

Composición florística y estructura del bosque de ceja de monte en Yungas, sector de Tambo Quemado- Pelechuco, Bolivia

Alejandro Araujo-Murakami^{1,2}, Peter M. Jørgensen²,
Carla Maldonado^{1,2} & Narel Paniagua-Zambrana^{1,2}

¹Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 10077, La Paz, Bolivia, e-mail: lpb.madidi@accelerate.com, araujomurakami@hotmail.com

²Missouri Botanical Garden, P.O. Box 266, St. Louis, Missouri 63166-0266, USA.

Resumen

Se instaló y midió 10 parcelas de muestreo de 0.1 ha (= 1 ha) en el sector boscoso de Tambo Quemado, Pelechuco, correspondiente a los límites superiores de la formación de ceja de monte en Yungas. Posterior a un análisis de similitud procedimos a analizar las 10 parcelas como una unidad representativa del bosque en esta área. Se registraron y evaluaron 3360 individuos con $DAP \geq 2.5$ cm, sumando un área basal de 25.1 m² y 19.4 m² para los árboles con $DAP \geq 10$ cm. Se encontró 66 especies y 28 familias. Las familias con mayor riqueza en el área de estudio son Asteraceae con nueve especies, Melastomataceae con ocho especies, Solanaceae con seis especies, finalmente Araliaceae y Symplocaceae con cuatro especies. Las especies de mayor importancia ecológica son *Weinmannia fagaroides* (con 16.7% del IVI), *Clethra cuneata* (9.2%), *Miconia theizan* (6.8%) *Myrsine dependens* (6.7%), *Miconia higrrophila* 1 (5.0%), *Miconia setulosa* (4.7%) y *Schefflera herzogii* (4.5%). Las familias Cunnoniaceae (con 16.5% del IVIF), Melastomataceae (15.6%), Clethraceae (12.1%), Myrsinaceae (8.0%), Asteraceae (6.5%) y Araliaceae (6.1%) son las de mayor importancia ecológica. La estructura horizontal de este bosque expresada por medio de su distribución diamétrica se asemeja a una curva vacía o una "J" invertida. La estructura vertical presenta el mismo patrón que la horizontal, con gran abundancia de individuos en las clases de tamaños menores y a medida que aumenta la altura el número de individuos disminuye proporcionalmente.

Palabras clave: Ceja de monte, Yungas, Composición florística, Pelechuco.

Abstract

Ten non permanent plots of 0.1 ha were established at Tambo Quemado, Pelechuco. They correspond to tree line forest called "ceja de monte en Yungas" in Bolivia. After analyzing the similarity between the plots we proceeded to analyze all plot as one unit describing the tree line vegetation in this area. We recorded and measured 3,360 individuals with a DBH ≥ 2.5 cm, with a basal area of 25.1 m² or 19.4 m² with a DBH ≥ 10 cm. A total of 66 species and 28 families was found. The families with the highest number of species were Asteraceae with 9 species, Melastomataceae with 8 species, Solanaceae with 6 species, Araliaceae with 4 species and Symplocaceae with 4 species. The species with highest ecological importance were *Weinmannia fagaroides* (with 16.7% of the IVI), *Clethra cuneata* (9.2%), *Miconia theizan* (6.8%) *Myrsine dependens* (6.7%), *Miconia higrrophila* (5.0%), *Miconia setulosa* (4.7%) y *Schefflera herzogii* (4.5%). The families Cunnoniaceae (with 16.5% of the IVIF), Melastomataceae (15.6%), Clethraceae

(12.1), Myrsinaceae (8.0%) Asteraceae (6.5%) and Araliaceae (6.1%) are the ecologically most important. The horizontal structure of the forest expressed as the distribution of individuals in diameter classes shows an empty curve or an inverted J-shaped curve. The vertical structure show the same pattern, with a high abundance of individuals in the smaller classes and as the height increases the number of individuals decreases proportionally.

Key words: Ceja de monte, Yungas, Floristic composition, Pelechuco.

Introducción

Los bosques montanos neotropicales se encuentran entre los más desconocidos y amenazados de todos los bosques del mundo (Gentry 1995). Carecemos en particular de información sobre la ceja de monte, un tipo de vegetación donde se esperan altos niveles de diversidad beta, debido a las barreras biogeográficas que son tan frecuentes en las montañas (Vuilleumier 1977, Gentry 1989, Jørgensen & Ulloa Ulloa 1994, Jørgensen et al. 1995). Usando casi el mismo método que nosotros por encima de los 3.000 m de altitud, el número de inventarios es de tres (Gentry 1995) y muy pocos se han adicionado desde entonces. Inventarios permanentes en ceja de monte en una hectárea también son limitados, de los que conocemos solamente cuatro (Valencia & Jørgensen 1992, Madsen & Øllgaard 1994, Young 1998).

Se debe destacar aquí que en ninguno de estos bosques *Polylepis*, es un elemento dominante, aunque se presente en dos parcelas. Los típicos bosques de *Polylepis* corresponden a un bosque distinto, que se encuentra en forma de islas en el páramo, jalca (nombre autóctono que recibe en el territorio altoandino) o puna y por lo general bajo condiciones más secas o más frías. Igualmente la vegetación de la ceja de monte se diferencia de los bosques nublados o montañosos de Yungas por la relativa ausencia de Podocarpaceae y una presencia relativamente baja y/o ausencia de Lauraceae.

En el Parque Nacional Río Abiseo (norte de Perú) los glaciales terminaban aproximadamente a los 2.800 m en el Pleistoceno

(Young 1998), en el sur de Ecuador (Parque Nacional Cajas) el mismo nivel era alrededor de 2.700 m. Mientras que en la región de Madidi, el efecto de los glaciares parecen haber terminado por encima de los 3.200 m. La diferencia en los niveles de los glaciares indica que el clima durante la glaciación al parecer fue más seco en la región de Madidi, existiendo menor acumulación de hielo que al norte y por lo tanto la vegetación tal vez fue menos afectada por la última glaciación. Hoy en día, entre los 3.200 y 3.500 m las cadenas montañosas presentan bosques restringidos a laderas muy inclinadas y a valles que generalmente son estrechos y su topografía general es en forma de una "V" (en corte transversal). Los bosques aquí no son fragmentados, como se ve en muchos otros sitios del Neotrópico, sino más bien las últimas estribaciones de un continuo boscoso desde las zonas bajas.

