

Efecto de la tala de *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) sobre la estructura de un bosque de neblina en los Andes (Cochabamba, Bolivia)

Effects of felling *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) on the structure of Andean cloud forest (Cochabamba, Bolivia)

Ariel Isaías Ayma-Romay¹ y Elsa Padilla-Barroso²

¹ Programa para la Gestión Social de Ecosistemas Forestales Andinos - ECOBONA, Calle Rosendo Gutiérrez n° 704, Telf. 591- 2- 2419585. La Paz, Bolivia. Dirección Actual: Proyecto de Reforestación y Protección de Especies Nativas - Rufford Small Grants Foundation, Calle Adela Zamudio n° 223, Telf.: 591 (4) 4403692. Cochabamba, Bolivia. E-mail Ariel Ayma: ariel.isaias.aymar@gmail.com

² Investigadora independiente. Cochabamba, Bolivia. Telf.: 591-4- 4302038 - 72724201. E-mail Elsa Padilla: tabebuia_rosado@yahoo.es.

Resumen

En el presente trabajo fueron analizados los efectos de la tala sobre la estructura, composición y la regeneración natural de un bosque andino de neblina. Se instalaron 40 parcelas de 707 m² para medir individuos >10 cm DAP y sub-parcelas de 5 m² para evaluar la regeneración de individuos <10 cm DAP y de 1 m² para evaluar el banco de semillas. Se evaluó la densidad y cobertura de todos los árboles. Se realizó un análisis cluster para establecer las categorías de cobertura de dosel y un análisis de componentes principales para determinar su asociación con la densidad de diferentes especies de plántulas. La tala ha modificado la cobertura ($p < 0,001$) generando doseles de poco a fuertemente intervenidos. Los claros de dosel favorecen a las heliófitas (*Myrsine pseudocrenata*, *Vallea stipularis*, *Nectandra* sp., *Trichilia hirta*, *Miconia theaezans*), algunas esciófitas que requieren luz en clases avanzadas (*Podocarpus glomeratus* y *Myrcianthes osteomeloides*) y otros arbustos (*Solanaceae*, *Verbenaceae* y otras). Por otra parte, algunas esciófitas reducen su densidad en doseles intervenidos (*Weinmannia microphylla*, *Condalia weberbaueri*, *Blepharocalix salicifolius* y *Styloceras columnare*). El manejo del bosque debe mantener la cobertura de individuos > 60 cm DAP, la creación de reservas en bosques maduros y prácticas de facilitación para el crecimiento de especies de árboles claves.

Palabras clave: silvicultura, manejo de bosque, Ayopaya, regeneración, uso tradicional.

Abstract

We examined the effect of logged mature trees on the structure, composition and natural regeneration of cloud forest. We installed 40 plots of 707 m² measuring individuals >10 cm Dbh (Diameter at breast height), sub-parcels of 5 m² for the regeneration <10cm Dbh and of 1 m² for the seed-bank. We evaluated density and cover understory of all the trees. We did a cluster analysis for generating categories of cover canopy and also it makes principals components analysis (PCA) for determining the association of canopy cover with the density of different seedings species. The logging of mature trees modified the covering ($p < 0,001$) generating canopies different (few to strongly intervened). The canopy gaps improved the density of species shade-intolerant (*Myrsine pseudocrenata*, *Vallea stipularis*, *Nectandra* sp., *Trichilia hirta*, *Miconia theaezans*), some species shade-tolerant decreases their density sampling when decrease the covering canopy (*Weinmannia microphylla*, *Condalia weberbaueri*, *Blepharocalix salicifolius* and *Styloceras columnare*). The management of the forest has that maintain the understory cover of individuals >60 cm Dbh, to create areas protect in old forest and to promote practical of facilitating the growing of important trees.

Keywords: silviculture, forest management, Ayopaya, regeneration, traditional use.

Presentado: 30/10/2008
Aceptado: 17/02/2009
Publicado online: 28/08/2009

Introducción

En todo el mundo los bosques montanos húmedos presentan altas tasas de deforestación. En la zona de estudio, comunidad de Pajchanti (departamento de Cochabamba, Bolivia), estos bosques han perdido el 60% de su superficie original para convertirse en suelos agrícolas para la producción de tubérculos y cereales (Obs. propia). Estos bosques se ubican en la provincia biogeográfica de los Yungas del Cotacajes (Navarro, 2005) y están compuestos por especies de *Podocarpus glomeratus* D. Don (Podocarpaceae), *Weinmannia microphylla* (Cunaniaceae), *Miconia theaezans* (Melastomataceae) y *Myrcianthes osteomeloides* (Myrtaceae) (Linke 1988, Mérida 1989). En la comunidad de Pajchanti, este fragmento de bosque a pesar de las intervenciones que ha sufrido, todavía es uno de los mejores reservorios de las poblaciones de *P. glomeratus* en Bolivia, debido a sus abundancias, tamaños y estructura (Ayma-Romay et al. 2007; comparar con Zarate et al. 1999).

Desde hace cien años, este bosque ha sufrido los impactos de la tala para el uso doméstico en Pajchanti y otros pueblos cercanos; desde ese entonces hasta la fecha, las condiciones de vida no se han modificado sustancialmente (Linke 1988, Mérida 1989). A consecuencia, la población local aún tiene pocas alternativas para aprovisionarse de madera para la construcción casas, muebles, combustible para la cocción de alimentos y para construir algunos artefactos agrícolas de necesidad doméstica

(Obs. pers.). Para mejorar este escenario algunas instituciones locales han promovido la regulación de la tala con la generación de “normas comunales de bosques” como instrumentos de autogestión forestal (Céspedes y Yucra 2007). Este instrumento es interesante socialmente para conservar el bosque; sin embargo, requiere mejoras y ajustes que se basen en parámetros ecológicos del bosque. Esto ayudaría argumentar técnicamente la racionalidad del uso del bosque (Ayma-Romay et al. 2007).

