcto esperar entonces que la precipitación siempre aumente o la temperatura disminuya con la altura. A veces, sombras topográficas a elevaciones menores pueden provocar una mayor frecuencia de temperaturas de congelamiento que lo que puede ocurrir a alturas mayores, pero carentes del efecto sombra. Así las características climáticas constituyen uno de los componentes físicos del ecosistema de montaña más importantes para determinar la forma, velocidad y el tipo de uso de los recursos naturales. En las laderas pronunciadas, la lluvia y el derretimiento de la nieve proporcionan fuerzas que favorecen la erosión. En las laderas intensamente meteorizadas tanto las lluvias intensas de corta duración como aquéllas prolongadas pero de baja intensidad son causa de riesgos de deslizamientos y avalanchas. La probabilidad de ocurrencia de tales fenómenos aumenta por el uso inadecuado de los recursos.

Otro rasgo característico del ambiente de montaña son las temperaturas de congelamiento. Este fenómeno conlleva riesgos de sobrevivencia para las personas, animales y vegetales. Las depresiones de altura en los pisos de los valles y las localidades protegidas de los vientos son particularmente propensos a heladas y temperaturas de congelamiento. Estas afectan el uso de los recursos vegetales al reducir la

extensión del período de crecimiento, la actividad humana y animal. La acumulación de nieve en grandes cantidades puede llegar a paralizar la actividad productiva en el sector. Los efectos de la nieve son de mayor riesgo cuando existen probabilidades de aludes y derrumbes. Dado que los aludes tienden a ocurrir en los mismos sitios a lo largo del tiempo, éstos mantienen la vegetación en etapas de poco desarrollo y en constante repoblamiento, lo que contribuye al permanente riesgo de aludes y deslizamientos de tierra.

E. Suelos

El desarrollo de los suelos de la cordillera andina depende de factores como el relieve, el ecoclima y la cubierta vegetal. Debido a la fuerza gravitacional, las laderas con pendientes pronunciadas y abruptas tienen poco o caso nada de mantillo orgánico, excepto en sus bases donde se desarrollan los abanicos aluviales y los conos de deyección. Estas laderas con suelos delgados o mantillos parcialmente incorporados al suelo poseen una baja potencialidad agropecuaria. La vegetación está restringida a la existencia de líquenes, musgos y gramíneas duras, especialmente a elevaciones mayores. En las laderas de pendientes moderadas, suelos con mayor desarrollo pueden existir hacia la base de la montaña que en la cima, donde los suelos orgánicos se concentran bajo los arbustos y pastos, con muy poco o casi nada de suelo entre ellos. En estos ambientes, la mayor actividad biológica del suelo se realiza bajo los arbustos y pastos, donde incluso se puede acumular una turba de varios centímetros de espesor. En las partes altas de los cerros, el viento, la erosión hídrica y las bajas temperaturas limitan el desarrollo de los suelos. Los procesos formadores de estos son más activos a alturas menores que a altura mayores.

En las laderas más altas, más descubiertas de vegetación, los procesos de avalanchas, partiduras de rocas por congelamiento, desprendimientos y desarrollo de material coluvial son más activos. En contraposición, debido a que las laderas más bajas tienen suelos más profundos, los deslizamientos de tierra, hundimientos y erosión adquieren un rol más significativo.

En las zonas de precipitaciones elevadas, la erosión de laderas de elevada pendiente debe ser una preocupación fundamental de parte de los manejadores de los recursos naturales. En general, prácticas de cultivos, pastoreo, minería, construcción de caminos, aumentan los riesgos de fenómenos de avalanchas y derrumbes de tierra en estas zonas. La destrucción de la vegetación tiene particular importancia en el aumento de los fenómenos de derrumbes ya que reduce la capacidad de infiltración del suelo, con lo que aumenta la velocidad y cantidad de escorrentía, acelerando la destrucción

del suelo. Esto promueve la erosión e impide los procesos de repoblamiento natural por parte de la vegetación, teniendo como consecuencia la disminución de la estabilidad física y biológica de los habitats de laderas.