El presente estudio pretende incrementar el nivel de nuestro conocimiento sobre la ceja de monte en general y en particular de Bolivia, así como contestar las siguientes preguntas: (1) ¿Cuál es la diversidad arbórea en esta zona? (2) ¿Cuál es la estructura vertical y horizontal de estos bosques? (3) ¿Cuáles son las familias y especies dominantes? y (4) ¿Cuál es la diferencia en composición entre este estudio y otros estudios en Perú y Ecuador?

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la provincia Franz Tamayo del departamento de La Paz (Bolivia), dentro de los límites del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado

Madidi (PN - ANMI Madidi). La ubicación en el mapa de vegetación de Bolivia corresponde a ceja de monte en Yungas, la cual se ubica entre 2.800–3.400 m de altitud (Ribera et al. 1996).

La precipitación anual se estima entre los 2.500 a 3.000 mm, con 11 a 12 meses húmedos (Ribera et al. 1996), un nivel de precipitación similar a lo que se estimó en el sur de Ecuador (Madsen & Øllgaard 1994). La temperatura promedio anual es de 5–9°C a los 3.500 m con una variación anual de 4°C (Kessler & Beck 2001). Los suelos son poco profundos y pedregosos, aunque muestran acumulación de materia orgánica y un pH extremadamente ácido. Los bosques de ceja de monte son siempreverdes, densos, de bajo porte, con fustes y ramas retorcidas y generalmente están recubiertos por gran cantidad de epifitas, principalmente líquenes y musgos, pero también existen muchos helechos, orquídeas y bromelias.

El sector de estudio se encuentra sobre el camino de herradura (probablemente

preincaico) que une a las poblaciones de Pelechuco y Apolo, próximo al sector o campamento denominado Tambo Quemado, en los límites superiores de los bosques de ceja de monte en Yungas y muy próximos a las sabanas alto andina (figura 1). Las parcelas temporales de muestreo (PTM) se encuentran georeferenciadas en la tabla 1.

Metodología

Diseño de muestreo y toma de datos

El trabajo de campo fue realizado en abril y mayo de 2003. La localidad de Tambo Quemado fue escogida después de una interpretación de imágenes satelitales y de cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar, considerando la accesibilidad y la inexistencia de información florística del lugar. Posteriormente, en el campo se escogieron los sitios de las parcelas en función a la variabilidad de la vegetación y de microambientes, tratando de cubrir la mayor

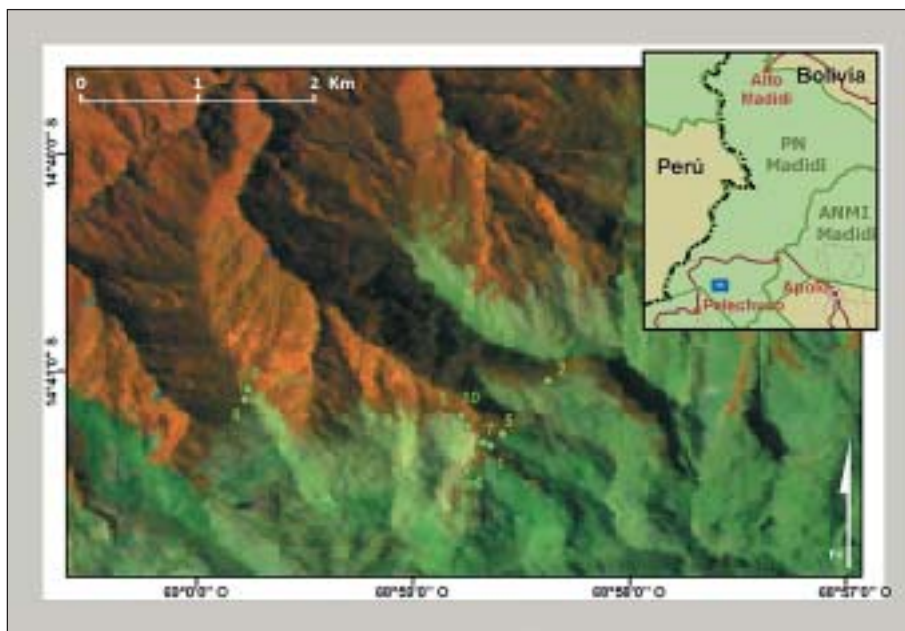


Fig. 1: Mapas de distribución y localización de las parcelas en el Sector de Río Quendeque.

Tabla 1: **Ubicación de las parcelas no permanentes en el bosque de ceja de monte de Tambo Quemado.**

Nombre del PTM	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Tambo-T1	14°41'21.0"	68°58'38.4"	3.490
Tambo-T2	14°41'02.7"	68°58'22.4"	3.455
Tambo-T3	14°41'12.7"	68°58'46.6"	3.360
Tambo-T4	14°41'28.0"	68°58'45.0"	3.503
Tambo-T5	14°41'17.6"	68°58'35.1"	3.464
Tambo-T6	14°41'15.6"	68°58'44.6"	3.225
Tambo-T7	14°41'20.0"	68°58'40.3"	3.486
Tambo-T8	14°41'08.0"	68°59'46.6"	3.450
Tambo-T9	14°41'05.0"	68°59'45.6"	3.407
Tambo-T10	14°41'12.7"	68°58'46.6"	3.279

diversidad posible. Se instalaron 10 parcelas temporales de muestreo (PTM) de 0.1 ha (10 x 100 m) (Tabla 1). De todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP, medido a 1.3 m) ≥ 2.5 cm, se registraron los siguientes datos: nombre común, nombre científico, familia, DAP, altura total y del fuste, esta última solo en individuos con DAP ≥ 10 cm.