Actualmente bajo las normas comunales de bosque se aplica un sistema de aprovechamiento tradicional de madera orientado a la “tala selectiva” de *P. glomeratus*. En primera instancia se aprovechan los árboles caídos naturalmente por factores de envejecimiento, vientos fuertes y posteriormente se procede a la tala los árboles maduros; sin embargo, los árboles caídos naturalmente son escasos y necesariamente se recurre al aprovechamiento de los árboles más grandes con mayores dimensiones de fuste y copa “árboles viejos” (Com. pers. Sindicato Agrario Pajchanti, 2006). Este sistema de aprovechamiento generalmente reduce la cobertura del bosque, reconfigura la composición de las especies y ocasiona claros de diferentes tamaños según el tamaño del árbol talado originando rodales con mayor grado de iluminación dentro del bosque y modificando la temperatura, humedad y características físicas del piso forestal para la regeneración natural (Camacho y González 2002, Vaca 2003, Dezzotti et al. 2003, Felton et al. 2006).

Todas las perturbaciones y efectos de la apertura del dosel tienen una implicancia directa hacia la densidad y composición de la regeneración natural en los bosques (Donoso y Nyland 2005, Felton et al. 2006, Ayma-Romay et al. 2007). Sin embargo, causan un efecto diferenciado en el establecimiento de las especies arbóreas según el gremio ecológico a las cuales pertenecen, es decir: especies intolerantes a la sombra (heliófitas) y las tolerantes a la sombra (esciófitas) (Hartshorn 1980). Estos disturbios para las esciófitas significan un factor de mortandad y para las heliófitas una oportunidad para establecerse (Denslow 1980). Al ocurrir un claro de dosel las especies heliófitas germinan y se establecen rápidamente con mayor éxito, mientras las esciófitas germinan y se desarrollan debajo de doseles cerrados (Fredericksen et al. 2001). No obstante, también se debe considerar que las tolerancias o preferencias de la regeneración respecto a la luz, cambian a medida que las plántulas adquieren mayores tamaños. Se ha visto que muchas plántulas de carácter esciófito en etapas iniciales requieren un claro de dosel para crecer y desarrollarse mejor (Ver Camacho y González 2002, Dezzotti et al. 2003).

Los efectos de la tala sobre la regeneración de *P. glomeratus* repercutirán de acuerdo a sus estrategias de regeneración. En el hemisferio sur se observaron muchos bosques maduros con especies de coníferas que tienen poca regeneración natural debajo de sus doseles, deduciendo que son intolerantes a la sombra debido a que la mayoría mejoran su regeneración cuando reciben mejor iluminación por disturbios naturales ó antropogénicos (Wardlh 1963, Bergin 2000, Coomes et al. 2005, Ayma-Romay et al. 2007, Soto y Figueroa 2008). Las respuestas a estos disturbios por especies de la familia Podocarpaceae muestran diferentes estrategias de regeneración, las mismas se explican a través de tres hipótesis: a) la regeneración por "claros" indica que éstas especies mejoran su regeneración cuando se forman claros por la caída de individuos o grupos de árboles maduros dentro del bosque debido a disturbios naturales u otros (p.e. viento) (Hutchinson 1926, Holloway 1954), b) la regeneración en "mosaico" sugiere que se regeneran a través de cambios fuertes de la vegetación (p.e. incendios, movimientos de tierra u otros) las mismas permiten la densa y rápida regeneración de la especie generando bosques coetáneos (Ogden 1985) y c) la regeneración "bajo sombra" indicando que después de la formación de claros, éstas especies requieren especies latifoliadas como facilitadoras (p.e. *Weinmania* spp.) para que luego los *Podocarpus* spp. crezcan y desarrollen hasta alcanzar el dosel superior suprimiendo o cobijando a sus antecesoras (Poole 1937).

Todo impacto sobre la regeneración repercutirá sobre su futura estructura, composición y "salud del bosque" (Pinazo et al., 2003; Vaca, 2003; Soto y Figueroa, 2008). He aquí, la importancia de este estudio que tiene el objetivo de conocer el efecto de las perturbaciones del dosel en el bosque sobre la regeneración, ocasionadas especialmente por la tala de árboles dentro del sistema de aprovechamiento tradicional de la comunidad de Pajchanti para sugerir mejores prácticas de manejo. Las preguntas de investigación fueron: a) ¿Las perturbaciones de tala han ocasionado diferencias significativas a nivel del dosel superior del bosque? b) ¿Cómo estas modificaciones de dosel afectan las características estructurales y de composición de la regeneración natural? c) ¿Qué especies están siendo favorecidas o perjudicadas por los disturbios a nivel de regeneración? y d) ¿Cómo se puede mejorar o ajustar las prácticas tradicionales del bosque para garantizar la regeneración natural de especies clave?

Métodos y materiales

Área de estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Pajchanti (17°5' S y 66°49' W) ubicado en el municipio de Independencia, provincia Ayopaya del departamento de Cochabamba, Bolivia. El bosque se encuentra en un rango altitudinal de 2800 a 3400 m sobre el nivel del mar en una zona pluviestacional (Navarro 2005). La zona presenta una marcada estación seca entre los meses de mayo a noviembre, tiene una precipitación anual aproximada de 911 mm y una temperatura promedio de 14,8 °C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI; estación meteorológica de Independencia, 2760 m de altitud). Los bosques de neblina reciben humedad durante todo el año por efecto de la condensación de la niebla proveniente de la región amazónicas y además debido a la discontinuidad térmica de las nubes, ya que éstas liberan calor de compensación, un fenómeno que no ocurre por encima de ellas. Estas comunidades boscosas se encuentran en laderas y colinas convexas con pendiente de 25 a 65%. La profundidad media del suelo hasta llegar al material original (horizonte C) es de 40 a 130 cm; estos suelos tienen un mantillo de 25 cm, el horizonte A es profundo marrón oscuro a negro, tiene de 10 a 35% de arcilla con una acidez moderada a fuerte de pH 4,5 (Linke 1989, Villavicencio 2001). El árbol más importante ecológicamente en Pajchanti es *P. glomeratus*: tiene un IVI de 94 y 92% en bosque alto (ba) y bajo (bb), densidad de 106 (ba) y 146 (bb) ind.ha⁻¹, una dominancia de 12 (ba) y 6 (bb) m².ha⁻¹ y una frecuencia de 100 (ba) y 84% (bb) respectivamente. Su estructura poblacional muestra una "j" invertida con alta densidad de regeneración y árboles jóvenes de 10 a 20 cm DAP (Diámetro altura pecho del fuste a 1,5 m de altura del suelo). La regeneración natural es abundante: 23 473 y 25 052 ind.ha⁻¹ en bosque alto y bajo respectivamente. La regeneración esta compuesta principalmente por arbustos y árboles, por ejemplo: *P. glomeratus*, *Condalia weberbaueri* (Rhamanaceae), *Blepharocalix salicifolius* (Myrtaceae) y *Vallea stipularis* (Elaeocarpaceae) (Ayma-Romay et al. 2007).

