

# PROGRAMA PARQUES EN PELIGRO

## INFLUENCIA EN EL USO DE CORRALES OVINOS Y SU REGENERACIÓN EN EL PÁRAMO DE LA HACIENDA ANTISANA, NAPO, ECUADOR

Georgia M. Hart

Becaria de la Comisión Fulbright

### FUNDACIÓN ANTISANA

2004-2005



## Introducción

Los páramos del Ecuador cubren el cinco por ciento del territorio nacional (aproximadamente 1200 km<sup>2</sup>) y están en un proceso de degradación continua que sigue aumentando con el crecimiento poblacional y la urbanización (Reyes y Prats, 1997; Hofstede et al., 2002). Este valioso ecosistema andino tropical, compuesto en su mayoría por pajonal, se encuentra entre el límite de bosques, o la “ceja andina”, y las nieves perpetuas. Por lo tanto, es un ecosistema alto (de 3000 a >4500 m), frío (temperatura normalmente bajo 0 °C por la noche) y húmedo (en Ecuador, entre 500 y 2.000 mm de precipitación anual) con un alto índice de radiación solar (incluyendo UVB) y poca variación anual del clima. Es conocido por sus condiciones climáticas extremas: “verano durante los días e invierno por las noches.” Por consiguiente, las plantas han adaptado métodos especiales para asegurar su sobrevivencia, principalmente para protegerse del frío. Florísticamente, se observa una cobertura de pastos en forma de macollas, plantas en forma de “almohadilla”, rosetas caulescentes, arbustos y hierbas. Estas plantas se resguardan del frío con una acumulación de material seco (pajonal en macolla, hojas de los frailejones), con una densa vellosidad en las hojas (pubescencia), adquieren un hábito de agruparse (almohadillas), o aprovechan las condiciones favorables generadas por otras plantas (dentro de un pasto en forma de macolla). Los suelos parameros del Ecuador son de origen volcánico, relativamente nuevos, con un alto contenido de materia orgánica. Este último factor se debe a la lentitud de los procesos de descomposición, mineralización y crecimiento florístico. Esta lentitud ocasiona la fragilidad del ecosistema porque requiere mucho tiempo para la recuperación después de disturbios ecológicos.

A pesar de su importancia, tradicionalmente, los páramos no han llamado la atención de los actores más calificados para promocionar su desarrollo y manejo, como los científicos o los políticos, ni del público en general. Por lo tanto, no es sorprendente que se llame al páramo

“el ecosistema escondido” (Mena et al. 2001). Sin embargo, afortunadamente, la tendencia actual es a valorizar e investigar más profundamente las características de este ecosistema tan especial. Su importancia radica principalmente en tres componentes: su valor ecológico que se basa en su unicidad y el alto porcentaje de endemismo sus plantas; su valor hídrico, que se refiere a su capacidad de regular el caudal de agua de las cuencas hidrográficas y a la posibilidad de proveer agua potable y de riego para una gran parte de la gente de los países andinos; y finalmente es donde se desarrollan actividades económicas como la producción agrícola y ganadera (Hofstede 1995).

Una de las amenazas más serias a la integridad ambiental y a los recursos naturales del páramo es la ganadería intensiva y extensiva (FONAG 2004, Molinillo y Monasterio 2002, Hofstede 2001). El ganado consume la vegetación, pisotea el suelo y deja su excremento. Las plantas que constituyen su alimento mueren o están dañadas, lo que limita la habilidad del ecosistema para almacenar agua, evitar la erosión o proveer hábitat a otras plantas y a otros animales. El pisoteo de los animales compacta el suelo y reduce su capacidad para retener agua. La compactación dificulta la filtración de agua durante lluvias. El excremento que dejan los animales influye en la acidez del suelo y contribuye al banco de semillas listas para germinar, así que cambia indirectamente la composición florística y el proceso de la germinación y la regeneración. El páramo del Ecuador no es un ecosistema que haya evolucionado bajo la influencia de grandes animales de pastoreo, pero ha sido afectado por el pastoreo desde la utilización de camélidos nativos durante el imperio incaico (Molinillo y Monasterio 2002). Desde la llegada de los españoles, los páramos ecuatorianos han sido alterados dramáticamente por la introducción de vacas, ovejas y caballos. La quema del pajonal es una práctica prehispánica que ha acompañado tradicionalmente al sistema ganadero y que aumenta el impacto de este sobre la tierra. Las plantas del páramo no

están adaptadas a resistir la quema ni el pastoreo intenso. Sus adaptaciones al frío les han servido para soportar los cambios ambientales producidos por estos disturbios.

En los páramos de las faldas del volcán Antisana del Ecuador se practica extensivamente el pastoreo ovino. La Hacienda Antisana, que está ubicada en la provincia de Napo, Ecuador tiene 6.000 hectáreas de extensión utilizadas para ganadería ovina, vacuna, equino y de llamas. Actualmente, el propietario José Delgado dedica la tierra principalmente a la producción de la carne ovina. La Hacienda cuenta con aproximadamente 8.000 ovejas en rebaños de 500 a 4.000 individuos en un sistema de pastoreo rotacional en el que no se permite la quema del pajonal. En este sistema los rebaños se alimentan en una zona del páramo por aproximadamente 4 meses, dependiendo del estado de la hierba del área. Durante este tiempo el rebaño duerme en un corral cerrado de aproximadamente 50 m<sup>2</sup>. Los corrales sirven para evitar que las ovejas duerman en áreas degradadas o designadas para pastoreo posterior y para evitar pérdidas por predadores como el puma. Después de que la tierra de este corral se convierte en suelo desnudo cubierto por una capa de estiércol (aproximadamente 2 a 3 semanas), se establece un nuevo corral al lado del primero. Se forma así grupos de corrales compuestos por cuatro a diez corrales individuales. No se utiliza corrales más de una vez. Este sistema rotacional se inició hace 7 años, ya que anteriormente había un pastoreo menos controlado de vacas, ovejas y caballos.

A pesar del obvio impacto ambiental de la ganadería en los páramos, pocos estudios han sido elaborados con el propósito de entender mejor sus efectos o explicar el proceso paramero de regeneración después de disturbios graves. Este conocimiento es importante para la planificación y manejo apropiado del ecosistema porque no se conforma con los procesos de recuperación de otros ecosistemas mejor estudiados (Montilla et al., 2002). El presente estudio proveerá un mejor entendimiento, desde el punto de vista científico, del

papel de la ganadería en los ecosistemas del páramo. Específicamente, pretende iluminar el proceso de recuperación o sucesión secundaria de la flora y los suelos del páramo después de un disturbio drástico (en este caso la implementación de corrales ovinos temporales), explorar la sostenibilidad de un sistema de pastoreo rotacional ovino y sugerir métodos alternativos para su manejo adecuado en la Hacienda Antisana.

### **Metodología**

La Hacienda Antisana está ubicada al suroeste del volcán Antisana, provincia de Napo, Ecuador, S.A. Se encuentra entre los 3900 y 4300 m. en páramo seco. Está compuesto principalmente por extensiones homogéneas de pastos en forma de macolla y hierbas con zonas reducidas de humedales y arbustos. La Hacienda se considera como parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Antisana y una parte importante de la cuenca alta del río Napo (FONAG). El estado de conservación del territorio de la Hacienda es de suma importancia para el funcionamiento del sistema hídrico de la zona.

El presente estudio se realizó entre los meses de enero y julio de 2005 con el permiso y la ayuda del propietario de la Hacienda Antisana, José Delgado.