Las muestras testigo se procesaron de acuerdo a las normas clásicas de herborización y se encuentran en el Herbario Nacional de Bolivia (LPB) y Missouri Botanical Garden (MO). La identificación de las muestras fue mediante el uso de claves taxonómicas, comparación y revisión de las colecciones botánicas del LPB y el MO.

Análisis de datos

Los parámetros absolutos y relativos de diversidad, abundancia, frecuencia, dominancia y del índice de valor de importancia (IVI) - expresado en porcentaje - fueron calculados usando fórmulas ampliamente publicadas (p.e Curtis & McIntosh 1951, Balslev et al. 1987, Seidel 1995). Con los datos numéricos se elaboraron histogramas que reflejan la

estructura total del bosque (Lamprecht 1990, Finegan 1992).

Resultados

Calculamos los índices de similitud de Sørensen (1948) entre las parcelas y encontramos que son parecidas tomando en cuenta su pequeño tamaño (Tabla 2). Se ve que las parcelas 4, 5, 7, 8 y 10 tienen una alta similitud (un valor ≥ 50) en siete de nueve comparaciones, la parcela 3 registra alta similitud (un valor ≥ 50) en seis de nueve comparaciones y la parcela 6 en cinco de nueve comparaciones. Las parcelas relativamente diferentes son la 1 y 9, que en cinco casos de nueve tienen una similitud menor al 50% y la parcela 2 es la más diferente con siete casos de nueve; es decir, que la parcela 2 tiene una alta similitud con las parcelas 4 y 1. La parcela 1 esta conectada al grupo por su similitud en composición florística con las parcelas 2, 4, 5 y 7, asimismo la parcela 1 y la parcela 2 están conectadas al núcleo o grupo de parcelas por la parcela 4 principalmente y en segundo lugar por las parcelas 5 y 7. La parcela 9 esta conectada al núcleo o grupo de parcelas por

las parcelas 3, 6, 8 y 10. Aunque la parcela 2 es la más diferentes de todas, pero una comparación de las 10 especies más frecuentes en las 10 parcelas revela que *Chusquea* sp. es la única especie que no está presente en la parcela 2. Es decir que la diferencia en composición se debe a una diferencia de especies raras no de las especies comunes en el área. Debido a estos resultados, en adelante decidimos analizar las 10 parcelas como una unidad representativa del bosque de Ceja de Monte para el área de estudio.

En el área muestreada de 1.0 ha (10 parcelas de 0.1 ha) se registraron y evaluaron 3.360 individuos con un área basal de 25.1 m² y 19.4 m² para los árboles con DAP ≥ 10 cm. El dap promedio es de 7.7 ± 1.5 cm con un máximo de 57.3 cm. El promedio de individuos por parcela es de 336 ± 110 . La altura del bosque es de 6.3 ± 0.7 m, con un máximo que no supera a los 20 m (Tabla 3). Se encontraron 66 especies (49 especies con DAP ≥ 5 y 34 especies con DAP ≥ 10) y 28 familias, el promedio por parcela fue de 21 ± 4 especies (máximo de 27 especies y mínimo de 14) y 14 ± 2 familias con un mínimo de 10 y un máximo de 17 (Tabla 3).

Las familias con mayor riqueza en el área de estudio son Asteraceae con nueve especies, Melastomataceae con ocho especies, Solanaceae con seis especies, finalmente con cuatro especies Araliaceae y Symplocaceae (Tabla 4). La familia Cunoniaceae (con 16.5% del IVIF), Melastomataceae (15.6%), Clethraceae (12.1%), Myrsinaceae (8.0%) Asteraceae (6.5%) y Araliaceae (6.1%) son las familias más abundantes, dominantes y se encuentran presentes en nueve de las diez PTM, constituyéndose en las familias de mayor importancia ecológica (Tabla 4). Las especies de mayor importancia ecológica son *Weinmannia fagaroides* (con 16.7% del IVI), *Clethra cuneata* (9.2%), *Miconia theizans* (6.8%) *Myrsine dependens* (6.7%), *Miconia hygrophila* (5.0%), *Miconia setulosa* (4.7%) y *Schefflera herzogii* (4.5%) (Figura 2 y Anexo 1).

La estructura horizontal de este bosque - expresada por su distribución diamétrica - se asemeja a una curva vacía o una "J" invertida (Figura 3a). Más del 80% de los individuos presentaron un dap < 10 cm y un 18% entre 10 y 20 cm. Menos del 2% presentó un DAP > 20 cm.

Tabla 2: Similitud entre PTM en función al Índice de Sørensen en el sector del Tambo Quemado, Pelechuco. A lo largo de la diagonal se encuentra el número de especies en la PTM, por debajo el número de especies en común entre las PTM y por arriba el índice de Sørensen.

PTM	TQ-1	TQ-2	TQ-3	TQ-4	TQ-5	TQ-6	TQ-7	TQ-8	TQ-9	TQ-10
TQ-1	27	53.7	42.6	58.8	60.0	27.3	50.0	40.0	23.5	48.0
TQ-2	11	14	29.4	57.9	48.6	19.4	45.2	31.3	15.8	32.4
TQ-3	10	5	20	50.0	51.2	48.6	54.1	57.9	54.5	55.8
TQ-4	15	11	11	24	68.1	48.8	68.3	52.4	37.5	51.1
TQ-5	15	9	11	16	23	60.0	75.0	58.5	46.8	60.9
TQ-6	6	3	9	10	12	17	58.8	57.1	53.7	50.0
TQ-7	11	7	10	14	15	10	17	68.6	48.8	65.0
TQ-8	9	5	11	11	12	10	12	18	71.4	73.2
TQ-9	6	3	12	9	11	11	10	15	24	59.6
TQ-10	12	6	12	12	14	10	13	15	14	23

Tabla 3: Diversidad, densidad y variables dendrométricas por PTM en el bosque de ceja de monte de Yungas en Tambo Quemado, Pelechuco. Abreviaciones: PTM = Parcelas temporales de muestreo, G = Área basal expresada en m^2 , HT = Altura total (expresada en m).