Medición de variables

En un fragmento de bosque con 254 ha se realizó un muestreo aleatorio simple, instalando 40 parcelas circulares de 15 m de radio (=707 m²). Se registró la densidad, diámetro, especie y altura total de todos los individuos de vida arbórea y arbustiva encontradas en las siguientes categorías de tamaño de diámetro de fuste: a) regeneración= (< 1), (1,1 a 3), (3,1 a 6), (6,1 a 9,9) y de (10 a 19,9 cm) y b) adultos= > 20 cm DAP. Las plantas > 10 cm DAP fueron registradas en toda la parcela y las plantas menores a < 10 cm DAP fueron registradas en sub-parcelas de 5 m² instaladas al azar ubicadas a diez metros del centro de la parcela. Así también, se evaluó la densidad y viabilidad del banco de semillas en sub-parcelas de 1 m² instalada al azar a cinco metros del centro; en éstas sub-parcelas se recolectó todas las semillas mayores a 0,4 cm de diámetro encontradas a dos cm de profundidad de la superficie del suelo. La viabilidad fue estimada por prueba de corte (semillas viables fueron aquellas que estaban llenas, sin infestaciones y con endospermo blanco y firme) (Ayma-Romay y Sanzetenea 2007).

Análisis de datos

Las parcelas del inventario fueron estratificadas en cuatro categorías de disturbio de dosel mediante el análisis de con-

glomerados (*cluster*) utilizando la variable de área basal de los árboles maduros > 20 cm de DAP. El área basal fue el indicador de disturbio de dosel como un parámetro válido para estimar la cobertura del bosque (Lamprecht 1990). Se utilizó el método de agrupamiento jerárquico *average linkage* y la distancia euclídea. Para determinar las diferencias significativas de cobertura del dosel se realizó un anova y una prueba de comparación de medias Tukey al 0,05 de nivel de confianza. Así también, se caracterizó la estructura del bosque y la regeneración existente en cada una de las cuatro categorías de disturbio de la cobertura del bosque utilizando medias aritméticas (\bar{x}), desviación estándar (DS) y error estándar (EE). Para ello, se utilizó: a) Densidad absoluta = n° de árboles por especie.ha⁻¹ y b) Cobertura = Área basal de una especie m².ha⁻¹. Para ilustrar mejor el efecto del grado de disturbio y los cambios de la composición del bosque se realizó un diagrama de la estructura vertical del bosque utilizando los datos de las densidades de individuos > 20 cm de DAP en un cuarto de hectárea y represento en un eje de 250 m lineales. También se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para determinar el grado de asociación de la densidad de las plántulas <10 cm DAP de diferentes especies leñosas con el grado de cobertura del bosque (área basal de los individuos). Los datos fueron analizados en MS-Excel 2007 e InfoStat 2004.

Resultados

Efecto de la tala sobre la estructura del bosque

Mediante el análisis de conglomerados se obtuvieron cuatro diferentes grados de cobertura de dosel, estos representan los grados de intervención de la tala del bosque: I= poco intervenido (dos parcelas), II= intervención moderada (seis parcelas), III= intervenida (24 parcelas) y IV= muy intervenido (ocho parcelas) (Fig. 1). El análisis de Anova y la prueba de comparación de medias de Tukey demuestran que el bosque nublado tiene significativos grados de cobertura de dosel debido a los disturbios de tala de árboles ($p < 0,0001$; $n = 40$; $gl = 3$). Los diferentes grados de intervención de la cobertura de dosel cambian de $33 \pm DS 1,4 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ (poco intervenidos) a $5 \pm DS 4,8 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ (muy intervenido) (Fig. 2).

En las categorías menos intervenidas I y II, se observa claramente que los individuos maduros > 60 cm de DAP de *P. glomeratus* y la clase 40 a 60 cm de *W. microphylla* son los que componen principalmente el dosel superior del bosque dándole una estructura "saludable". La intervención de la tala tradicional de los árboles maduros de estas especies, reduce su densidad provocando un fuerte impacto en la reducción de la cobertura de dosel en el estrato superior, densidad de individuos y composición del bosque. En los grados de intervención III y IV la pérdida de individuos maduros > 60 cm de DAP es un hecho evidente. A medida que avanza la tala de individuos maduros de estas especies empiezan a reducir la cobertura, estratos de dosel y densidad de las especies tolerantes a la sombra, por ejemplo, de *W. microphylla* y *M. osteomeloides* en sus clases diamétricas de 20 a 40 cm DAP y analógicamente incrementan la densidad algunas especies pioneras (*M. theezans* y *A. acuminata*) (Fig. 3, Tabla 1).

