

# CAMBIOS EN LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE LAS FORMACIONES FORESTALES EN UN GRADIENTE DE ELEVACIÓN DE LA QUEBRADA DE AILUU, PROVINCIA DE TUCUMÁN

## CHANGES IN THE DIVERSITY AND STRUCTURE OF FOREST FORMATIONS IN AN ELEVATION GRADIENT IN QUEBRADA DE AILUU, TUCUMÁN PROVINCE

Juan Manuel Azaro<sup>1</sup>, Victoria Lien Lopez<sup>1,2</sup> y Juan Manuel Cellini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

<sup>2</sup>CCT La Plata (CONICET-La Plata).

\*Autor para correspondencia:

jmanuelazaro@gmail.com

Licencia:

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

Período de Publicación:

Diciembre 2021

Historial:

Recibido: 14/05/2021

Aceptado: 14/06/2021

### RESUMEN

Una ecorregión es un territorio en el que dominan determinadas características de relieve, tipos de vegetación y complejos faunísticos. La ecorregión de Yungas se encuentra conformada por distintos pisos altitudinales: Selva Pedemontana (SP), Selva Montana (SM), Bosque Montano (BM) y Pastizal Montano (PM). El presente trabajo fue realizado en la Quebrada de Ailuu, Provincia de Tucumán, en él se describen los cambios en la diversidad, composición y estructura de las formaciones forestales en un gradiente de elevación que abarca la Selva Montana, el Bosque Montano y una transición entre ambos. Se instalaron parcelas en un gradiente altitudinal desde los 1077 m s.n.m. hasta los 2233 m s.n.m. en las cuales se realizó la toma del dato de la altitud, el reconocimiento de las especies y la medición del diámetro normal a 1,3 m (DAP) de los árboles mayores a 7 cm. Con esta información se calculó la densidad ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) y el área basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) para cada unidad de muestreo. La información de las especies encontradas en cada parcela, la proporción de la densidad y el área basal de las especies características de cada piso se utilizó para ubicar cada unidad de muestreo en un piso altitudinal. Se ubicó a la SM en los 1278,4 m s.n.m hasta los 1321,0 m s.n.m, al BM desde 1977,1 m s.n.m hasta 2013,2 m s.n.m y a la transición entre ambos pisos entre los 1537,6 m s.n.m y los 1614,9 m s.n.m. Las formaciones forestales contempladas en este trabajo tienden a disminuir su complejidad y diversidad a medida que aumenta la altitud en que se encuentran. La SM y el BM se diferencian claramente entre sí como comunidades distintas. La transición presenta una composición específica intermedia, aunque con una mayor similitud al Bosque Montano. Estas características resultan fuertemente ligadas a las diferentes situaciones ecológicas y ambientales condicionadas por la altura.

**Palabras clave:** yungas, transición, piso altitudinal, Selva Montana, Bosque Montano.

## SUMMARY

An ecoregion is a territory in which certain relief characteristics, types of vegetation and fauna complexes dominate. The Yungas ecoregion is made up of different altitudinal floors: Pedemontana jungle (PJ), montane jungle (MJ); montane forest (MF) and montane grassland (MG). This work was carried out in the Quebrada de Ailuu, Tucumán province, changes in the diversity, composition and structure of forest formations in an elevation gradient that encompasses the montane forest, the montane forest and a transition between both are described. Plots were installed in an altitudinal gradient from 1077 m a.s.l. up to 2233 m a.s.l. in which altitude data, species recognition, and measurement of the normal diameter at 1.3 m (DBH) of trees greater than 7 cm were carried out. The density ( $\text{ind. ha}^{-1}$ ) and the basal area ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) were calculated for each sampling unit with this information. The information of the species found in each plot, density proportion, and the basal area of the characteristic species of each floor were used to locate each sampling unit in an altitudinal floor. The MJ was located at 1278.4 m a.s.l. to 1321.0, the MF from 1977.1 m a.s.l. to 2013.2 m a.s.l. and the transition between both floors between 1537.6 m a.s.l. and 1614.9 m a.s.l. The forest formations studied in this work tend to decrease in complexity and diversity as the altitude at which they are found increases. The MJ and the MF clearly differ from each other as distinct communities. The transition presents a specific intermediate composition, but with a greater similarity to the montane forest. These characteristics are strongly linked to the different ecological and environmental situations conditioned by the height.