#### *Recolección de datos florísticos y generales*

Los datos florísticos se recolectaron con la ayuda de asistentes de campo durante tres salidas a la Hacienda entre el 4 de abril y el 7 de junio del 2005. Mediante el uso de cuadrantes de 2 X 2 m, se midió el porcentaje de cobertura de cada especie de planta dentro del cuadrante. Las plantas que no se pudieron identificar en el campo recibieron un número y se recolectaron para después ser identificadas en el herbario de la Universidad Católica (QCA). Se colocó un cuadrante en cada uno de los 51 corrales de muestreo y en 18 sitios de muestreo de la vecindad los cuales sirvieron como testigos estadísticos. Los

sitios de muestreo dentro de los corrales y los de la vecindad fueron localizados al azar. Se seleccionó 11 de los aproximadamente 15 grupos de corrales de la Hacienda para tener un muestreo diverso de los corrales en descanso. El tiempo de descanso, o el tiempo posterior del uso de los corrales, varía entre una semana y 7 años (Tabla 1).

Adicionalmente, en todos los sitios de muestreo, se registraron los siguientes datos: la posición geográfica y la altitud con GPS, la pendiente de la tierra (0-90 grados), el aspecto (N, NE, NW, S, SE, etc.), la medición de la planta más alta y su identidad, el área del corral, la duración de los ovejas en un corral y la profundidad de la capa de estiércol. Con estos datos se calcularon la carga animal en cada corral (número de ovejas\*duración de tiempo en el corral). Se determinó el tiempo de descanso que tenían los corrales por dos métodos: entrevistas con el jefe de los pastores, y en algunos casos se consultó con las fotografías de satélite del Instituto Geográfico Militar (Quito, Ecuador). En la gran mayoría de casos las dos fuentes concordaron, indicando la confiabilidad de las fechas dadas en las entrevistas. Por lo tanto, para los corrales que no se ubicaron dentro de las fotografías de satélite, se registró el tiempo de descanso proporcionado por el jefe de pastores, quien también proveyó los datos sobre el tiempo que las ovejas pasan en los corrales.

#### *Recolección de muestras del suelo*

Se recogieron las muestras del suelo en dos diferentes fechas. El 16 de mayo se recolectó con un sacabocado en forma de "T" una muestra de aproximadamente 50 gramos (profundidad de 28 cm) de cada corral de muestreo (51) y de 8 puntos de muestreo sin corrales (vecindad/ testigo estadístico). Luego, en el laboratorio de preparaciones de la Facultad de Biología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, se secaron las muestras en el horno a 105 grados Fahrenheit por 24 horas para determinar el porcentaje de humedad del suelo.

Debido a la falta de representatividad en las muestras anteriormente tomadas, el 1 de julio se recolectaron 18 muestras de suelo adicionales con un cilíndrico metálico de 100 cm<sup>3</sup> a una profundidad de 5 cm. Cada muestra constó de 5 a 10 submuestras. Se tomaron 6 muestras para cada una de las tres categorías: corrales nuevos (2 años de descanso), corrales descansados (5 años de descanso), y la vecindad (sin corral). Se entregaron tres muestras, una de cada categoría, al laboratorio de suelos de La Universidad Central del Ecuador para el análisis respectivo (N, P, K, pH, conductividad, y textura). Las muestras restantes se secaron al horno con el proceso mencionado anteriormente, para determinar la humedad y la densidad de suelo. Luego de secarlos, se mezclaron 10 gramos de tierra en DI H<sub>2</sub>O y se midió el pH de la mezcla con un medidor electrónico.

#### *Análisis y estadística de datos*

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadística Minitab 12 y Microsoft Office Excel 2003. Se hizo comparaciones entre los corrales y la vecindad en general en cuanto a la riqueza de especies, la cobertura de plantas y el estado de suelos. Después, se analizó el proceso de regeneración de la flora y los suelos de los corrales considerando principalmente la variable de la duración de tiempo desde que durmieron las ovejas en el corral, o el tiempo de descanso. Los datos de suelos de las dos fechas fueron analizados con Excel, tomando en cuenta la mayor representabilidad de los datos resultantes de la segunda salida, en julio.

### **Resultados**

#### ***Corrales y la vecindad***

El terreno utilizado como corral ovino tuvo características muy distintas al terreno adyacente no utilizado como corral (la vecindad). Se encontró el doble número de especies de flora, como promedio, en los sitios de muestreo de la vecindad (Figura 1). El porcentaje promedio

de cobertura por suelo desnudo era de 35 % para los corrales y de 1.5 % para la vecindad, lo que implica una tendencia a la erosión mayor para los corrales (Figura 2). Se localizaron 23 especies de plantas en los sitios de muestreo de la vecindad que no se encontraron en los corrales: *Bidens andicola*, *Chuquiraga jussieui*, *Gnaphalium* sp. 1, sp. 2 y sp.3, *Lasiocephalus ovata*, *Senecio* sp. 1 (Asteraceae), Cyperaceae sp. 1, *Pernettya prostrata* (Ericaceae), *Lupinus* sp., *Trifolium repens* (Fabaceae), *Genciana sedifolia*, *Gentianella cerastoides*, *Halenia weddeliana* (Gencianaceae), *Geranium sericeum* (Geraniaceae), *Clinopodium nubigenum* (Lamiaceae), *Plantago linearis* (Plantaginaceae), *Bromus lanatus* (Poaceae), *Ranunculus praemorsus* (Ranunculaceae), *Lachemilla* sp. (Rosaceae), *Gallium* sp. (Rubiaceae), *Valeriana rigida* (Valerianeaceae) y una especie no identificada, (indef. 1). Algunas de estas plantas se identificó en un solo sitio de muestreo una vez durante el estudio y en muchos casos había una sola planta. Tal es el caso para: *Pernettya prostrata*, *Gnaphalium* sp. 1 y sp. 2, *Lachemilla* sp., *Trifolium repens*, y Cyperaceae sp. 1. En los corrales se hallaron tres plantas que no aparecieron en la vecindad: *Drymaria ovata* (Asteraceae), *Caladrina acaulis* (Portulacae), y especie 13 (pasto indeterminado) (Poaceae).

### **La recuperación cronológica de los corrales**

En cuanto a la diversidad florística, medida por la riqueza o número de especies, los corrales con más tiempo de descanso tuvieron mayor riqueza de especies (Figuras 3, 4 y 5). El patrón está más claro y marcado si se considera el tiempo de descanso entre los grupos de corrales en vez de comparar todos los corrales individualmente (Figura 4) (refiérase a la explicación de grupos de corrales de la Introducción) o en intervalos de tiempo (Figura 5). Entre los variables registrados (la altitud, la pendiente, la ubicación geográfica, el tiempo de descanso, la duración de las ovejas en el corral, la carga animal, el impacto animal, la profundidad de la capa de estiércol y la medición de la planta más alta)

solo el tiempo de descanso del corral y la medición de la planta más alta tuvieron una influencia estadísticamente significativa sobre la riqueza de especies. Estos dos factores ambientales se relacionaron positivamente con la riqueza de especies (Tabla 1).

El porcentaje de cobertura de plantas en los corrales aumenta en forma logarítmica con el tiempo de descanso (Figura 5, 6). La cobertura de plantas es del promedio 63% en los corrales y el 109% en la vecindad. Los porcentajes suben el 100% porque plantas creciendo bajo otras plantas se pueden ser consideradas ocupantes del mismo espacio.

La cobertura por pastizales de la familia Poaceae aumentó constantemente con el tiempo de descanso que tuvo un corral (Figura 7). Conjuntamente con estos aumentos en la cobertura de la vegetación, el porcentaje de suelo desnudo disminuyó con el tiempo de descanso que tuvo un corral ( $DF= 1$ ,  $F= 18.2$ ,  $p< 0.0005$ ) (Figura 8). Hay una correlación fuerte y negativa entre el número de especies en un corral y el porcentaje de suelo desnudo (Coeficiente Pearson =  $-0.576$ ,  $p< 0.0005$ ).

### ***La tasa de recuperación***

Se puede considerar la riqueza de especies dividida por el tiempo de descanso como una medición de la tasa de recuperación. Tal tasa es más baja en corrales con más alta pendiente de la tierra y es más baja en corrales que experimentaron mayor carga animal (número de ovejas/tamaño del corral) (Tabla 2). La tasa de recuperación disminuye con el tiempo de descanso de un corral (Figura 9). Es más alta en los corrales nuevos (los que también tienen un porcentaje más alto de suelo desnudo) y es más baja en los corrales con más tiempo de descanso (los que tienen plantas más altas) (Tabla 2).