Efecto de la tala en la regeneración

El análisis de componentes principales clasificó las preferencias ecológicas de la regeneración de acuerdo al nivel de disturbio de dosel bosque. Existen las especies que prefieren

Promedio (Average linkage)--Distancia: (Euclídea)

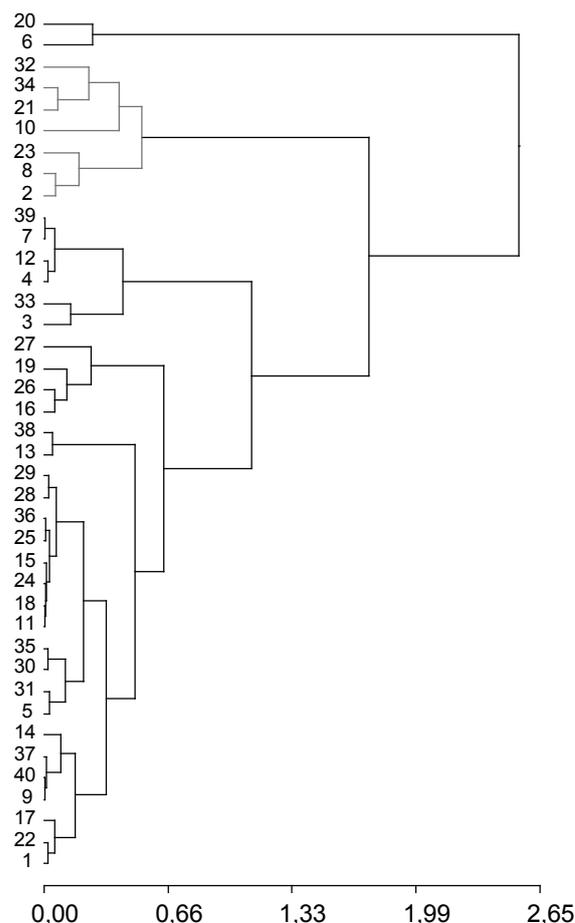


Figura 1. Clasificación de coberturas del bosque >20 cm DAP (Dendrograma). Correlación cofenética = 0,85.

doseles poco disturbados (esciófitas) y especies que prefieren doseles disturbados (heliófitas). La componente principal uno, agrupa a las especies heliófitas que prefieren doseles disturbados del nivel III, como la Lima lima (*M. pseudocrenata*), Umilsiltu (*V. stipularis*), Laurel (*Nectandra sp.*) y Puka era (*Trichilia hirta*) otros arbustos como los Llaullis (*Berberis weddellii* y *B. paucidentata*), Kuricurisun (*Solanum sp.*), Coca Coca (*Saracha punctata*), T'uko (*Hesperomeles ferruginia*), Huayku huayku (*Solanum sp.*), Th'olas (*Baccharis spp.*), Chulo chulo (*Brachyotum microdon*) y otros. Por otra parte, el componente principal

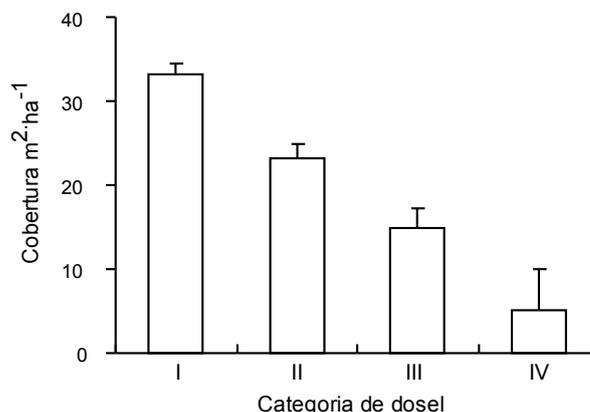


Figura 2. Diferencia de cobertura de dosel en el bosque.

Tabla 1. Densidad de individuos ind.ha⁻¹ > 20 cm Dap en diferentes categorías de disturbio de dosel por clases de tamaño diamétrico en centímetros.

Nombre científico	I				II				III				IV	
	20-40	40-60	60-80	> 80	20-40	40-60	60-80	> 80	20-40	40-60	60-80	> 80	20-40	40-60
<i>Weinmannia microphylla</i>	134	28			80	9			40	5			11	5
<i>Podocarpus glomeratus</i>	42	7	28	7	47	26	5	5	45	19	6	1	18	5
<i>Myrsine pseudocrenata</i>	14								5				2	
Arbustos	14				2	5			8	1			2	
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	7				2				2					
<i>Condalia weberbaueri</i>	7				5				4					
<i>Miconia theaezans</i>					21	9			24	2			21	
<i>Vallea stipularis</i>									2					
<i>Trichilia hirta</i>									1	1				2
<i>Myrcianthes osteomeloides</i>					7				2					
<i>Alnus acuminata</i>									6	1			5	
<i>Styloceras columnare</i>									1					
Total general	218	35	28	7	164	49	5	5	140	29	6	1	59	12