**Keywords:** altitudinal floor, Montane Forest, Montane Jungle, transition, yungas

## INTRODUCCIÓN

Una ecorregión es un territorio en el que dominan determinadas características de relieve, tipos de vegetación y complejos faunísticos, caracterizada por respuestas ecológicas homogéneas al clima y a la tectónica, expresadas por la vegetación, la fauna, el relieve y las actividades agrícolas e industriales (Morello et al., 2012). La ecorregión de Yungas en Argentina, se encuentra conformada por Bosques húmedos subtropicales, que por efecto de la orografía, se encuentra inmersa entre dos grandes áreas climáticas de características áridas a semidesérticas. Estas formaciones forestales o pisos de vegetación se dividen en: Selvas Pedemontanas,

calientes y húmedas; Selvas Montanas, templado cálidas y húmedas; Bosques Montanos, templados y húmedos (con heladas invernales frecuentes) y finalmente Pastizales Montanos, templado-fríos y subhúmedos, que alternan con manchones de Bosques Montanos y arbustales (Brown & Cabrera, 1995; Prado, 1995; Grau & Brown, 2000; Brown y otros, 2009). La Selva Montana (SM) ocupa las laderas entre los 700 y 1500 m. s.n.m. y representa la franja altitudinal de máximas precipitaciones pluviales con 2500 mm/año (Matteucci et al., 2017). Las especies dominantes son de origen tropical y presentan en esta región su límite meridional de distribución geográfica. En general, es un bosque con predominio de especies perennifolias y con

estacionalidad hídrica menos marcada que la Selva Pedemontana (Grau & Brown, 1995). El Bosque Montano (BM) se desarrolla entre los 1500 y 3000 m s.n.m, donde predominan especies de origen holártico y gondwánico, en oposición al origen tropical de la mayoría de las especies de la Selva Montana (Brown et al., 2001). Sin embargo, estos límites no son abruptos ya que, entre SM y BM, existe una zona que presenta una riqueza florística intermedia, compuesta por especies correspondientes a ambos (Cuyckens et al., 2015)

En las Yungas de la provincia de Tucumán los árboles adquieren gran porte; entre los que se destacan *Ocotea porphyria* (Griseb.) van der Werff, *Myrcianthes pseudomato* (D.Legrand) McVaugh, *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze. y *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. En los bosques montanos la estructura se simplifica ya que se evidencia el predominio de poblaciones puras, encontrándose bosques de *Alnus acuminata* Kunth y de *Polylepis australis* Bitter (Digilio & Legname, 1966) y de *Podocarpus parlatorei* Pilger y *Juglans australis* Grisebach.

El patrón de distribución de la vegetación está ligado al gradiente altitudinal, la exposición y a las precipitaciones. A menor escala ocurre un patrón asociado a tipos de suelo (Morello et al., 2012). La evaluación de la dinámica, cambios composicionales y límites de pisos altitudinales entre otros, son importantes para adoptar decisiones que se basan en información fiable y sólida; por lo que es necesario un proceso cíclico de recolección de datos, adopción de decisiones y evaluación de los resultados obtenidos mediante el análisis de datos de estructura forestal (Michalak, 2002).