### **Los suelos**

Según los análisis ejecutados personalmente en el laboratorio con las muestras más representativas (tomadas en julio 2005), hay la tendencia general de que el suelo de la vecindad es más seco, más denso y más ácido que el suelo de los corrales (Figuras 10, 11 & 12). Entre los resultados significantes al 5%: los corrales descansados están más húmedos que la vecindad ( $t = 2.3$ ,  $p = 0.035$ ) y los corrales nuevos son más básicos que los corrales descansados ( $t = 2.45$ ,  $p = 0.002$ ) o la vecindad ( $t = 2.45$ ,  $p = 0.02$ ).

Como resultado marginalmente significativo, el suelo de los corrales descansados está menos denso que el de la vecindad ( $t = 2.4$ ,  $p = 0.058$ ). Las muestras menos representativas, pero más numerosas (mayo 2005,  $N = 28$ ), no ilustraron ninguna diferencia en el por ciento de humedad del suelo entre los corrales ( $38.2 \pm 5.0$ ) y la vecindad ( $36.6 \pm 2.7$ ).

Según los resultados del Laboratorio de Química Agrícola y Suelos de la Universidad Central del Ecuador (de las muestras de julio 2005), el suelo de la vecindad es más ácido, contiene menos materia orgánica, menos nitrógeno (N total) y mucho menos fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ), y tiene menor conductividad eléctrica (Tabla 3). El suelo fue clasificado la textura "franco arenoso" (52% Arena, 44% Lima, y 4% Arcilla).

### **CONCLUSIONES**

Los corrales ovinos de la Hacienda Antisana constituyen un grave disturbio al ecosistema del páramo. Sin embargo, los datos de los corrales constan que sí hay una recuperación, o sucesión ecológica, aunque lenta, del terreno utilizado como corral. Al pasar tiempo desde la utilización de un corral, aumentan la cobertura de la vegetación y el número de especies

encontradas en un corral. El tiempo de descanso del corral y la medición de la planta más alta de un corral se relacionaron positivamente con la riqueza de especies (Tabla 1). La tasa de recuperación (la riqueza de especies dividida por el tiempo de descanso) es más baja en corrales con más pendiente de la tierra y más baja en corrales que experimentaron mayor carga animal (el número de ovejas X la duración en el corral). La tasa de recuperación es más alta en los corrales nuevos que en los corrales con más descanso. Los suelos de los corrales son más secos, menos densos, más básicos (pH) y tiene más nutrientes disponibles (N, P, K) que los suelos de la Hacienda que no han sido utilizados como corrales.

### ***Sucesión secundaria de los corrales***

La sucesión es un proceso ecológico que comienza después de un disturbio ecológico como una quema, un pastoreo o un cultivo agrícola. A lo largo del proceso hay cambios en la composición florística; una comunidad de plantas reemplaza a otra. Adjuntamente, hay cambios en las propiedades del suelo que relacionan con los cambios en la flora. Si no hay más disturbios, la sucesión sigue hasta que la comunidad llegue a su estado de clímax, un estado más o menos constante (sin cambios significantes en la composición florística) que se mantiene hasta que haya otro disturbio (Jaimes y Sarmiento 2002, Montilla et al. 2002). Los corrales en la Hacienda Antisana representan un disturbio ecológico y su recuperación se puede considerar un proceso de sucesión secundaria.

Un corral de la Hacienda Antisana, recientemente abandonado, no tiene o parece no tener ninguna planta. Si hay vegetación, es muy poca y está cubierta por una capa de estiércol. El corral abandonado parece uniforme y completamente pisoteado. A partir de uno o dos meses, aparece la ortiga (*Urtica* spp.) que germina de la capa de estiércol ya que es un alimento de las ovejas. Varios meses después entra de los bordes del corral la orejuela

(*Lachemilla orbiculata*) cubriendo al suelo desnudo y eventualmente reemplazando a la ortiga. Aparece también con la achicoria (*Werneria nubigena*), dos especies de geranio (*Geranium antisanae* y *humboldtii*), *Caladrina acualis*, *Valeriana rigida*, *Hypochaeris sessiliflora*, *Carex* sp., una especie de Caryophyllaceae, entre otras. La ortiga aparece en paramos inalterados muy raramente, posiblemente solo germinando del estiércol animal y la orejuela solo se encuentra en zonas alteradas por la influencia de animales o cultivos, como potreros o senderos de mayor utilización (observ. pers.). *Hypochaeris sessiliflora* ha sido identificado como una planta indicadora de sobrepastoreo mientras *Lachemilla orbiculata* es indicadora de pastoreo y quemadas (Velásquez Romo 2000).

En este estudio, después de 6 a 7 años de descanso, un corral había recuperado aproximadamente el 75 % de la cobertura de flora que tiene la vecindad (área no utilizada como corral, pero sí pastoreado). Sin embargo, esta cobertura no significa que el corral está 75% recuperado a su estado previo. Aunque la riqueza de especies de plantas aumenta con el tiempo de descanso de un corral, después de 6 a 7 años solo ha recuperado el 45% de la riqueza de especies y las especies que aparecen no son siempre las mismas plantas que habitaron el terreno anteriormente. El uso de corrales proporciona hábitat para plantas exóticas, aprovechadoras y pioneras. Como indica los resultados, después de 7 años de descanso, 23 de las 55 plantas encontradas en el área del estudio no se habían aparecido en ninguno de los corrales. Esto significa que las condiciones de los corrales, incluso después de 7 años, aún no están adecuadas para la germinación de estas 23 plantas y/o que no han podido dispersar por otras limitaciones. Las tres plantas que solo se encontraron en los corrales son probablemente plantas raras (*Drymaria ovata* y Poaceae indet.) o pioneras (*Caladrina acualis*). *Drymaria ovata* crece en páramo en un estado de sucesión más avanzado, mientras *Caladrina acualis* parece crecer solo en páramo de estado de sucesión primaria (es decir, menos recuperado) (observ. pers.).

Después de un disturbio, un período largo de descanso es necesario para la recuperación de la diversidad florística del páramo. Aunque la mayoría de estudios sobre la regeneración después de disturbios enfocan en ecosistemas forestales (Montilla et al 2002a), hay varios estudios de la sucesión en páramos (Montilla et al. 2002a, 2002b, 1992, Jaimes y Sarmiento 2002, Velásquez Romo 2000, Vargas-Ríos 1997, Horn 1989, Janzen 1973). Se acertó que después del cultivo de papas a las 3200 m en un páramo de Colombia, el tiempo mínimo necesario para recuperar una parte significativa de la vegetación sería de aproximadamente 12 años, cuando se presenta más del 90% de recuperación de la riqueza de especies nativas del páramo (Jaimes y Sarmiento 2002). En la Hacienda Antisana la vegetación probablemente demoraría más en su recuperación debido a su altura (aprox. 4000 m).

### ***Factores del manejo***

El tiempo de descanso desde la utilización de un corral (entre 1 y 84 meses, Tabla 4) se relacionaba positivamente con la riqueza de especies (Figuras 3-5 y Tabla 1). La tasa de recuperación (el número de especies/tiempo de descanso) bajó con el aumento en el tiempo de descanso (Figura 9). Es lógico que si empezamos con un terreno de suelo desnudo, que, con el paso del tiempo van a aparecer más y más especies de plantas, hasta un cierto punto. También, con el paso de tiempo, aumentan el porcentaje de cobertura de plantas (Figura 6) y la cobertura por pastos de la familia Poaceae (Figura 7). Conjuntamente, disminuye el por ciento de suelo desnudo en los corrales (Figura 8). Entre los meses 8 y 84 de descanso, una planta nueva coloniza un corral cada 5 meses como promedio. El aumento en la cobertura de plantas en los corrales es de forma logarítmica, lo que muestra que la recuperación inicial es más significativa o rápida que durante los períodos tardíos en la regeneración. Es posible que en etapas más tardías de recuperación los cambios en los corrales sean de la composición o identidad de las plantas, con unas

plantas reemplazando a otras, sin que haya un aumento en la cobertura o riqueza de especies. La rebaja de la tasa de recuperación con el aumento en el tiempo de descanso compruebe esta interpretación. Más tarde en la recuperación una nueva especie demora más introduciéndose en un corral que una especie que se presenta en un corral con muy poco tiempo de descanso. Este hecho se puede deber a un incremento en la competición entre especies de plantas para los recursos accesibles en los corrales con mayor descanso, o puede deberse a una falta de condiciones habitables en los corrales para una gran parte de las especies.