http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm

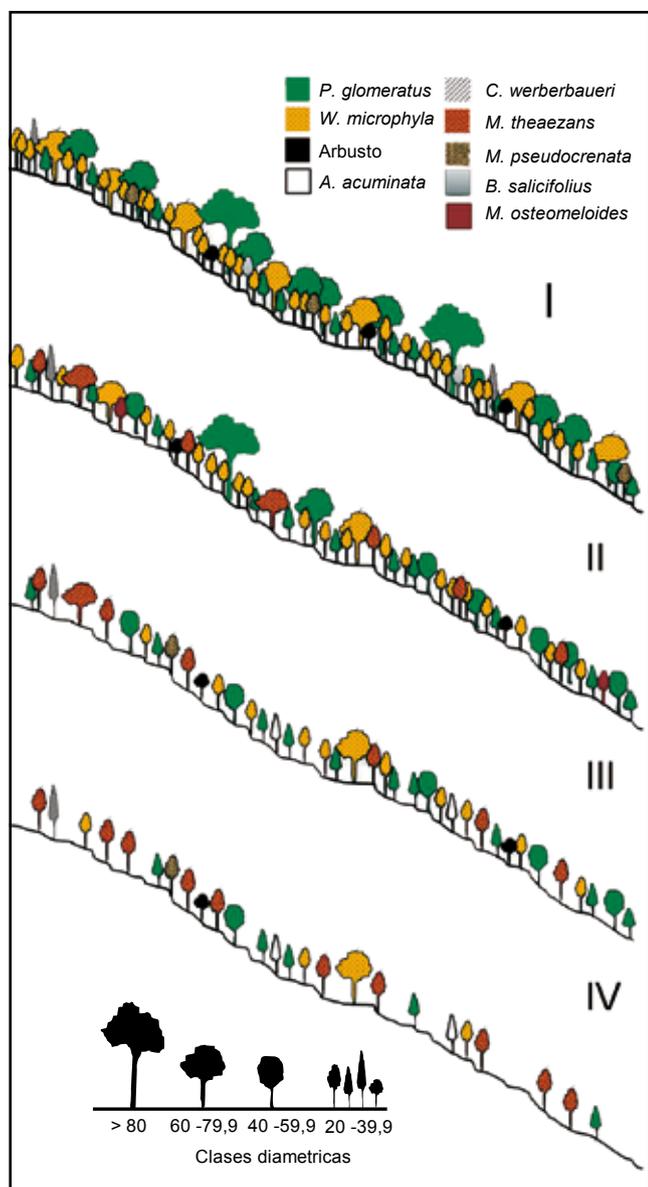


Figura 3. Diagrama de la estructura y composición del bosque de neblina en cuatro categorías de disturbio de dosel. Representación en 250 m de longitud.

dos, agrupa a las especies esciófitas que se asocian a la presencia de doseles poco y moderadamente disturbados del nivel I y II: Huaycha (*W. microphylla*), Arrayan (*M. osteomeloides*), Pino de monte (*P. glomeratus*), Kacha kacha (*C. weberbaueri*), Era blanca (*B. salicifolius*) y Naranjillo (*S. columnare*). Asimismo, este eje agrupa a las especies totalmente opuestas a la anterior y a las que se prefieren regenerarse en los bosques fuertemente intervenidos del nivel IV como el Kuri (*Chusquea* sp.) y el Yaku huaycha (*M. theaezans*) (Fig. 4).

Gran parte de la regeneración natural de las especies se agrupa en la clase < 1 cm y de 1—3 cm. Son pocas las especies que llegan a tamaños > 6 cm y menos aún a la clase de 10—20 cm de DAP. Las especies esciófitas en sus fases iniciales empiezan aglomerarse con mayor densidad en las categorías de dosel menos intervenidas, por ejemplo: *M. osteomeloides*, *C. weberbaueri*, *S. columnare*, *P. glomeratus* y *B. salicifolius* y *W. microphylla*. Sin

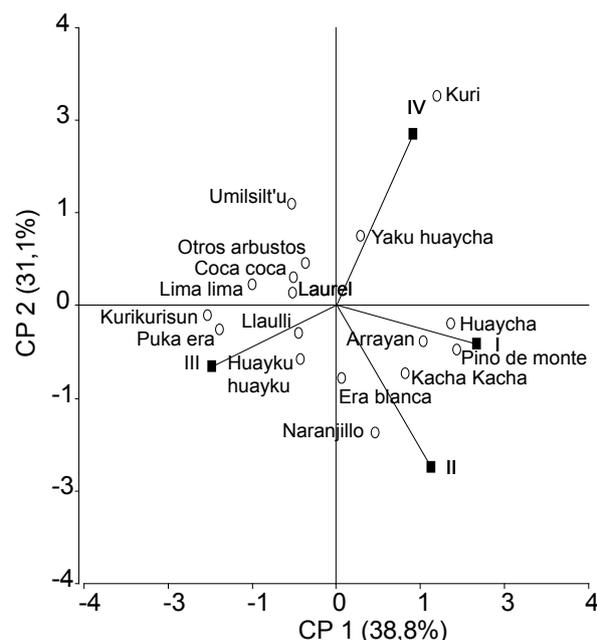
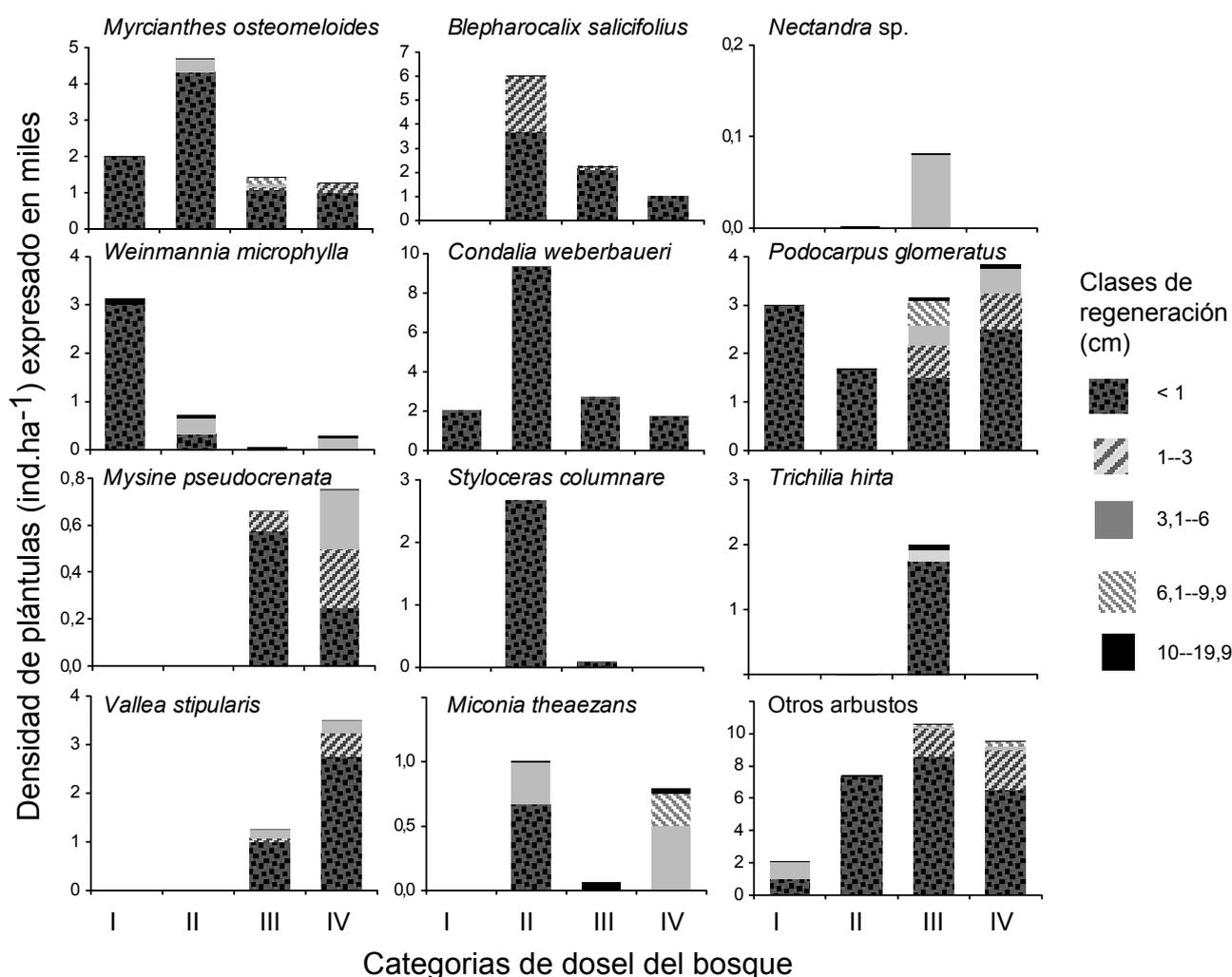