En este estudio se pretende describir los cambios en la diversidad, composición y estructura de las formaciones forestales en un gradiente de elevación que abarca la SM y BM y una transición entre ambos, de la Quebrada de Ailuu, Provincia de Tucumán y comparar los resultados encontrados con otros estudios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Se trabajó en la Quebrada del río Pueblo Viejo – río Nevado, también llamada Quebrada de Ailuu por los pueblos originarios (26°58' - 27°07' S a 66°

- 65°44' O), en el sector sur de Yungas en Argentina (Brown & Ramadori, 1989) y abarca los pisos altitudinales de Selva Montana y Bosque Montano. Cuenta con bosques de mirtáceas e *Ilex argentina* Lillo, bosques de *A. acuminata* en las terrazas bajas del río y parches de *Cedrela angustifolia* DC. El bosque de *A. acuminata* prácticamente no presenta otra especie en su composición por encima de 1400 m s.n.m., a excepción de algunos parches en los que predomina *Juglans australis* (Brown & Grau 2014). El clima es templado y húmedo, con lluvias en verano y heladas en invierno.

### Relevamiento Forestal

Se relevó la estructura forestal en un gradiente altitudinal desde los 1077 m s.n.m. (represa de captación “La Horqueta” - Central Hidroeléctrica Pueblo Viejo) hasta los 2233 m s.n.m. (localidad de El Rincón). Se dividió al gradiente altitudinal en 9 puntos equidistantes, donde en un radio de 2 km se ubicaron al azar 50 puntos los cuales presentaron un distanciamiento mínimo de 100 metros entre sí. Estos puntos corresponden al centro de parcelas circulares de 8 m de radio, donde se realizó la toma del dato de la altitud, el reconocimiento de las especies y la medición del diámetro normal a 1,3 m (DAP) de los árboles mayores a 7 cm. Con esta información se calculó la densidad ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) y el área basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) para cada unidad de muestreo.

### Zonificación

La información de las especies de cada parcela se utilizó para ubicar cada una en un piso altitudinal. Cada especie se clasificó en un piso altitudinal basándose en la descripción de cada piso altitudinal según Digilio & Legname (1966) y Cabrera (1971). En la tabla 1 se observan las especies relevadas, el piso altitudinal correspondiente a cada autor y el rango de altitud según la flora Argentina ([www.floraargentina.com.ar](http://www.floraargentina.com.ar)).

**Tabla 1.** Especies características del bosque montano y selva montana en la provincia de Tucumán. Se presentan la distribución de las especies en los pisos altitudinales dependiendo dos autores consultados. SM: Selva Montana; BM: Bosque Montano; DyL: Digilio y Legname, 1966; C: Cabrera, 1976.

Espece	SM DyL	BM DyL	SM C	BM C	Rango altitudinal
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., A.Juss. & Cambess.) Radlk.	x				500-1000
<i>Alnus acuminata</i> Kunth		x		x	1500-2000
<i>Amomyrtella guilii</i> (Speg.) Kausel	x		x		1000-2000
<i>Azara salicifolia</i> Griseb.	x	x			500-2500
<i>Berberis argentinensis</i> Hosseus					1000-3000
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.	x		x		100-2700
<i>Boehmeria caudata</i> Sw			x		1500-2000
<i>Catunaregam spinosa</i> (Thunb.) Tirveng					500-1800
<i>Cedrela angustifolia</i> DC	x		x		600-1900
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.					0-3500
<i>Citharexylum joergensenii</i> (Lillo) Moldenke	x				900-1800
<i>Crinodendron tucumanum</i> Lillo	x		x		600-1000
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.					0-1500
<i>Duranta serratifolia</i> (Griseb.) Kuntze	x			x	0-1800
<i>Erythrina falcata</i> Benth.	x				500-1000
<i>Eugenia uniflora</i> L.	x				0-1300
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.					500-1500
<i>Gochnatia palosanto</i> Cabrera					0-1700
<i>Ilex argentina</i> Lillo	x				0-1500
<i>Juglans australis</i> Griseb.	x		x		0-1400
<i>Ligustrum lucidum</i> W.TAiton					600-2300
<i>Morus alba</i> L.					0-1100
<i>Myrcianthes mato</i> (Griseb.) McVaugh	x		x		0-1500
<i>Myrcianthes pseudomato</i> (D.Legrand) McVaugh	x		x		500-2000
<i>Myrsine laetevirens</i> (Mez) Arechav.	x		x		0-2000
<i>Ocotea porphyria</i> (Griseb.) van der Werff	x		x		500-2500
<i>Parapiptadenia excelsa</i> (Griseb.) Burkart					1000-3000
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan			x		500-2500
<i>Polylepis australis</i> Bitter		x		x	600-2900
<i>Prunus tucumanensis</i> Lillo	x		x		1000-3500
<i>Randia micracantha</i> (Lillo) Bacigalupo	x				0-1400
<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	x	x		x	0-1600
<i>Sapium haematospermum</i> Müll.Arg.					700-1700
<i>Schinus areira</i> L.					1100-3500
<i>Schinus gracilipes</i> I.M. Johnst.				x	400-1500
<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer					900-2300
<i>Xylosma pubescens</i> Griseb.	x				0-1500
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam	x				0-2000