La carga animal es el número de ovejas en un corral dividida por el tamaño del corral. Los corrales con mayor carga animal tuvieron una tasa de recuperación más baja (Tabla 2). El efecto es marginalmente significativo ( $p= 0.055$ ). Una carga animal más alta significa más pisoteo y por consiguiente, más compactación del suelo y un mayor depósito de excremento animal. Estos factores pueden impedir la germinación de plantas y prolongar el proceso de recuperación del suelo.

### ***Factores físicos y ambientales***

El por ciento de suelo desnudo, lógicamente, rebajó con un aumento en el tiempo de descanso. Por tal razón hay una correlación fuerte y negativa entre la riqueza de especies y la cobertura por suelo desnudo. Los corrales que exhibieron una tasa de recuperación mayor tuvieron menor cobertura por suelo desnudo debido al hecho de que los corrales con más suelo desnudo son más recientemente abandonados. En los corrales recientemente abandonados la tasa de regeneración es más alta porque las especies pioneras colonizan avivadamente y la colonización de las especies restantes es mucho más lento (Vargas-Ríos 1997).

A pesar de que, normalmente, se ve que la recuperación es más lenta en zonas más altas (principalmente por el frío) (Ramsay 1996), en este estudio, dentro del rango altitudinal del proyecto (3991- 4251 m, rango de 260m), no se notó un efecto de la altura en el número de especies ni en la tasa de recuperación. Es posible que este resultado se deba al poco rango de altitud o a la falta de repetición de sitios de muestreo que diferenciaron solo en su altitud. Es posible que los otros variables imposibilitaran la detección del efecto de la altitud. Por ejemplo, los corrales de más altura solían tener más tiempo de descanso. Además, en este estudio había más corrales de altitudes más bajas (aprox. 4000 m, N=26) que de altitudes más altas (aprox. 4200 m, N=23).

Al igual que la altitud, la pendiente de la tierra no afectó al número de especies en los corrales en general, tal vez por las mismas razones anteriormente mencionadas para la altitud. No obstante, la pendiente sí afectó a la tasa de recuperación (número de especies/meses de descanso). Los corrales ubicados en terreno empinado demoraron más en su recuperación en cuanto al número de especies encontradas (Tabla 2). Es probable que tierra con pendiente más extrema fue más gravemente disturbada por el pisoteo de las ovejas y que la erosión de la tierra después de su abandono fue mayor. Posiblemente, como resultado de tal erosión, hubiera una filtración de los nutrientes del suelo, lo que podía impedir a la germinación de las especies de plantas.

En los corrales con plantas más altas había también una riqueza de especies más alta (Tabla 1 y 2). En muchos casos, las plantas más altas fueron los pastos en macolla. La presencia de pastos en macolla indicó un estado de recuperación más avanzado, normalmente con más especies de plantas. Adicionalmente, los pastos en macolla provee hábitat para otras plantas que viven bajo de los pastos, protegidas del frío.

Los otros cuatro factores registrados no tuvieron un efecto significativo ni sobre la riqueza de especies ni sobre la tasa de recuperación. Tal es el caso para la duración de las ovejas en el corral, la posición geográfica de un corral, el impacto animal (la carga animal\*duración de las ovejas en el corral), y la profundidad de la capa de estiércol (Tabla 1 y 2). Aunque no es significativo, la tendencia es que la riqueza de especies y la tasa de recuperación bajan con el aumento en la profundidad de la capa de estiércol (Tabla 1 y 2). La duración de tiempo que durmió las ovejas en los corrales no parece tener un impacto sobre el número de especies encontradas ( $df = 1$ ,  $F = 0.65$ ,  $p = 0.42$ ), ni sobre el porcentaje de suelo desnudo ( $df = 1$ ,  $F = 0.03$ ,  $p = 0.87$ ).

**Comment:** Change suelo desnudo to tasa de recup

### **Suelos**

Páramo que no ha experimentado disturbios ecológicos tiene un alto contenido de humedad y materia orgánica y una concentración baja de minerales (Montilla et al., 2002b). Es razonable pensar que el pisoteo de animales de pastoreo compacta el suelo y como resultado el suelo no puede retener mucha agua y su humedad baja. La falta de humedad y la escasez de vegetación causan un incremento en la temperatura del suelo. Con temperaturas más altas hay un aumento en la tasa de descomposición del suelo y como resultado hay más nutrientes disponibles. Como resultado de todos estos cambios, el pH debe subir. (Hofstede 1995 capítulo 6). En la práctica, no se nota siempre estos cambios en el suelo con el pastoreo. Hay una falta de tendencias claras en la literatura acerca del impacto del pastoreo sobre las características del suelo (Ferwerda 1987, Llambí y Sarmiento 1997, Jaimes 2000, Abadín et al 2002; citados en Montilla et al. 2002a). Hofstede (1995a) notó en un estudio en la Cordillera central de Colombia que el pastoreo y la quema, juntos, solo explicaron el 14% de la variación en las propiedades del suelo. Sin embargo, notó que los sitios con pastoreo intensivo tenían suelo más denso, más seco y más básico.

Los corrales ovinos de este estudio en el páramo de la Hacienda Antisana han experimentado un disturbio más grave que el pastoreo porque el pisoteo es más intenso, la eliminación de plantas es completa y la acumulación del excremento animal añade una capa de "suelo" nuevo. Según las muestras de julio, los suelos de los corrales son más básicos, menos densos y más húmedos que los suelos de la vecindad. El pH más básico sigue la expectativa de la hipótesis previa, concuerda con los resultados de Hofstede (1995) y los resultados de los ensayos del suelo hechos por la Universidad Central del Ecuador. Los resultados de la densidad y la humedad del suelo se oponen a la hipótesis mencionada. La explicación más probable para la disconformidad es que las muestras de suelo de los corrales fueron tomadas con la inclusión de la capa de estiércol, tomados solo a la profundidad de 5 cm. Hubiera sido mejor quitar el estiércol y tomar las muestras del suelo baja ella. La capa de estiércol es muy liviana en comparación con el suelo típico del páramo y por lo tanto la densidad es menos y el peso del agua (aunque sea realmente menos agua) compone un porcentaje más alta de la muestra. Finalmente, los corrales tuvieron un contenido más alto de N, P y K (Tabla 3). Probablemente se debe al incremento en la tasa de descomposición en los corrales y la adición drástica de nutrientes en las orinas y el excremento de los animales.

Según la tesis de Hofstede (1995), bajo la presión del pastoreo intensivo el suelo es más básico. En cuanto a la regeneración después de la agricultura, se observa Montilla et al. (2002b) un aumento sucesional en el pH, con los máximos valores en las parcelas de páramo natural y los valores menores en las parcelas cultivadas. Los datos que presento aquí se conforman más con los de Hofstede que los de Montilla et al., señalando que la creación de un corral ovino es un disturbio ecológico más similar al pastoreo que a la cultivación. Es importante añadir que la estación durante que se colecta las muestras

puede tener influencia sobre la densidad, la humedad, el pH y los nutrientes presente en tal muestras (Velásquez 1992).