F. Patrones de distribución de la biota

En los ambientes andinos, los patrones de distribución de la vegetación están primariamente determinados por las condiciones de humedad, temperatura y desarrollo del suelo. Consecuentemente, las zonas de vegetación cambian con la altura y la topografía (por ejemplo, para conocer detalles de la vegetación de la zona del mineral de El Indio ver los capítulos Lista de especies de la flora de El Indio y Heterogeneidad espacial de la vegetación de alta montaña en la zona andino-desértica de Chile, 30°S, en esta misma serie de documentos). Otros factores que complican los patrones de distribución de la vegetación son el efecto sombra de la topografía local, el aspecto de las laderas, su ubicación en relación a las rutas de las tormentas y vientos húmedos, cercanía de masas de agua y la altura promedio de la cadena montañosa. Comparados a las tierras bajas, estos factores causan complejos patrones de vegetación aún entre áreas pequeñas. Así, la vegetación adquiere una configuración de parches y mosaicos. Los patrones de distribución de la fauna muestran una estrecha relación con los patrones de distribución de la flora (para conocer mas detalles sobre los animales pequeños del suelo del sector ver Heterogeneidad espacio-temporal de la fauna edáfica en la Cordillera de los Andes del norte-centro de Chile en esta misma serie de documentos). En general, el tamaño de los animales tiende a declinar con la altura. Las aves y los insectos son más numerosos que los mamíferos, reptiles y anfibios (para conocer más detalles de la fauna del sector ver el capítulo de la fauna de vertebrados e insectos en esta misma serie de documentos).

G. Implicaciones de la ecología de la montaña en el uso de sus recursos naturales

Desde la perspectiva ecológica, el manejo de los recursos naturales renovables puede definirse como una estrategia en el diseño y ejecución de planes de utilización de estos recursos basados en un claro y preciso conocimiento sobre la dinámica de las relaciones fundamentales entre los componentes del ecosistema. El propósito básico del manejo ecológico de los recursos es su aprovechamiento, considerando a la vez su protección, gestión y restauración, para que permanezcan permanentemente productivos, incluyendo a las generaciones

futuras. El conocimiento referente a los componentes del ecosistema y de sus relaciones contribuye a determinar el uso potencial de los recursos y sus restricciones y limitaciones. Así como la evaluación del impacto ambiental que genera su extracción, utilización y uso.

El análisis de la dinámica ecológica -reseñado en los párrafos anteriores- ha demostrado que los ecosistemas andinos están caracterizados por su complejidad, su diversidad y su vulnerabilidad. Estas características influyen de manera decisiva en el desarrollo de planes de utilización de los recursos. La mayor parte de los problemas asociados al uso de los recursos del medio andino se originan por su variabilidad meteorológica, morfológica y ecológica.

La variabilidad morfológica determina que la accesibilidad y el aislamiento, particularmente en situaciones de desastres, sea un factor importante en el desarrollo de vías terrestres de comunicación. Las condiciones morfoclimáticas además facilitan una variedad de formas de vida vegetal, hábitas y zonas ecológicas que hace que los ecosistemas andinos tengan un potencial mayor de recursos naturales que ofrecer que áreas similares localizadas en los ecosistemas de menor altura. Esta situación puede originar algunos conflictos que revelan la complejidad de los problemas ambientales.

Los conflictos más importantes que se pueden originar son una proliferación de instancias contraloras y creación de conflictos de jurisdicción, sobreposición de intereses entre grupos que hacen uso simultáneo de los recursos, y conflictos debido al uso incompatible de ellos.

La variabilidad en las condiciones del ecosistema crea condiciones difíciles para quienes laboran en actividades de explotación de los recursos y, a veces, los costos de protección y gestión ambiental son claramente superiores a los de otros ecosistemas terrestres. En muchas regiones montañosas, las fluctuaciones meteorológicas están asociadas con frecuencias relativamente altas de aluviones, inundaciones, aludes, deslizamientos de tierra, y erosión severa. El ordenamiento horizontal de las zonas ecológicas de los ecosistemas andinos contrasta marcadamente con el arrastre vertical de materiales. Este flujo atraviesa diferentes zonas ecológicas que usan al ecosistema de diferente forma, pudiéndose generar conflictos entre los habitantes de los pisos superiores e inferiores y reforzando la necesidad de una coordinación más eficiente (revise por ejemplo el conflicto actual entre la Compañía Minera Ojos del Salado y los cultivadores de ostiones de Calderilla y de Bahía Inglesa).

En consecuencia, la complejidad, diversidad y vulnerabilidad de los ecosistemas andinos exige de cuidadosas estrategias de desarrollo y uso de sus recursos. En general,

se debieran aplicar criterios preventivos y restaurativos. Se requiere de una cuidadosa selección de lugares y tiempo para poner en ejecución los proyectos de explotación del ecosistema. La estructura del ecosistema andino requiere de unidades pequeñas de manejo con el propósito de monitorear eficientemente las tendencias de los impactos y proceder a las medidas correctoras y mitigadoras. Requiere, además, de la existencia de exclusiones permanentes que conserven unidades de paisaje con mínima alteración y sirvan para evaluar con mayor precisión las tendencias de cambio y las medidas correctoras y mitigadoras.

Finalmente, el establecimiento de políticas claras de gestión ambiental que promuevan y apoyen un uso ecológicamente sostenible de los recursos andinos permitirá contribuir al desarrollo económico con equidad social.

ANEXOS