Cuando la proporción de la densidad y el área basal de las especies características de BM presentes en la parcela en relación al total, supera a dos tercios, se le asignó aquel piso altitudinal. Por ejemplo, si en una parcela se encontraron 4 ejemplares de *A. acuminata* (especie característica del Bosque Montano según Digilio & Legname (1966) y Cabrera (1976)) con un total de 0,23 m<sup>2</sup> de AB y un ejemplar de *O. porphyria* (especie característica de la Selva Montana según Digilio & Legname (1966) y Cabrera (1976)) con 0,05 m<sup>2</sup> de AB, resulta que el 80% de las especies y el 78% del AB corresponden a BM. Entonces, al presentar tanto la densidad como el AB un valor superior a dos tercios (66,7%), la parcela queda definida como perteneciente al piso altitudinal BM. Las parcelas que presenten valores entre 33,3 a 66,7 % se las definió como una Transición (T) entre SM y BM, quedando así definida esta tercera formación vegetal.

Se realizó un ANOVA utilizando como factor los pisos altitudinales definidos (SM, BM y T) por parcela y su altitud como variable con el fin de identificar los límites altitudinales de los mismos. Para el análisis se tomó en cuenta la altitud en la que se encuentra ubicada cada parcela y la clasificación del piso altitudinal correspondiente.

### ***Estimación de densidad y Área Basal en la Quebrada de Ailuu***

Se realizó un ANOVA utilizando como factor los pisos altitudinales, y la densidad en individuos por hectárea y el área basal por hectárea como variables. La riqueza por estrato se analizó realizando un ANOVA utilizando como factor los pisos altitudinales y la riqueza como variable. En el caso de no cumplir los supuestos de homogeneidad de varianzas se realizó un análisis no paramétrico (Kruskal-Wallis).

## **RESULTADOS**

### ***Zonificación***

Del total de las parcelas planificadas, se relevaron un total de 405, dado que numerosas unidades de muestreo resultaron inaccesibles o no presentaron individuos. En la tabla 2 se presentan las especies por piso altitudinal. Aquellas clasificadas como BM/SM no presentaron una marcada afinidad con los pisos BM o SM, por lo que estas especies no fueron consideradas para la diferenciación de las

parcelas en pisos altitudinales. Para adjudicarle un rango altitudinal a las especies se consultó la Flora Argentina, encontrándose que algunas no guardan total afinidad con la zona de estudio ya que la bibliografía tiene en cuenta la distribución en todo el territorio nacional. Asimismo, se destaca la ampliación del rango altitudinal de 12 especies (*S. peruviana*, *S. gracilipes*, *D. serratifolia*, *A. edulis*, *J. australis*, *C. joergensenii*, *C. tucumanum*, *E. falcata*, *E. uniflora*, *C. vernalis*, *M. alba* y *G. palosanto*).