## **RECOMENDACIONES**

En los páramos de las faldas del volcán Antisana del Ecuador se practica extensivamente el pastoreo ovino. La rentabilidad de tal actividad en el futuro dependerá del estado de conservación del medio, particularmente la conservación de las plantas nativas que forman la base de la red de alimentación del ecosistema y regulan su función hídrica. Los suelos también tienen un papel importante e interdependiente con las plantas. Terreno disturbado (sea por el cultivo, el pastoreo o un corral) no puede captar bien al agua de la lluvia y es mas propenso a la erosión y a perder nutrientes a causa de la “runoff” (Poulenard et al. 2001). Por lo tanto, presento las siguientes recomendaciones para el manejo adecuado de la Hacienda Antisana.

Primero, está claro que una reducción en el numero de ovejas en la Hacienda Antisana puede retrasar el daño al ecosistema y puede permitir que la vegetación recupere a un estado más diverso y más abundante. Hay que encontrar la capacidad adecuado de ovejas para seguir el negocio de pastoreo sin deterioro al medio.

Segundo, si la Hacienda sigue con el uso de los corrales, es preferible que no los ponga en las partes de tierra pendiente porque la recuperación de las plantas y del suelo en estas áreas es mas lenta que en las áreas más planas.

Tercero, es mejor no poner tantas ovejas en un solo corral. En los corrales con mayor número de ovejas por metro cuadrado, había una recuperación mas lenta de las plantas y del suelo.

Cuarto, sería buena idea considerar la repetición del uso de los mismos corrales, probablemente construyendo bloques de cemento y tal vez podría utilizar el excremento animal como abono para los cultivos.

Quinto, sería interesante explorar la rentabilidad de sembrar los corrales con las semillas de las plantas nativas como la paja, la chuquiraga u otras plantas nativas pioneras. Se podría encargar a los pastores para sembrar y cuidar las plantas sembradas.

Sexto, es necesario que hagan más estudios para cuantificar el impacto del sistema de pastoreo rotativo y para elucidar la eficacia de la implementación de cambios en el sistema. Es sumamente importante tener un archivo de datos que contiene la ubicación de todos los corrales, la fecha y la duración de utilización, el tamaño del corral y el número de ovejas que durmieron en ella. Tal archivo es la base para investigar, ahora y en el futuro, el impacto y la rentabilidad del sistema de pastoreo ovino.

## **COMENTARIOS FINALES**

La biodiversidad mundial no estará protegida *solo* por la creación de zonas fuera del impacto de los seres humanos, como pretenden las reservas naturales y los parques nacionales, sino por la búsqueda de un sistema adecuado de uso de la tierra por parte del ser humano que sea sostenible. El impacto del ser humano sobre la tierra aumenta cada día y no hay suficientes leyes para protegerla o no hay cumplimiento de ellas. Además, a veces, el tamaño de las zonas protegidas no es apropiado para la conservación de algunas especies y los impactos negativos no se limitan a degradar un área aislada. Por lo tanto, es necesario que logremos tener un conocimiento profundo de la función del ecosistema que queremos conservar y que busquemos una mejor rentabilidad de la tierra a largo plazo, en cuanto a servicios del ecosistema tanto como la producción agrícola. La necesidad de manejo sostenible es más prioritaria en las zonas tropicales donde existe la mayor parte de

la biodiversidad mundial. Por eso, es sumamente importante que organizaciones como la Fundación Antisana sigan su trabajo, buscando la mejor forma de manejo, siempre incorporando a los intereses de cada actor, incluyendo a poblaciones locales, propietarios, el gobierno local y central y a países extranjeros con interés y a veces influencia sobre el estado de la naturaleza ecuatoriana.

### **Agradecimientos**

Agradezco al propietario de la Hacienda Antisana, José Delgado, que hizo posible el presente estudio por su buena voluntad y su generosidad. Agradezco también a la Fundación Antisana por su apoyo profesional y en particular a Alex Leguízamo por su visión y ayuda en el diseño del experimento y a Fabián Rodríguez por su apoyo y su revisión del presente documento. Agradezco al Dr. Robert Hofstede por sus recomendaciones expertas en cada etapa del proyecto y su buena voluntad en ayudar. Agradezco a la facultad y los empleados del herbario de La Universidad Católica del Ecuador por conceder el uso del herbario para mis identificaciones, particularmente al Dr. Hugo Navarette y la Dra. Susana León-Yanez. Agradezco al laboratorio agrícola de la Universidad Católica y de la Universidad Central por ayudarme a analizar mis muestras de suelo. Agradezco mucho a mis asistentes del campo, Jessica Beckwith y David Trujillo, quienes soportaron conmigo el tiempo, a veces inclemente, para coleccionar los datos. Finalmente, agradezco a la Comisión Fulbright del Ecuador y al Departamento del Estado de los EE.UU. por darme la oportunidad a ejecutar esta investigación y a conocer a un país extranjero e increíblemente hermoso.

## Bibliografía

- Fondo para la Conservación del Agua (FONAG). 2004. "Estudio de Factibilidad para el desarrollo de actividades productivas para proteger la cuenca alta del río Antisana y el corredor turístico de influencia."
- Hofstede, R. **2001**. "El impacto de las actividades humanas sobre el páramo." En: Mena V., P, G. Medina y R. Hofstede (Eds.). *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena V., R., Segarra, P., Wolf, J. y J. Sevink. **2002**. "El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador." *Ecotropicos* 15(1): 3-18.
- Hofstede, R. **1995c**. "Efectos de la ganadería extensiva sobre el ecosistema paramuno. Conclusiones y Recomendaciones para el manejo y la conservación." Capítulo ocho. En: *Effects of Burning and Grazing on a Colombian páramo ecosystem*. Tesis doctoral. Universidad de Ámsterdam.
- Hofstede, R. **1995b**. "Water and nutrient storage and input:output budgets in burned, grazed and undisturbed páramo grasslands." Capítulo siete. En: *Effects of Burning and Grazing on a Colombian páramo ecosystem*. Tesis doctoral. Universidad de Ámsterdam.
- Hofstede, R. **1995a**. "The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations" Capítulo seis. En: *Effects of Burning and Grazing on a Colombian páramo ecosystem*. Tesis doctoral. Universidad de Ámsterdam.
- Horn, S.P. **1989**. Post-fire vegetation development in the Costa Rica páramos. *Madroño* 36:93-114.
- Janzen, D. **1973**. Rate of regeneration after tropical high elevation fire. *Biotropica* 5:117-122.
- Laegaard, S. Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. En" *Paramo: An Andean Ecosystem Under Human Influence*. Balsev, H y Lutyen, J.L. (Ed.). Academia Press, London. 1992. 151-170.
- Molinillo, M. y M. Monasterio. **2002**. "Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo." *Ecotropicos* 15 (1): 19-34.
- Montilla, M., Monasterio, M. y Sarmiento, L. **2002a**. Dinámica sucesional de la fitomasa y los nutrientes en parcelas en sucesión-regeneración en un agroecosistema de paramo. *Ecotropicos* 15(1):75-84.
- Montilla, M., Herrera-Peraza, R. y Monasterio, M. **2002b**. Influencia de los períodos de descanso sobre la distribución vertical de raíces, micorrizas arbusculares y pelos radicales en páramos andinos venezolanos. *Ecotropicos* 15(1):85-98.
- MONTILLA, M., R. A. HERRERA y M. MONASTERIO. **1992**. Micorrizas vesículo-arbusculares en parcelas que se encuentran en sucesión-regeneración en los Andes tropicales. *Suelo y Planta* 2: 59-70.

Poulenard, J.; Podwojewski, P.; Janeau, J.; Collinet, J. **2001**. Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian Páramo: effect of tillage and burning. *CATENA*. 45: 185-207.

Ramsay, P.M y E.R.B. Oxley. **1996**. Fire temperature and postfire plant community dynamics in Ecuadorian grass páramo. *Vegetatio*. 124:129-144.