Figura 4. Influencia de la cobertura dosel sobre la distribución de la regeneración de especies < 10 cm Dap. Análisis de Componentes Principales (60% de explicación de los datos).



http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm

Figura 5. Distribución de la regeneración natural de especies leñosas por clases de tamaño en diferentes grados de intervención del dosel del bosque.

embargo, destaca que algunas de éstas requieren intervenciones de dosel para que puedan avanzar a clases superiores de tamaño (p.e. *P. glomeratus* y *M. osteomeloides*). Contrariamente otras pueden avanzar a clases superiores de tamaño sin problemas debajo del dosel (*W. microphylla*) (Fig. 5).

Por otra parte, las especies heliófitas pueden iniciar fases de regeneración bajo coberturas de mayor disturbio (Categorías III y IV) y llegan a obtener sin muchas dificultades clases mayores de tamaño (> 3 cm de diámetro): p.e. *M. pseudocrenata*, *V. stipularis*, *T. hirta*, *M. theaezans* y *Nectandra* sp. y todos los arbustos. Esto les brinda una gran capacidad de resiliencia a la intervención del dosel y una gran ventaja para colonizar bosques disturbados (Fig. 5).

El banco de semillas está conformado principalmente por *P. glomeratus*, arbustos y escasos árboles latifoliados. El banco de semillas está compuesto en mayoría por semillas no viables que se encuentran podridas y huecas en el piso del bosque. En el caso de *P. glomeratus* existe de 10 mil a 55000 semillas viables en las diferentes categorías de dosel representando sólo el 3% del total dispersadas por la especie. En el caso de arbustos existe menor cantidad de semillas viables que la anterior, existe hasta 6 mil semillas en bosques con mayor disturbio y este valor representa el 50% de las dispersadas. Por otra parte, en árboles latifoliados en el mejor de los casos existe hasta 10 mil semillas viables en

doseles poco intervenidos que representa el 75% de la cantidad de semillas dispersadas. (Tabla 2)

Tabla 2. Densidad absoluta (Ab) y relativa (%) del banco de semillas del bosque de acuerdo a categorías de disturbio (expresado en miles por hectárea).

Especie	Categorías	No Viables		Viables		Densidad Total
		Ab	%	Ab	%	
<i>P. glomeratus</i>	I	345	97	10	3	355
	II	1 902	97	55	3	1 957
	III	1 094	99	10	1	1 105
	IV	590	98	10	2	600
Otros arbustos	I	20	100	0	0	20
	II	3	67	2	33	5
	III	119	96	5	4	124
	IV	6	50	6	50	13
Otros árboles	I	0	0	0	0	0
	II	3	25	10	75	13
	III	21	100	0	0	21
	IV	14	85	3	15	16

Discusión

Las prácticas de tala tradicional provocan sustanciales modificaciones en la cobertura y estructura del bosque (categorías III y IV). Causa un impacto en la ordenación de la regeneración natural y genera para cada especie diferentes respuestas según el grado de disturbio del dosel y gremio ecológico a la cual pertenece. Los cambios ocasionados se relacionan con la formación de claros de dosel y la pérdida progresiva de estratos de dosel de *P. glomeratus* (estrato superior) y *W. microphylla* (estrato medio), ocasionando mayores niveles de iluminación a medida que avanza el disturbio. La pérdida de estratos de dosel diversificados conllevan a formas doseles mono-específicos, que en muchos otros estudios ha sido el principal factor para mejorar la regeneración de especies pioneras (principalmente coníferas) (Pinazo et al. 2003, Vaca 2003, Soto y Figueroa 2008); por otra parte, bosques maduros compuestos por doseles multiestrato presentan poca regeneración de especies pioneras (Donoso y Nyland 2005, Coomes et al. 2005).

Es por tanto, que las estrategias de manejo de bosques montanos también deben considerar las diferencias ecológicas de la regeneración entre las esciófitas y heliófitas. Las especies esciófitas son más susceptibles a los disturbios y deben ser las de mayor atención en planes de manejo y aprovechamiento (Felton et al. 2006). Por otra parte, las heliófitas son favorecidas para regenerarse ante la ocurrencia de disturbios y formación de claros; éstas son muy importantes en procesos de sucesión natural de bosques, debido a que promueven la regeneración de algunas especies esciófitas, aunque también podrían tornarse invasoras y suprimir la regeneración de especies arbóreas (Días y Armesto 2007). Los planes de manejo deberán tener un enfoque "integral" para la conservación de la diversidad de flora según su gremio ecológico. Para esto se deberá ordenar el bosque, planear medidas silviculturales y de domesticación de acuerdo necesidades ecológicas de las especies.