PTM	Altitud (m)	Número de			G (m^2)	Promedio de:		Máximo de:	
		Individuos	Especies	Familias		DAP (cm)	HT (m)	DAP (cm)	HT (m)
TQ-1	3.490	387	27	16	2.31	6.73	6.30	35.49	20
TQ-2	3.455	272	14	10	1.97	6.89	5.75	38.83	15
TQ-3	3.360	265	20	14	2.58	8.36	5.96	42.97	18
TQ-4	3.503	521	24	14	3.10	6.84	5.82	57.30	15
TQ-5	3.464	294	23	15	3.36	9.61	6.70	42.02	15
TQ-6	3.225	232	17	12	1.61	6.78	5.82	47.75	16
TQ-7	3.486	395	17	13	3.07	7.22	6.26	52.52	18
TQ-8	3.450	194	18	14	3.03	10.53	7.56	50.93	16
TQ-9	3.409	306	24	17	2.22	7.91	7.34	33.42	16
TQ-10	3.279	494	23	15	1.88	5.70	5.39	33.42	15
Total	–	3360	66	28	25.13	–	–	57.30	20
Promedio	3412.1	336	20.7	14.0	2.51	7.68	6.29	43.47	16.4
D. estándar	–	109.57	4.11	2.0	0.60	1.47	0.70	8.41	1.71
Máximo valor	3.503	521	27	17	3.36	10.53	7.56	57.30	20.00
Mínimo valor	3.225	194	14	10	1.61	6.73	5.75	33.42	15.00

La estructura vertical (Figura 3b) presenta el mismo patrón que la horizontal, con abundancia de individuos en las clases de tamaños menores y a medida que aumenta la altura disminuye proporcionalmente el número de individuos. En la clase de 0–5 m se encuentran 31.3% de los individuos, la clase 5–10 m incluye al 54.0% de los individuos y por encima de los 10 m se encuentran menos del 15% de los individuos. La razón que la clase inferior no contenga el mayor número de los individuos probablemente se deba a que el diámetro mínimo de medición excluye a los individuos con $dap < 2.5$ cm, lo que afecta notoriamente a la inclusión de los individuos muy bajos (Figura 3a).

Las diez parcelas son dominadas por cinco especies: *Weinmannia fagaroides* (con 29.3% de la dominancia), *Clethra cuneata* (16.9%), *Miconia theizan* (8.2%), *Schefflera herzogii* (4.9%) y *Myrsine dependens* (3.8%). Después sigue un grupo de 30–35 especies con dominancia media gradualmente descendiente y finalmente un grupo de 25–30 especies raras con pocos individuos y también con tallos pequeños y de dominancia baja (Fig. 4, Anexo 1). La relación entre diversidad y dominancia sigue un patrón logarítmico normal, aunque parece que hay una tendencia en que las especies de mayor dominancia sean muy dominantes y que hay muchas especies con baja dominancia como para seguir una relación

Tabla 4: Diversidad e importancia ecológica de las familias del bosque de ceja de monte de Yungas, Tambo Quemado, Pelechuco.

Familias	Nº sp.	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVIF (%)
		Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	
Cunnoniaceae	3	435	12.95	10	7.14	7.41	29.42	16.50
Melastomataceae	8	801	23.84	10	7.14	3.96	15.74	15.57
Clethraceae	2	332	9.88	9	6.43	5.03	19.96	12.09
Myrsinaceae	3	450	13.39	9	6.43	1.09	4.33	8.05
Asteraceae	9	244	7.26	10	7.14	1.28	5.09	6.50
Araliaceae	4	185	5.51	10	7.14	1.41	5.61	6.08
Poaceae	2	312	9.29	6	4.29	0.20	0.78	4.78
Symplocaceae	4	108	3.21	9	6.43	0.85	3.36	4.34
Rosaceae	3	66	1.96	8	5.71	0.97	3.85	3.84
Aquifoliaceae	3	105	3.13	8	5.71	0.42	1.66	3.50
Berberidaceae	1	68	2.02	8	5.71	0.47	1.85	3.20
Clusiaceae	1	87	2.59	3	2.14	1.03	4.09	2.94
Solanaceae	6	41	1.22	7	5.00	0.14	0.56	2.26
Loganiaceae	3	18	0.54	5	3.57	0.22	0.88	1.66
Brunelliaceae	1	20	0.60	3	2.14	0.45	1.79	1.51
Rubiaceae	1	40	1.19	3	2.14	0.06	0.23	1.19
Chloranthaceae	1	11	0.33	4	2.86	0.04	0.17	1.12
Elaeocarpaceae	1	7	0.21	3	2.14	0.08	0.32	0.89
Ericaceae	2	9	0.27	3	2.14	0.01	0.06	0.82
Lauraceae	2	3	0.09	3	2.14	0.03	0.11	0.78
Polygalaceae	1	2	0.06	2	1.43	0.00	0.02	0.50
Verbenaceae	1	7	0.21	1	0.71	0.01	0.04	0.32
Indeterminado	1	4	0.12	1	0.71	0.00	0.01	0.28
Pteridophyta	1	1	0.03	1	0.71	0.02	0.07	0.27
Sabiaceae	1	1	0.03	1	0.71	0.00	0.01	0.25
Nyctaginaceae	1	1	0.03	1	0.71	0.00	0.01	0.25
Santalaceae	1	1	0.03	1	0.71	0.00	0.00	0.25
Campanulaceae	1	1	0.03	1	0.71	0.00	0.00	0.25
Total	68	3.360	100.00	140	100	25.19	100.00	100