Ramsay, P.M. Paramo vegetation recovery in the first two years after a fire on Volcan Chiles, Ecuador. En: *The Ecology of Volcan Chiles: High-Altitude Ecosystems on the Ecuadorian-Colombian Border*. 2001. Pebble and Shell Publications, Plymouth, UK. 2001: 65-73.

Reyes, V. y Poats, S. **1997**. Natural resource management in the higlands of the Antisana ecological reserve (Ecuador). Proyecto Coloaborativo Latinoamericano de Capacitacion en Genero y Manejo de Recursos Naturales (GEMAREN). FLACSO.

SARMIENTO, L., L.D. LLAMBI, A. ESCALONA y N. MARQUEZ. **2003**. Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession of the high tropical Andes. *Plant Ecology* 166:63-74.

Sklenar, P y P.M. Jorgensen. **1999**. Distribution patterns of paramo plants in Ecuador. *Journal of Biogeography*. 26: 681-691.

Vargas-Ríos, O . **1997**. Un modelo de sucesión-regeneración de los paramos despues de quemas. *Caldasia*. 19(1-2): 331-345.

VELÁZQUEZ, A. **1992**. Grazing and burning in grasslands communities of high volcanoes in Mexico. Pp. 231-242, *in* H. Balslev y J.L. Luteyn (eds): Páramo. An Andean Ecoystem under Human Influence. Academic Press, Londres.

VERWEIJ, P.A. **1995**. Spatial and temporal modelling of vegetation patterns. Burning and grazing in the páramo of Los Nevados National Park, Colombia. ITC. The Netherlands.

## FIGURAS Y TABLAS

**Tabla 1.** Análisis de regresión y ANOVA del efecto de las variables ambientales sobre la riqueza de especies en los corrales.

<b>Factor ambiental</b>	<b>Ecuación de regresión</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tiempo de descanso	Riq. esp. = $3.1 + 0.04$ tiempo de descanso; $R^2 = 10.4$	1	5.7	0.02*
Altitud	Riq. esp. = $-32.5 + 0.009$ altitud	1	2.0	0.16
Pendiente	Riq. esp. = $4.6 - 0.03$ pendiente	1	0.3	0.57
Carga animal	Riq. esp. = $5.6 - 0.8$ carga	1	2.2	0.14
Impacto animal	Riq. esp. = $4.3 + 0.09$ impacto	1	0.01	0.92
Profundidad de la capa de estiércol	Riq. esp. = $5.2 - 0.2$ profundidad	1	1.7	0.20
Medición de la planta más alta	Riq. esp. = $3.6 + 0.047$ medición; $R^2 = 8.2$	1	4.1	0.048*
Por ciento de suelo desnudo	Riq. esp. = por ciento suelo desnudo; $R^2 = 33.2$	1	24.31	<0.001*

**Tabla 2.** Efecto de las variables ambientales sobre la tasa de recuperación de los corrales (número de especies/tiempo de descanso).

<b>Factor ambiental</b>	<b>Ecuación de regresión</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Altitud	Tasa de recup. = $1182 - 0.28$ altitud	1	1.73	0.195
Pendiente	Tasa de recup. = $7.9 - 4.4$ pendiente; $R^2 = 10.4$	1	5.7	0.021*
Carga animal	Tasa de recup. = $-5.2 + 35.6$ carga; $R^2 = 7.3$	1	3.87	0.055†
Impacto animal	Tasa de recup. = $57.7 - 10.9$ impacto	1	0.12	0.729
Profundidad de la capa de estiércol	Tasa de recup. = $70.4 - 4.69$ profundidad	1	0.82	0.369
Medición de la planta más alta	Tasa de recup. = $89.4 - 1.88$ medición; $R^2 = 10.9$	1	5.61	0.022*
Por ciento de suelo desnudo	Tasa de recup. = $112 - 1.8$ por ciento suelo desnudo; $R^2 = 21.9$	1	13.78	0.001*

†casi significativo estadísticamente

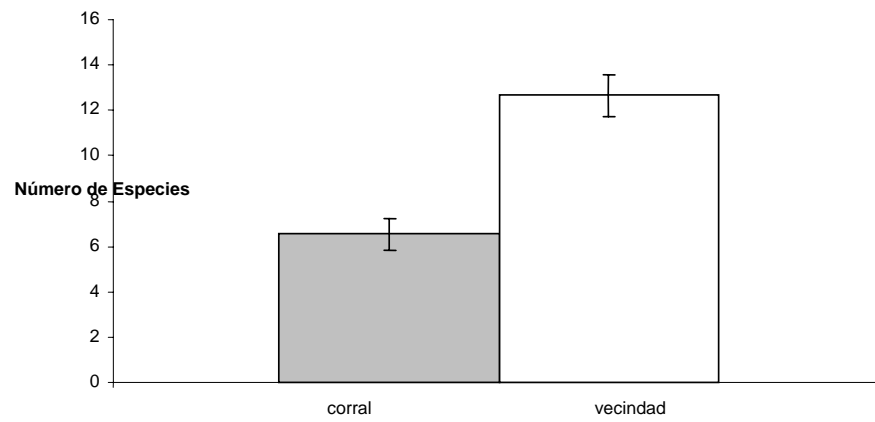
\*significativo estadísticamente

**Tabla 3.** Resultados de análisis de suelos Universidad Central del Ecuador (N=1 con 10 submuestras).

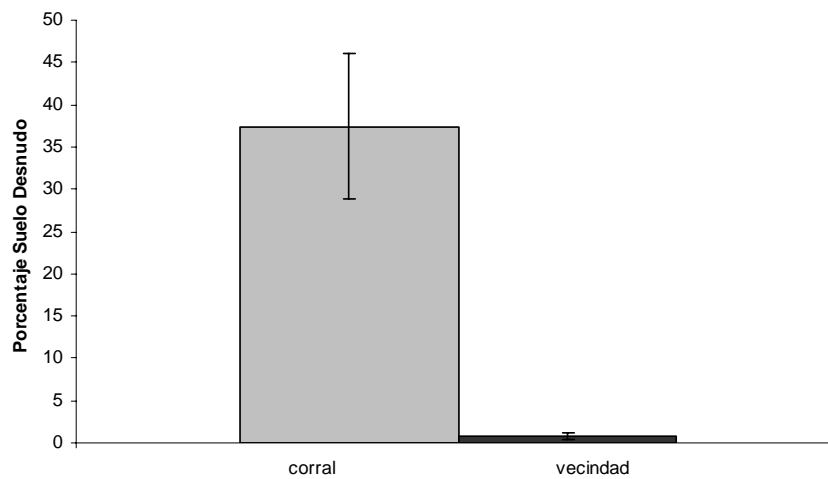
	pH	Materia Orgánica (%)	N total (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Conductividad eléctrica (μS/cm)
Corral Nuevo	6.4	9.89	0.49	234	1899	446
Corral Descansado	7.0	9.95	0.50	348	2030	486
Vecindad	4.9	7.65	0.38	5	291	74

**Tabla 4.** Datos básicos de los grupos de corrales

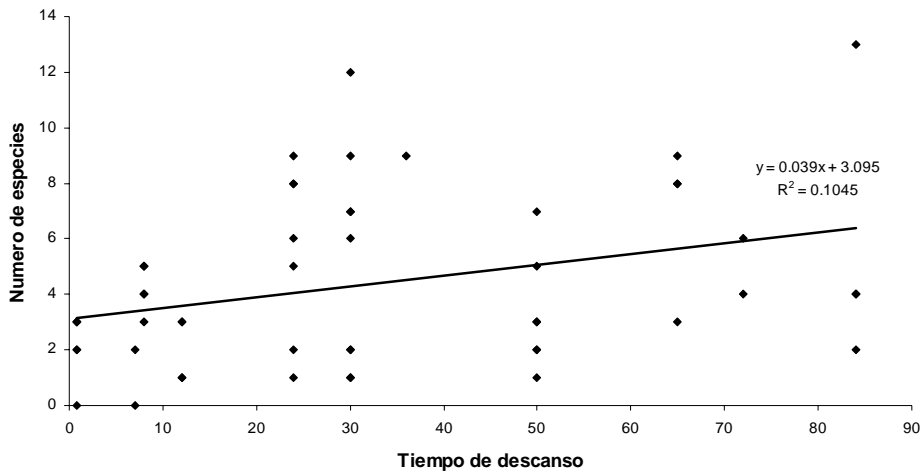
Grupo de corrales	Altura promedio (m)	Número de ovejas que durmieron	Tiempo de descanso desde la dormida (meses)
A	4186	1000	30
B	4061	500	50
C	4070	500	72
E	4066	3000	1
F	4061	2500	50
G	3994	3000	7
H	4061	3000	8
I	4240	2000	12
J	4218	2000	84
K	4208	4000	36
L	4180	2500	24