**Tabla 2.** Especies relevadas por piso altitudinal y rango altitudinal.

Species surveyed by altitude floor and altitudinal range.

Nombre Científico	N/E	Característica	Rango altitudinal observado en m s.n.m.
<i>Alnus acuminata</i>	N	BM	1116-2432
<i>Sambucus peruviana</i>	N	BM	1112-2432*
<i>Schinus gracilipes</i>	N	BM	1320-2024*
<i>Duranta serratifolia</i>	N	OBM	1283-1283*
<i>Polylepis australis</i>	N	OBM	2191-2403
<i>Allophylus edulis</i>	N	SM	1083-1492*
<i>Juglans australis</i>	N	SM	1098-1667*
<i>Myrcianthes mato</i>	N	SM	1097-1341
<i>Myrcianthes pseudomato</i>	N	SM	1120-1667
<i>Myrsine laetevirens</i>	N	SM	1141-1320
<i>Ocotea porphyria</i>	N	SM	1110-1847
<i>Amomyrtella guilii</i>	N	OSM	1141-1341
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	N	OSM	1083-1687
<i>Bohemeria caudata</i>	N	OSM	1112-1124
<i>Cedrela angustifolia</i>	N	OSM	1086-1514
<i>Citharexylum joergensenii</i>	N	OSM	1574-2379*
<i>Crinodendron tucumanum</i>	N	OSM	1365-1679*
<i>Erythrina falcata</i>	N	OSM	1283-1289*
<i>Eugenia uniflora</i>	N	OSM	1084-1319*
<i>Ilex argentina</i>	N	OSM	1115-1367
<i>Parapiptadenia rigida</i>	N	OSM	1116-1117
<i>Prunus tucumanensis</i>	N	OSM	1287-1811
<i>Randia micracantha</i>	N	OSM	1346-1380
<i>Xylosma pubescens</i>	N	OSM	1291-1320
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	N	OSM	1098-1196
<i>Azara salicifolia</i>	N	O	1589-2191
<i>Berberis argentinensis</i>	N	O	1105-2335
<i>Celtis iguanaea</i>	N	O	1083-1396
<i>Cupania vernalis</i>	N	O	1110-1692*
<i>Ficus luschnathiana</i>	N	O	1124-1124
<i>Gochnatia palosanto</i>	N	O	1305-2186*
<i>Kaunia lasiophthalma</i>	N	O	1141-1883
<i>Parapiptadenia excelsa</i>	N	O	1141-1141
<i>Sapium haematospermum</i>	N	O	1110-1150
<i>Schinus areira</i>	N	O	1132-1341
<i>Styrax subargenteus</i>	N	O	1114-1319
<i>Ligustrum lucidum</i>	E	O	1085-1085
<i>Morus alba</i>	E	O	1116-1319*



N: Nativa o E: exótica; Característica: Piso altitudinal característico de la especie según Digilio & Legname, 1966 y Cabrera, 1976.; BM: Especie característica del Bosque Montano; SM: Selva Montana; OSM: otras especies de la Selva Montana que no se tomaran en cuenta para la clasificación de los pisos altitudinales; O: Otras especies que se presentan tanto en SM como en BM; OBM: otras especies del Bosque montano; BM/SM: Bosque Montano/Selva Montana; Altitud mínima y máxima expresada en m s.n.m.;\*: Especies encontradas fuera del rango altitudinal publicada en la Flora Argentina.

Se llevó a cabo un ANOVA utilizando como factor los pisos altitudinales definidos por parcela (SM, BM y T) y su altitud como variable, con el fin de identificar límites altitudinales (Tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados del ANOVA. Pisos altitudinales y sus límites altitudinales.