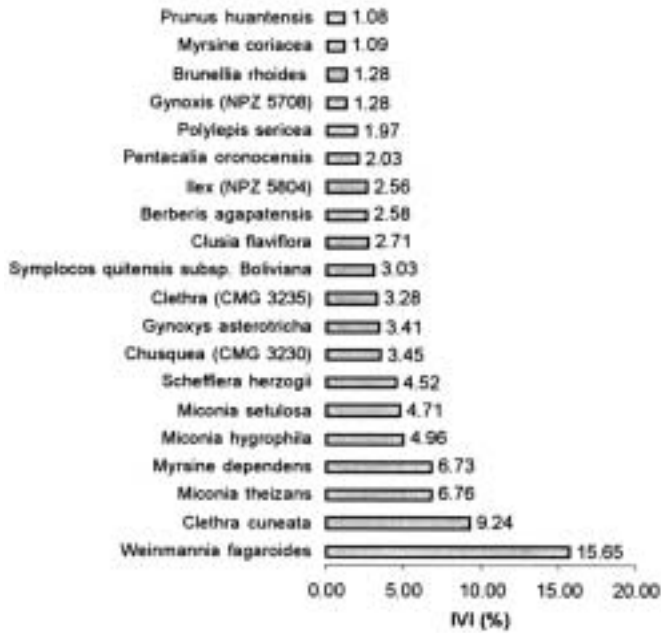


Fig. 2: Importancia ecológica (IVI) de las especies en el sector de Tambo Quemado, Pelechuco.

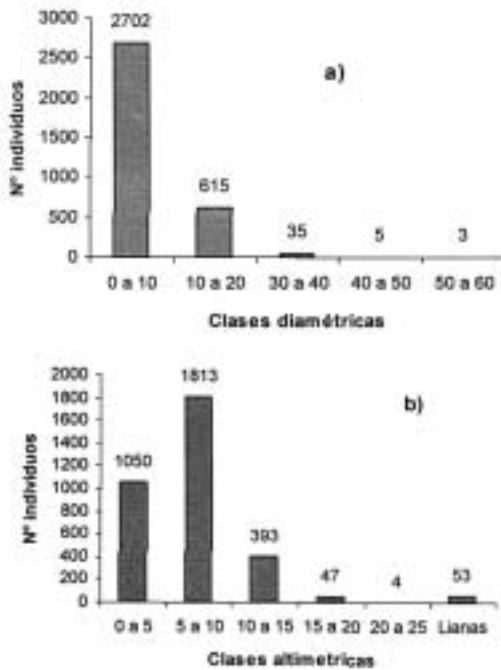


Fig. 3: a) Distribución diamétrica y b) distribución altimétrica del número de individuos en el sector de Tambo Quemado, Pelechuco

logarítmica normal perfecta (Figura 4). Se puede decir que la tendencia de producir una curva vacía no ha sido completamente compensada al usar una escala logarítmica en el eje Y. Hay desmedida dominancia para las especies más dominantes y muy poca dominancia para las especies poco dominantes.

Las dos especies que se encuentran en todas las parcelas son *Weinmannia fagaroides* y *Miconia theizan*; también hay tres especies que se encuentran en nueve parcelas: *Clethra cuneata*, *Myrsine dependens* y *Miconia hygrophila*. En el grupo medio, hay 33 especies presentes en 3-8 parcelas y finalmente 28 especies solamente están presentes en una sola parcela. La frecuencia versus diversidad sigue también una relación logarítmica normal, aunque hay una fuerte tendencia de que hay mucho más especies raras que frecuentes (Figura 4).

De los 3.360 individuos hay 10 especies que tienen más de 100 individuos, ellas son *Weinmannia fagaroides*, *Clethra cuneata*, *Miconia theizan*, *Myrsine dependens*, *Miconia hygrophila* y *Miconia setulosa*, *Schefflera herzogii*, *Chusquea* sp., *Gynoxys asterotricha* y *Clethra* sp. Pero en general hay una clara relación logarítmica normal entre densidad y diversidad (Fig. 4). Como en el caso de la frecuencia hay una tendencia de muchas especies con pocos

individuos. Se podría decir que la única excepción a la relación logarítmica normal son las últimas 24 especies que están fuera de tendencia.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) se comporta no sorprendentemente como sus componentes, frecuencia, densidad y dominancia. Hay dos especies con importancia (IVI) muy alta *Weinmannia fagaroides* y *Clethra cuneata* por encima una línea recta, conectando a la mayoría de las especies (Figura 4). El centro de la curva consiste en 46 especies que forman una casi perfecta relación normal logarítmica entre diversidad y el IVI (una línea recta). Para las últimas 18 especies, el IVI probablemente sobre estima la importancia de éstas.

Discusión

No encontramos ninguna tendencia entre el número de especies o familias y la elevación en el rango inventariado (278 m verticales). Parece que el número de especies y familias en estas parcelas pequeñas está correlacionado con otros factores característicos de nuestros inventarios.

La composición de familias coincide en parte con lo reportado por Valencia & Jørgensen (1992), Madsen & Øllgaard (1994), Gentry (1995) y Young (1998) (Tabla 5). Es muy interesante

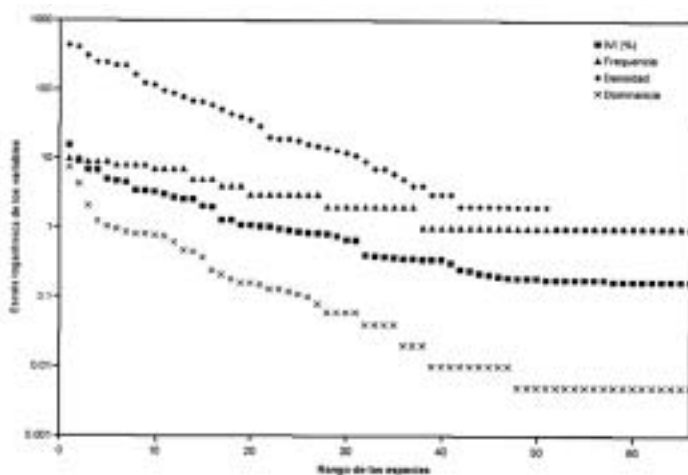


Fig. 4: Densidad, frecuencia, dominancia e IVI versus diversidad.

que ninguno de los estudios mencionados encuentre la misma lista de familias en el mismo orden y solamente Melastomataceae está consistentemente reportada entre las cinco familias más importantes.