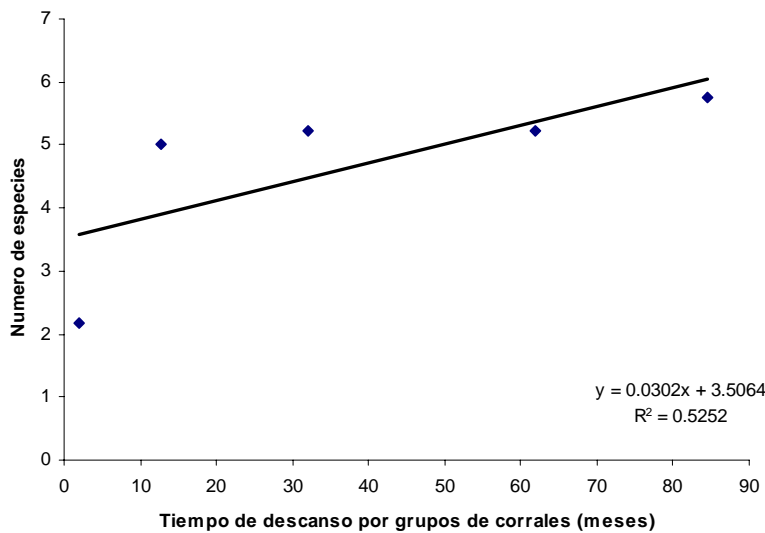
**Figura 1.** Número de especies encontradas (+/- SE), como promedio, en los sitios de muestreo en corrales (N=51) y en los sitios de muestreo de la vecindad (N=18).



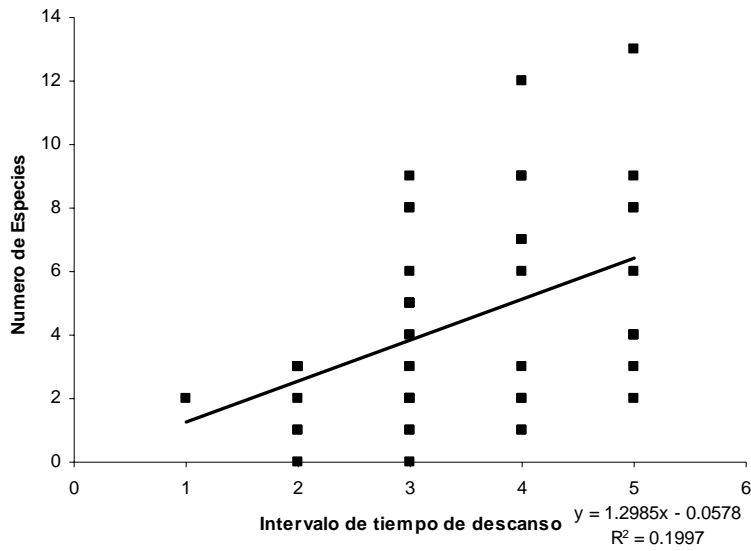
**Figura 2.** El porcentaje de suelo desnudo (+/- SE), como promedio, en los sitios de muestreo en corrales (N=51) y en los sitios de muestreo de la vecindad (N=18).



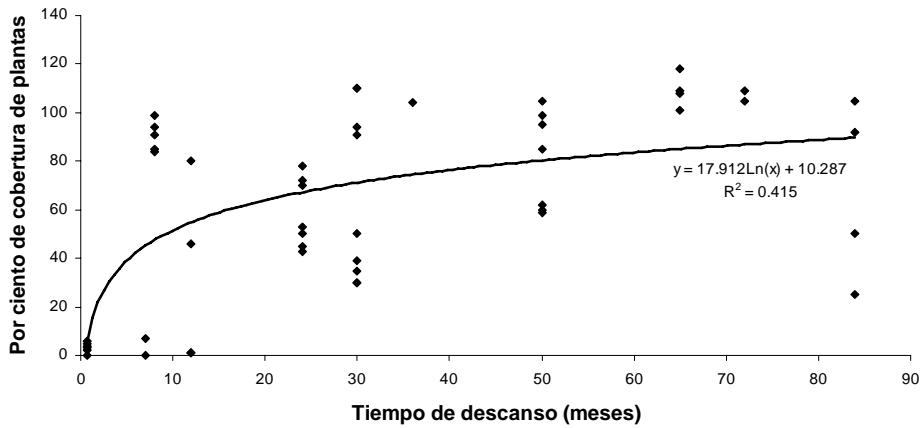
**Figura 3.** El número de especies en los corrales con diferentes tiempos de descanso (N=51).



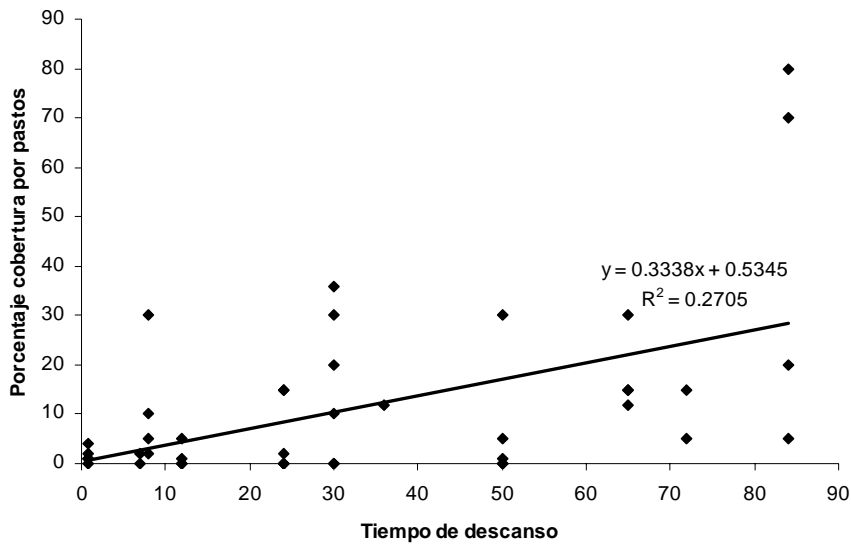
**Figura 4.** Número de especies encontradas según el tiempo de descanso promedio por grupos de corrales. Únicamente se incluyó los grupos compuesta por 4 o más corrales (izquierda a derecha: Grupo E (N=6), I (N=4), A (N=9), B (N=9), J (N=4)).