Piso Altitudinal	N	Media	Límite inferior	Límite superior	Error estándar
Selva Montana	105	1299,7 a	1278,4	1321,0	21,2
Transición	46	1576,2 b	1537,6	1614,9	38,6
Bosque Montano	254	1995,2 c	1977,1	2013,2	18,2
P		< 0,0001			
F		262,82			

Altitud mínima y máxima expresada en msnm.

**Densidad**

En la tabla 4 se observan los resultados del ANOVA para especies características de la Selva Montana (*A. edulis*, *J. australis*, *M. mato*, *M.*

*pseudomato*, *M. laetevirens* y *O. porphyria*). Se puede observar que estas presentan una mayor área basal y mayor densidad en este piso altitudinal. En cuanto a la riqueza (número de especies en cada piso altitudinal) se obtuvieron los mayores valores para SM, valores intermedios para T, dejando al BM con el menor valor de esta medición. Las especies presentan diámetros a la altura del pecho similares en los distintos pisos altitudinales.

**Tabla 4.** ANOVA para especies características de SM. DAP, densidad, AB y riqueza.

	DAP	Densidad	AB	Riqueza
Selva Montana	23,6 a	256,2 c	13,91 b	1,65 c
Transición	18,0 a	78,9 b	2,41 a	0,78 b
Bosque Montano	23,5 a	0,9 a	0,01 a	0,01 a
P	0,1179	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
F	2,18	158,78	54,55	227,98

DAP: diámetro a la altura del pecho (cm); Densidad: n.ha<sup>-1</sup>; AB: área basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); Riqueza: especies.ha<sup>-1</sup>; Letras diferentes en cada fila indican diferencias significativas (Tukey, p < 0,05).

En la tabla 5 se pueden observar los resultados del ANOVA para especies características del Bosque Montano (*A. acuminata*, *S. peruviana*, *S. gracilipes*). Estas presentan una mayor área basal y mayor densidad en este piso altitudinal, representando casi la totalidad de las especies que conforman la riqueza de la BM. Estas especies presentan diámetros a la altura del pecho similares en el BM y T.

**Tabla 5.** ANOVA para especies características de BM. DAP, densidad, AB y riqueza.

	DAP	Densidad	AB	Riqueza
Selva Montana	16,8 a	12,7 a	0,29 a	0,17 a
Transición	27,9 b	152,4 b	8,59 b	1,00 b
Bosque Montano	28,2 b	297,2 c	16,84 c	1,35 c
P	0,0107	< 0,0001	0,0000	0,0000
F	4,6	99,07	62,83	202,81

DAP: diámetro a la altura del pecho (cm); Densidad: n.ha<sup>-1</sup>; AB: área basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); Riqueza: especies.ha<sup>-1</sup>; Letras diferentes en cada fila indican diferencias significativas (Tukey, p < 0,05).

## DISCUSIÓN

Las Yungas poseen una amplia distribución altitudinal, desde los 500 m hasta los 2500 m s.n.m. (Cabrera, 1971), donde se observa un recambio de especies de árboles que indican la ocurrencia de diferentes pisos altitudinales (Malizia y otros, 2012). Las especies que componen los pisos de vegetación se van reemplazando de manera gradual en el gradiente altitudinal (Malizia y otros, 2012), esto dificulta la posibilidad de encontrar límites marcados en el terreno. Como una aproximación para resolver esta limitación, se pueden proponer límites basados en la integración de múltiples especies, para obtener mapas de mayor detalle de la distribución de los ambientes (Malizia y otros, 2012).

Los resultados obtenidos en este trabajo marcan 3 estratos diferenciados, la SM, el BM y la T, ubicados en rangos altitudinales similares a los obtenidos por Malizia y otros, (2012) que ubicaron a la selva montana (SM), en las laderas entre los 900 y 1600 m s.n.m., con precipitaciones anuales medias de 1800 mm (1100-2300 mm), a su vez caracterizaron el

Bosque montano (BM), aproximadamente entre los 1600 y 2300 m s.n.m (Malizia et al., 2012).