Kessler & Beck (2001) mencionan a *Clethra*, *Clusia*, *Escallonia*, *Freziera*, *Gaultheria*, *Hedyosmum*, *Hesperomeles*, *Miconia*, *Myrica* (un sinónimo de *Morella* en Sur América), *Oreopanax*, *Podocarpus*, *Prumnopitys*, *Symplocos* y *Weinmannia* como los géneros dominantes entre 2.500 y 3.500 m. En nuestro estudio, hemos encontrado nueve de los 14 géneros mencionados (Anexo 1). Se puede decir que se debería incluir en la lista de géneros importantes a *Myrsine* y se podrían incluir elementos importantes como por ejemplo *Schefflera*, *Chusquea*, *Berberis*, *Ilex*, *Brunellia*, *Buddleja* y *Vallea*.

Es notable también que la especie *Miconia theizans* es muy importante en los bosques de ceja de monte desde Ecuador (Pasochoa) hasta el norte de Bolivia. La hipótesis de Valencia & Jørgensen (1992) en que *Miconia theizans* va a ser remplazada en parte por una especie de madera dura como *Myrcianthes* puede ser cierta.

En nuestro estudio de Tambo Quemado encontramos un bosque que aparentemente ha llegado a tal estado de madurez, donde la especie dominante de madera relativamente dura es *Weinmannia fagaroides*, pero *Miconia theizans* sigue presente en el bosque y en general se ubica como la tercera especie en importancia (IVI). Puede ser que *Miconia theizans* es una especie de rápido establecimiento, pero también permanece en bosques no alterados en alta cantidad.

La estructura del bosque tanto de diámetro como altura sigue patrones ya establecidos para casi cualquier trabajo sobre los bosques tropicales. La dominancia, frecuencia, densidad e IVI siguen un patrón logarítmico normal, que fue reportado por Young (1998) entre dominancia y diversidad. Si algo distingue a nuestro estudio es que por la metodología aplicada incluimos a 66 especies en una hectárea, con parcelas dispersas en un área más grande versus una hectárea cuadrada en un solo sitio. Es tal vez por esto que nuestros gráficos (Figura 4) muestran mayor número de especies de dominancia, frecuencia y densidad baja o que estas especies raras son sobre

Tabla 5: Comparación de cuatro referencias con datos sobre bosque de ceja de monte.

Ref:	Gentry 1995 ¹	Madsen & Øllgaard 1994 ²	Madsen & Øllgaard 1994 ³	Valencia & Jørgensen 1992 ⁴	Young 1998 ⁵	Este estudio
Familias más importantes IVIF	Aster.	Melastomat.	Myrsin.	Melastomat.	Chloranth.	Cunnoni.
	Melastomat.	Cunoni.	Melastomat.	Piper.	Cunoni.	Melastomat.
	Eric.	Thernstoemi. (Theac.)	Clusi.	Aster.	Myrsin.	Clethra.
	Myrsin.	Laur.	Myrt.	Myrt.	Aquifoli.	Myrsin.
	Laur.	Myrsin. y Rubi.	Podocarp.	Boragin.	Meli.	Aster.

1. Tres transectas de 0.04–0.1 ha, dap >2.5 cm, Colombia Ecuador y Perú, elevación 3.000–3.050 m
2. 1 ha cuadrada dap >5 cm, Ecuador, elevación 2.700 m
3. 1 ha cuadrada dap >5 cm, Ecuador, elevación 2.900 m
4. 1 ha cuadrada dap >5 cm, Ecuador, elevación 3.260–3.310 m
5. 1 ha cuadrada, dap >2.5 cm, Perú, elevación 3.350 m

estimadas por el IVI, que pone mucho énfasis a un solo individuo encontrado en una sola parcela. De todas maneras, haciendo el cálculo de la diversidad total (Chao 1984) en base a la diversidad observada (66 especies) y aumentando el número de especies encontradas una sola vez (en nuestro caso 18) al cuadrado y dividido por dos veces el número de especies encontradas (nueve en Tambo Quemado) llegamos al resultado que en el área estudiada debería haber 84 especies de árboles y para poder registrar este total estimado de especies necesitamos 27 parcelas adicionales a las ya establecidas en el sector de estudio.

La diversidad total de nuestro estudio es difícil de comparar con otros porque no existen y ninguno ha usado múltiples parcelas en un área limitada. Haciendo una comparación de las 66 especies encontradas en 1 ha con inventarios en una misma área, se coincide con 32 especies en Pasochoa (Valencia & Jørgensen 1992), 42 en Río Abiseo (Young 1998), 75 y 90 en Parque Nacional Podocarpus (Madsen & Øllgaard 1994) (los valores son por 1 ha y con un dap >5 cm). La división de una hectárea en varias subparcelas va a tener el efecto de incluir más especies. Las parcelas del Parque Nacional Podocarpus (Madsen & Øllgaard 1994) fueron instaladas en una zona más baja, aunque no tan alejadas del límite de bosque en el sur de Ecuador.

El promedio de especies por parcela es de 20.7 especies (± 4.1), ligeramente inferior a lo encontrado por Gentry (1995, ver también Phillips & Miller 2002) quien encontró 29–40 especies. Ninguna de las parcelas de Gentry se encuentra por encima de los 3.100 m de altitud, así que la diversidad encontrada es lo esperado, aunque las parcelas de Gentry son líneas de 2x500 m que potencialmente van a incluir más especies que en parcelas de 10x100 m.

Conclusiones

La diversidad encontrada de especies y familias es consistente con lo esperado y reportado para

los bosques de ceja de monte en Yungas. La muestra de 1 ha no es suficiente para censar toda la diversidad presente en el área. La composición es muy parecida con los pocos reportes de este tipo de bosque.