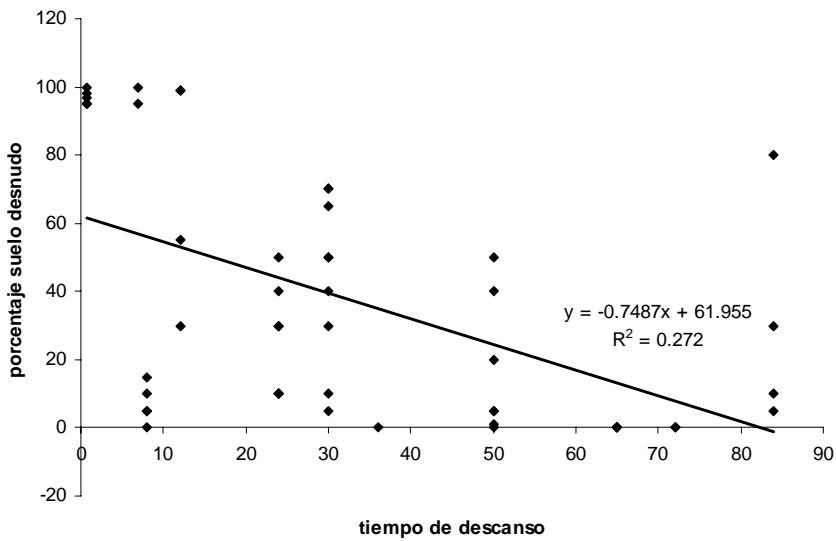
**Figura 5.** Número de especies encontradas considerando los corrales entre categorías o intervalos de tiempo de descanso (N=51): 1= hasta un mes, 2= uno a seis meses, 3= siete a treinta meses, 4= treinta y uno a sesenta meses, 5= sesenta y uno a más meses.



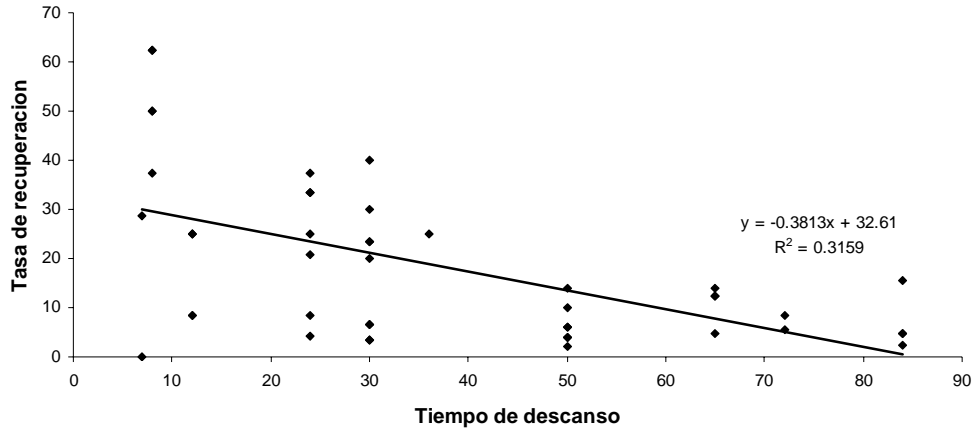
**Figura 6.** Por ciento de cobertura por plantas en corrales con diferentes duraciones de tiempo de descanso. N=51.



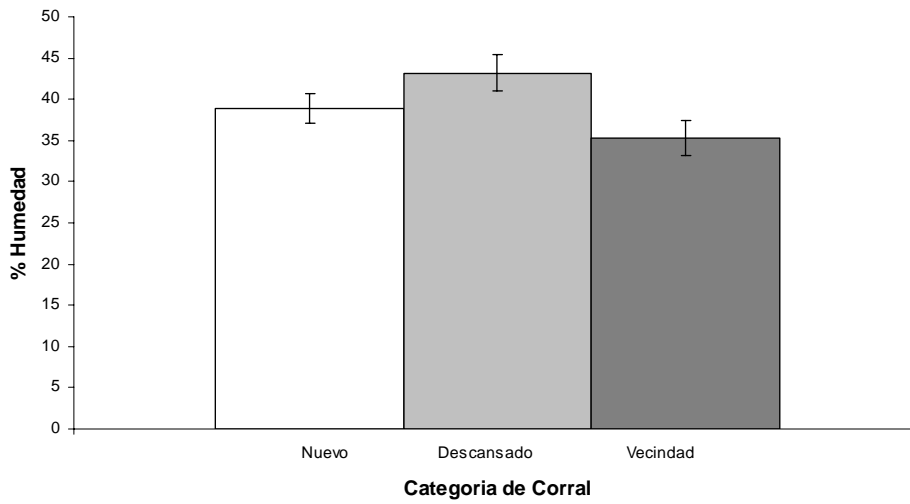
**Figura 7.** Porcentaje de cobertura por pastos (familia Poaceae) en los corrales con distintos tiempos de descanso. N=51.



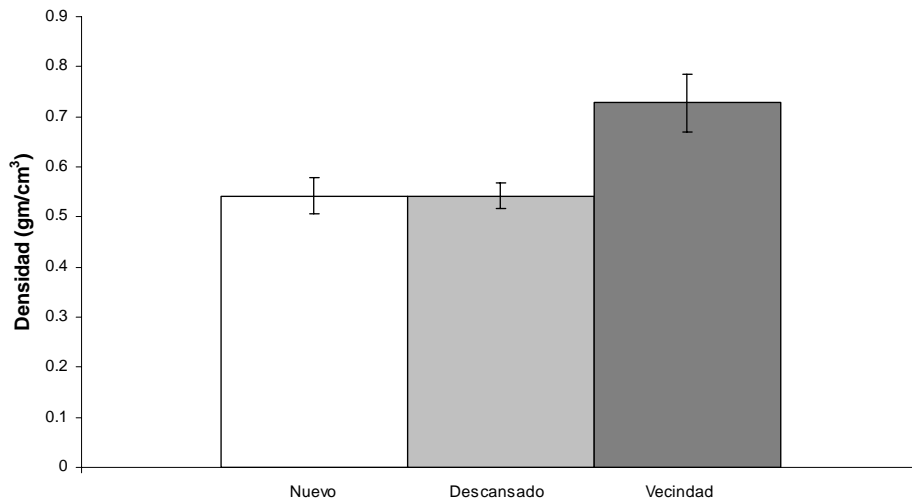
**Figura 8.** El porcentaje de suelo desnudo en los corrales con distintas duraciones de tiempo desde que durmieron las ovejas. N=51.



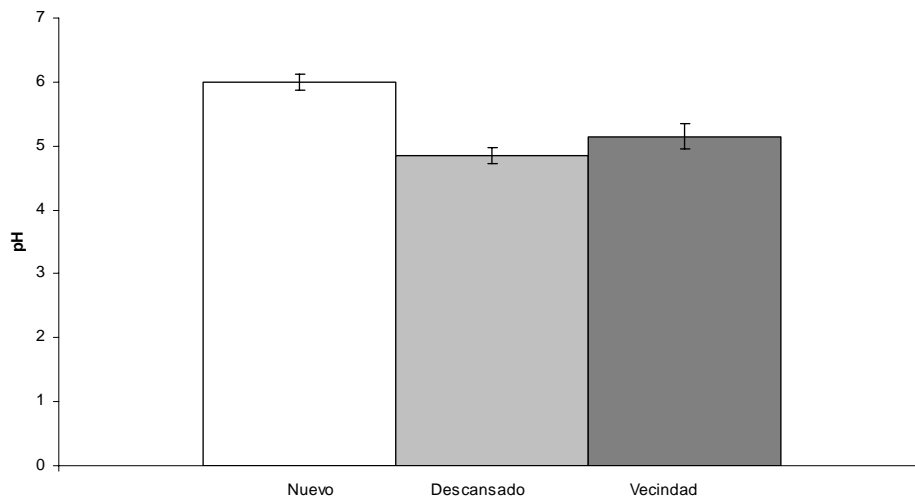
**Figura 9.** La tasa de recuperación de los corrales con distintos tiempos de descanso (duraciones de tiempo desde que funcionaron como corrales entre 8 y 84 meses). N=48.



**Figura 10.** Por ciento de humedad de suelo medido por peso (n = 5). ANOVA df = 2, MS = 78.5, F= 3.6, p = 0.059.



**Figura 11.** Densidad (gm/cm<sup>3</sup>) del suelo de las muestras de julio (n = 5). ANOVA df = 2, MS = 0.06, F = 6.7, p = 0.011.



**Figura 12.** pH del suelo de las muestras de julio (n = 5). ANOVA df = 2, MS = 1.8, F = 15.1, p = 0.0005.