Especies esciófitas.- Entre las esciófitas se diferencian las esciófitas "parciales" y "totales". Las parciales (*P. glomeratus* y *M. osteomeloides*) inician su germinación y banco de plántulas bajo sombra; sin embargo, luego requieren luz para elongarse, crecer y ocupar el dosel superior; estas especies son generalmente de una vida longeva. Por otra parte, las esciófitas "totales" (*W. microphylla*, *C. weberbaueri*, *B. salicifolius* y *S. columnare*) son aquellas que pueden germinar, crecer y permanecer toda su vida bajo sombra, no requieren claros y generalmente ocupan el estrato medio (Fredericksen et al. 2001). Las esciófitas parciales responden bien a la apertura de dosel, debido a que tienen un impresionante banco de plántulas < 3 cm de diámetro en espera ante la probabilidad de ocurrencia de un claro de dosel por disturbio natural o de origen antrópico. En el caso de *P. glomeratus*, esta característica se relaciona con la estrategia de la regeneración natural en "claros" propuesta por Hutchinson (1926) y Holloway (1954) para coníferas Podocarpaceae en Nueva Zelanda.

Si bien *P. glomeratus* es favorecido por los disturbios de tala, se debe considerar que existen todavía escasos individuos juveniles (> 6 cm) en los bosques intervenidos y éstos tardarían muchos años para crecer y retomar estratos medios y superiores de dosel. Por tanto, no está demás, tomar las precauciones de regulación y protección de los árboles maduros, ya que la regeneración compuesta por juveniles difícilmente reemplazará a los adultos a corto plazo. Por ejemplo, con la tasa de crecimiento de 0,15

cm.año⁻¹ (reportado por Veillon (1962), para *Podocarpus rospigliosii* en Venezuela) aproximadamente un árbol de 10 cm de DAP tendría que invertir 466 años para alcanzar 80 cm DAP y de ésta forma lograr ocupar el dosel superior del bosque y contribuir a la recuperación de la estructura del bosque.

Por otra parte, las especies esciófitas totales reducen su abundancia en bosques disturbados. Para permitir la regeneración y desarrollo de plantines esciófitos es necesario que las zonas de aprovechamiento de madera de la comunidad de Pajchanti no reduzcan de ninguna manera su cobertura del bosque a las categorías III y IV, ya que bajo estas condiciones, estas especies difícilmente pueden germinar, formar un banco de plántulas y crecer. Es imprescindible que el aprovechamiento de *P. glomeratus* y otras especies latifoliadas no estén dirigidas a la tala de los árboles mayores a 60 cm de DAP, ya que se pierde la cobertura y sombra que brindan en el estrato superior y medio del bosque. Es necesario que se fije un diámetro mínimo y máximo de corta de 50 a 60 cm DAP (Ayma-Romay et al. 2007) para mantener la cobertura de estos árboles. Esta medida evitaría que se formen claros grandes y existan mayores daños por su caída. Felton (2006) encontró que no es conveniente aprovechar los árboles más grandes debido a que los daños y claros del bosque se incrementan, así como la colonización de especies heliófitas de rápido crecimiento y de poco valor, las mismas desplazan y quitan la oportunidad de establecimiento a especies esciófitas.

Especies heliófitas.- Se ha visto que las heliófitas (*M. pseudo-crenata*, *V. stipularis*, *T. hirta* y *M. theaezans* y otros arbustos) son favorecidas cuantiosamente por la tala del bosque, ya que dentro del dosel poco intervenido (Categoría I y II) son muy escasos. Éstos con la tala empiezan a colonizar y dominar la vegetación secundaria. Si bien, estas especies no son prioritarias para iniciar acciones de conservación, éstas ayudan a reconstruir el bosque y proteger los suelos. Al parecer toleran y facilitan el crecimiento de *P. glomeratus*, *C. weberbaueri*, *S. columnare* y *B. salicifolius*, ya que clases inferiores <6 cm de su regeneración y algunas superiores (10 a 20 cm DAP) se mantienen bajo sus coberturas (Días y Armesto 2007). Por tanto, es una buena práctica realizar enriquecimientos de especies esciófitas valiosas bajo el cobijo de éstas especies. Caso contrario, debido a que no tienen especies maderables valiosas, esta vegetación sería susceptible a la quema para la habilitación de cultivos agrícolas. Con el enriquecimiento existiría la perspectiva de que estos bosques formen nuevamente rodales altos con estratos superiores imprescindibles para el funcionamiento normal del bosque.

En este bosque (Categorías III y IV) existen especies de rápido crecimiento denominadas Llaullis (*Berberis weddellii* y *B. paucidentata*) y Kuri (*Chusquea* sp.). Estas especies aparentemente perjudican la regeneración de esciófitas y otras latifoliadas arbóreas pioneras debido a que suprimen la posibilidad de regeneración y crecimiento debido a su agresividad para invadir la vegetación secundaria y su fácil regeneración (Donoso y Nyland 2005). Por tanto, sugerimos que se realicen prácticas de eliminación mediante prácticas mecánicas de corta de estas plantas, en zonas donde se requiera fomentar la regeneración de especies esciófitas y heliófitas.

Es necesario que los gobiernos municipales, instituciones y comunidades campesinas puedan iniciar acciones de conservación y aplicación de estos criterios ecológicos para mejorar y orientar mejor las prácticas locales de uso de los bosques. Si

existen algunas especies que son favorecidas por la tala, no significa que ésta favorece a la regeneración del bosque y tampoco significa que la tala sea un factor dramático para el deterioro de la regeneración. El arte se encuentra en mantener el grado óptimo de cobertura del bosque para permitir el crecimiento de especies esciófitas y heliófitas. Para las esciófitas es necesario destinar una parte de los bosques de categorías I y II como reservas y de prohibición a la tala; la otra parte, se puede destinar como zona de aprovechamiento de madera con permiso a tala pero teniendo cuidado de generar claros pequeños de dosel. Por otra parte, en los bosques de categorías III y IV se deben destinar como zonas de enriquecimiento de árboles valiosos y eliminación de plantas invasoras.