Todo tipo de vegetación marginal se encontrará en grave peligro en este escenario. El uso de las tierras en Tambo Quemado es de pastoreo justo encima del límite de bosque y por lo tanto el movimiento vertical esperado de todos los tipos de vegetación no es factible. Árboles y arbustos germinados en la vegetación graminoide van a ser eliminados por los frecuentes incendios o por el pastoreo del ganado. La conservación de la ceja de monte va a ser difícil y un sistema de monitoreo, no solamente del límite del bosque, es necesario implementar inventarios intensivos mostrando cambios en su composición.

Agradecimientos

Al Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden, Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, National Foundation of Science y a las personas que hicieron posible el desarrollo del presente trabajo.

Referencias

- Balslev, H., J. Luteyn, B. Øllgaard & L.B. Holm-Nielsen. 1987. Composition and structure of adjacent unflooded and floodplain forest in Amazonian Ecuador. *Opera Botanica* 92: 37–57.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 265–270.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED), Oficina regional de ciencia y tecnología para América latina y el caribe (ORCYT-

- UNESCO) & Sociedad entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza. 83 p.
- Curtis, J.T. & R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476–496.
- Finegan, B. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 170 p.
- Gentry, A.H. 1989. Speciation in tropical forests. Pp. 113–134. En: L.B. Holm-Nielsen, I.C. Nielsen & H. Balslev (eds.). *Tropical Forests: Botanical Dynamics, Speciation and Diversity*. Academia Press, Londres.
- Gentry, A.H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. Pp. 103–126. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.) *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Jørgensen, P.M. & C. Ulloa Ulloa. 1994. Seed plants of the high Andes of Ecuador – a checklist. *AAU Reports* 34: 1–460.
- Jørgensen, P.M., C. Ulloa Ulloa, J.E. Madsen & R. Valencia. 1995. A floristic análisis of the high Andes of Ecuador. Pp. 221–237. En: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J.L. Luteyn (eds.) *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Kessler, M. & S.G. Beck. 2001. Bolivia. Pp. 581–622. En: M. Kappelle & A.D. Brown (eds.) *Bosques nublados del Neotrópico*. Instituto Nacional de Biodiversidad, InBio, Santo Domingo de Heredia.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Instituto de Silvicultura de La Universidad de Göttingen. Eschborn. 335 p.
- Madsen, J.E. & B. Øllgaard. 1994. Floristic composition, structure, and dynamics of an upper montane rain forest in southern Ecuador. *Nordic Journal of Botany* 14: 403–423.
- Phillips, O. & J.S. Miller. 2002. Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. Monograph in *Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 89: i–xvi, 1–319.
- Ribera, M.O., M. Liberman, S. Beck & M. Moraes (1996). *Vegetación de Bolivia*. Pp. 169–222. En: K. Mihotek (ed.). *Comunidades, Territorios Indígenas y Biodiversidad en Bolivia*. Centro de Investigación y Manejo de Recursos Naturales, Univ. Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz.
- Seidel, R. 1995. Inventario de los árboles en tres parcelas de bosques en la Serranía de Marimonos, Alto Beni. *Ecología en Bolivia* 25: 1–35.
- Sørensen, T. 1948. A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity in species content and application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Danske Vidensk Selsk.* 5(4): 1–34.
- Valencia, R. & P.M. Jørgensen. 1992. Composition and structure of a humid montane forest on the Pasochoa volcano, Ecuador. *Nordic Journal of Botany* 12: 239–247.
- Vuilleumier, F. 1977. Barrières ecogeographiques permettant la speciation des oiseaux des hautes Andes. Pp. 29–51. En: H. Descimon (ed.) *Biogéographie et evolution en Amérique Tropicale*, Laboratoire Zoologique, Paris.
- Young, K.R. 1998. Composition and structure of a timberline forest in north-central Peru. Pp. 595–613. En: F. Dallmeier & J.A. Comiskey (eds.) *Forest Biodiversity in North, Central and South America and the Caribbean: Research and Monitoring*. Man and the Biosphere Series 21. UNESCO & Parthenon Publishing Company, Carnforth.

Anexo 1: Importancia ecológica de las especies del bosque ceja de monte en Yungas de Tambo Quemado, Pelechuco.

Especies	Muestra testigo	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVI (%)
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
<i>Weinmannia fagaroides</i>	CMG 3229	431	12.83	10	4.83	7.38	29.31	15.65
<i>Clethra cuneata</i>	CMG 3227	217	6.46	9	4.35	4.26	16.91	9.24
<i>Miconia theizans</i>	NPZ 5711	242	7.20	10	4.83	2.08	8.24	6.76
<i>Myrsine dependens</i>	NPZ 5799	405	12.05	9	4.35	0.96	3.80	6.73
<i>Miconia hygrophila</i>	NPZ 3226	305	9.08	7	3.38	0.61	2.42	4.96
<i>Miconia setulosa</i>	NPZ 5747	220	6.55	9	4.35	0.81	3.22	4.71
<i>Schefflera herzogii</i>	CMG 3278	162	4.82	8	3.86	1.23	4.88	4.52
<i>Chusquea</i> sp. 1.	CMG 3230	246	7.32	5	2.42	0.15	0.61	3.45
<i>Chusquea</i> sp. 2.	NPZ 5778	66	1.96	1	0.48	0.04	0.16	0.87
<i>Gynoxys asterotricha</i>	NPZ 5724	122	3.63	7	3.38	0.81	3.22	3.41
<i>Clethra</i> sp.	CMG 3235	115	3.42	7	3.38	0.77	3.05	3.28
<i>Symplocos quitensis</i> ssp. <i>boliviana</i>	NPZ 5705	77	2.29	8	3.86	0.74	2.94	3.03
<i>Clusia flaviflora</i>	CMG 3280	87	2.59	3	1.45	1.03	4.09	2.71
<i>Berberis agapatensis</i>	CMG 3241	68	2.02	8	3.86	0.47	1.85	2.58
<i>Ilex</i> sp. 1	NPZ 5804	95	2.83	7	3.38	0.37	1.47	2.56
<i>Pentacalia oronocensis</i>	NPZ 5717	59	1.76	8	3.86	0.12	0.48	2.03
<i>Polylepis sericea</i>	NPZ 5710	51	1.52	2	0.97	0.86	3.43	1.97
<i>Brunellia rhoides</i>	NPZ 5716	20	0.60	3	1.45	0.45	1.79	1.28
<i>Solanum</i> sp.	NPZ 5708	36	1.07	4	1.93	0.21	0.85	1.28
<i>Myrsine coriacea</i>	CMG 2394	44	1.31	3	1.45	0.13	0.52	1.09
<i>Prunus huantensis</i>	NPZ 5782	14	0.42	5	2.42	0.10	0.40	1.08
<i>Solanaceae</i> sp. 1	CMG 3288	18	0.54	5	2.42	0.04	0.18	1.04
<i>Desfontainia spinosa</i>	CMG 3238	16	0.48	4	1.93	0.16	0.64	1.02
<i>Psychotria reticulata</i>	NPZ 5787	40	1.19	3	1.45	0.06	0.23	0.96
<i>Oreopanax rusbyi</i>	CMG 3234	19	0.57	3	1.45	0.18	0.70	0.91
<i>Buddleja</i> sp.	CMG 3233	19	0.57	3	1.45	0.13	0.50	0.84
<i>Miconia</i> sp. 3	NPZ 5712	13	0.39	3	1.45	0.16	0.64	0.83
<i>Hedyosmum racemosum</i>	CMG 3285	11	0.33	4	1.93	0.04	0.17	0.81
<i>Symplocos fimbriata</i>	CMG 3287	29	0.86	2	0.97	0.11	0.42	0.75
<i>Hesperomeles ferruginea</i>	CMG 3232	3	0.09	2	0.97	0.24	0.95	0.67
<i>Vallea stipularis</i>	NPZ 5709	7	0.21	3	1.45	0.08	0.32	0.66
<i>Solanum maturecalvans</i>	GMG 3272	6	0.18	2	0.97	0.01	0.06	0.40
<i>Miconia barbeyana</i>	CMG 3231	15	0.45	1	0.48	0.06	0.25	0.39
<i>Gaultheria vaccinioides</i>	CMG 3224	5	0.15	2	0.97	0.01	0.03	0.38
<i>Persea ruizii</i>	NPZ 5789	2	0.06	2	0.97	0.02	0.09	0.37
<i>Gynosis</i> sp. 1	CMG 3283	3	0.09	2	0.97	0.00	0.01	0.36
<i>Sessea dependens</i>	NPZ 5780	12	0.36	1	0.48	0.06	0.25	0.36
<i>Baccharis mandonii</i>	NPZ 5701	2	0.06	2	0.97	0.00	0.01	0.35
<i>Monnina</i> sp.	FB 347	2	0.06	2	0.97	0.00	0.02	0.35
<i>Oreopanax boliviensis</i>	NPZ 5814	2	0.06	2	0.97	0.00	0.01	0.35
<i>Ilex</i> sp. 2	NPZ 5791	9	0.27	1	0.48	0.04	0.17	0.31

Especies	Muestra testigo	Abundancia		Frecuencia		Dominancia		IVI (%)
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
<i>Buddleja incana</i>	CMG 3233	1	0.03	1	0.48	0.06	0.23	0.25
<i>Duranta</i> sp.	NPZ 5809	7	0.21	1	0.48	0.01	0.04	0.24
<i>Weinmannia</i> sp. 1	NPZ 5811	3	0.09	1	0.48	0.02	0.08	0.22
<i>Gaultheria buxifolia</i>	NPZ 5722	4	0.12	1	0.48	0.01	0.03	0.21
Indeterminado sp.	NPZ 5783	4	0.12	1	0.48	0.00	0.01	0.20
Asteraceae sp. 2	CMG 3289	2	0.06	1	0.48	0.01	0.02	0.19
<i>Cyathea</i> sp.	CMG 3240	1	0.03	1	0.48	0.02	0.07	0.19
Solanaceae sp. 3	NPZ 5714	2	0.06	1	0.48	0.01	0.03	0.19
<i>Tibouchina</i> sp.	NPZ 5794	2	0.06	1	0.48	0.00	0.02	0.19
<i>Ilex boliviana</i>	NPZ 5718	1	0.03	1	0.48	0.01	0.03	0.18
Lauraceae sp. 2	NPZ 5715	1	0.03	1	0.48	0.00	0.01	0.18
<i>Miconia</i> sp. 5	NPZ 3277	2	0.06	1	0.48	0.00	0.01	0.18
<i>Schefflera lasiogyne</i>	NPZ 5703	2	0.06	1	0.48	0.00	0.01	0.18
<i>Solanum</i> sp. 2	CMG 3237	2	0.06	1	0.48	0.00	0.01	0.18
<i>Solanum</i> sp. 3	CMG 3272	1	0.03	1	0.48	0.01	0.04	0.18
<i>Weinmannia auriculifera</i>	NPZ 5795	1	0.03	1	0.48	0.01	0.03	0.18
Asteraceae sp. 3	NPZ 5707	1	0.03	1	0.48	0.00	0.01	0.17
<i>Baccharis</i> sp.	NPZ 5742	1	0.03	1	0.48	0.00	0.00	0.17
Campanulaceae sp.	NPZ 5782A	1	0.03	1	0.48	0.00	0.00	0.17
<i>Cervantesia tomentosa</i>	CMG 3282	1	0.03	1	0.48	0.00	0.00	0.17
<i>Colignonia ovalifolia</i>	NPZ 5737	1	0.03	1	0.48	0.00	0.01	0.17
<i>Meliosma</i> sp.	NPZ 5797	1	0.03	1	0.48	0.00	0.01	0.17
<i>Myrsine</i> sp. 1	CMG 3289	1	0.03	1	0.48	0.00	0.00	0.17
Symplocaceae sp. 1	NPZ 5806	1	0.03	1	0.48	0.00	0.00	0.17
<i>Hesperomeles palcensis</i>	NPZ 5792	1	0.03	1	0.48	0.00	0.00	0.17
Total		3360	100.00	207	100.00	25.19	100.00	100.00