Agradecimientos

Se agradece a la comunidad de Pajchanti por haber brindado su colaboración, apoyo y tiempo para evaluar el bosque. A la generosa contribución del Programa de Iniciativa Especies Amenazadas "Werner Hanagarth", la Fundación Protección Uso del Medio Ambiente-PUMA. Y también a nuestras queridas familias quienes siempre nos brindan apoyo en las investigaciones.

Literatura citada

- Ayma-Romay A. I. & E. Sanzetenea. 2007. Atributos y manejo de semilla de Pino de monte (*Podocarpus glomeratus*), Sailapata, Cochabamba. *Revista Agricultura* 39: 33-36.
- Ayma-Romay A. I., E. Padilla & E. Calani. 2007. Estructura, composición y regeneración de un bosque de neblina: sugerencias silviculturales para *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) en la comunidad de Pajchanti (Cochabamba, Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 21: 27-42.
- Bergin D. O. 2000. Current knowledge relevant to management of *Podocarpus totara* for timber. *New Zealand Journal of Botany* 38: 343-359.
- Camacho A. & M. Gonzalez. 2002. Establecimiento temprano de árboles nativos en bosques perturbados de Los Altos de Chiapas, México. *Revista Ecosistemas* XI n° 1
- Céspedes G. & J. Yucra. 2007. Diagnóstico de la gestión social de los ecosistemas forestales andinos en la provincia Ayopaya. Documento técnico. Intercooperation-Ecobona. Cochabamba, Bolivia. 112 pp.
- Coomes D., R. B. Allen, W. A. Bentley, L. E. Burrows, C. D. Canham, et al. 2005. The hare, the tortoise and the crocodile: the ecology of angiosperm dominance, conifer persistence and fern filtering. *Journal of Ecology* 93: 918-935.
- Denslow J. S., 1980. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica* (Suppl.), 47-55.
- Dezzotti A., R. Sbrancia, M. Rodríguez-Arias, D. Roat & A. Parisi. 2003. Regeneración de un bosque mixto de *Nothofagus* (Nothofagaceae) después de una corta selectiva. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 591-602.
- Díaz, M. & J. J. Armesto. 2007. Limitantes físicos y bióticos de la regeneración arbórea en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 13-26.
- Donoso P. & R. Nyland. 2005. Seedling density according to structure, dominance and understory cover in old-growth forest stands of the evergreen forest type in the coastal range of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 51-63.
- Felton A., A. M. Felton, J. Wood & D. B. Lindenmayer. 2006. Vegetation structure, phenology, and regeneration in the natural and anthropogenic tree-fall gaps of a reduced-impact logged subtropical Bolivian forest. *Forest Ecology and Management* 235: 186-193.
- Fredericksen T., F. Contreras & W. Pariona. 2001. Guía de silvicultura para bosques tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 77 pp.
- Hartshorn G., 1980. Neotropical forest dynamics. *Biotropica* (Suppl.), 23-30.
- Holloway J. T. 1954: Forest and climate in the South Island of New Zealand. *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 82: 329-410.
- Hutchinson F. E. 1926: The Value of Growth Rings in New Zealand Mensuration Studies. *Ibid.* 2 (1): 5-10.
- Lamprecht H. 1990. Silvicultura de los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn, Alemania. 335 p.
- Linke J. 1988. Estudio de la vegetación y del suelo en un bosque de nubes de montaña en Bolivia. Tesis de licenciatura. Universität Göttingen. Republica Federal Alemana. 160 pp.
- Mérida I. G. 1989. Evaluación de recursos naturales y lineamientos para la restauración y uso sostenido en un bosque de neblina, Cuenca Tambillo Mayu, Ayopaya. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 205 p.
- Navarro G. 2005. Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia. En: Navarro y Maldonado (eds.). *Geografía ecológica de Bolivia, vegetación y ambientes acuáticos*. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz, Bolivia. pp. 31-428
- Ogden J. 1985. An introduction to plant demography with special reference to New Zealand trees. *New Zealand Journal of Botany* 23: 751-772.
- Pinazo M. A., N. I. Gasparri, J. F. Goya & M. F. Arturi. 2003. Caracterización estructural de un bosque de *Podocarpus parlatorei* y *Junglans australis* en Salta, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 51: 361-368.
- Poole A. L. 1937. A Brief Ecological Survey of the Pukekura State Forest. *Revista de Biología Tropical* 4 (2): 78-85.
- Soto D. P. & H. Figueroa. 2008. Efectos de las alteraciones antrópicas sobre la estructura y composición de rodales de *Pilgerodendron uviferum* en la Cordillera de la Costa de Chile. *Ecología Austral* 18:13-25.
- Vaca S. 2003. Impacto de la tala selectiva en los bosques de *Podocarpus* de San Ignacio Cajamarca – Perú. *Lyonia* 5: 143-156.
- Veillon J. P. 1962. Coníferas autóctonas de Venezuela: Los *Podocarpus* con especial énfasis sobre las Podocarpaceae de la región del Estado de Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 156 p.
- Villavicencio R., 2001. Vegetación arbustiva y arbórea de los Andes de la provincia Ayopaya. Centro Cultural Ayopayamanta. Cochabamba, Bolivia. 167 pp.
- Wardlh P. 1963. The regeneration gap of New Zealand gymnosperms. *New Zealand Journal of Botany* 1: 301-15.
- Zarate, M. D. Goitia & G. Lazarte. 1999. Estudio estructural y ecológico de los bosques relictos de tres especies de Pino de monte (*Podocarpus* spp., Podocarpaceae) en Cochabamba, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 5: 51-59