En la Quebrada de Ailuu, la transición tomó valores que se acercan tanto al BM y la SM dependiendo del aspecto que se esté evaluando, por ejemplo, en cuanto al área basal la T tiene valores más cercanos al BM, aunque en el caso del cálculo de la riqueza específica, la T se acercó más a los valores de correspondiente a la SM.

El estudio de la riqueza en la Quebrada de Ailuu demuestra que esta crece a medida que el gradiente altitudinal disminuye, esto mismo fue encontrado en las Yungas bolivianas por Bach et al. (2003) donde reconocieron una disminución en la diversidad de la comunidad vegetal relacionada con el incremento de la altitud. Rahbek, (2005) también describió un patrón con riquezas máximas a altitudes intermedias en gradientes que localmente abarcan todos los niveles de altitud. En este trabajo se encontró que la riqueza específica fue máxima en el gradiente altitudinal que abarca desde los 1200 m s.n.m. hasta los 1600 m s.n.m. (correspondiente a los pisos SM y T), esto puede explicarse por el mayor régimen de precipitaciones y un aporte adicional de humedad debido a la niebla (Hunzinger, 1997).

Por encima de los 1600 m.s.n.m. (BM), donde las bajas temperaturas invernales coinciden con la estación seca, vuelve a predominar la pérdida de hojas como respuesta fisiológica a las exigencias impuestas por el clima (Malizia et al., 2012). Esto coincide con lo investigado por Blundo y otros, (2012) quienes hallaron una fuerte asociación entre la temperatura y el estrés hídrico (condicionados por la elevación) con la composición de comunidades de árboles en las Yungas argentinas. En la Quebrada de Ailuu se obtuvieron valores de riqueza para la SM que doblan al BM, mientras que los valores de riqueza para la T son muy próximos a los de la SM. Esta misma tendencia fue encontrada en las Yungas de la Serranía de Zapla en la provincia de Jujuy, con la diferencia de que, en esta zona, los valores de BM y T son próximos entre sí (Cuyckens et al., 2015).

Dentro de las especies inventariadas solo *A. acuminata* y *S. gracilipes* pueden encontrarse en todo el gradiente altitudinal. La presencia de *A. acuminata* puede indicar la existencia de suelo disturbado en todos los pisos, mayormente ocasionado por la cría de ganado en la zona de estudio (Blundo et al., 2012). *S. gracilipes* se ha



encontrado conviviendo junto a *A. acuminata* en varios sitios recientemente perturbados, siendo estas una de las principales especies pioneras (Aceñalozza, 1996). *S. peruviana* se encuentra presente tanto en SM y BM. Esta especie presentó una alta abundancia para Malizia et al. (2012) en el rango altitudinal 1500-2000 m s.n.m. Al igual que lo concluido por Blundo et al. (2012), las especies que caracterizaron al BM resultaron ser las menos exclusivas, encontrándose en todo el gradiente altitudinal. Contrariamente, un gran número de especies se encuentran presentes tanto en la SM como en T, pero sin tener representantes en el piso de mayor altitud.

En términos generales, la variación en la composición florística se explica en primer lugar por los cambios en las condiciones climáticas a lo largo del gradiente altitudinal, y en segundo lugar por las variables topográficas y de disturbio (Blundo et al., 2012). Según Cuyckens et al. (2015) los pisos Selva Montana a 1150 msnm y Bosque Montano a 2050 m s.n.m. se diferencian claramente entre sí como distintas comunidades. La comunidad a 1600 m s.n.m. presenta una composición específica intermedia (en este trabajo llamada "T"), aunque es más similar al bosque montano. Lógicamente, los límites altitudinales de las unidades de vegetación son aproximados y responden a la ubicación regional de las cadenas montañosas y a su altitud total (Cuyckens et al., 2015).

Las formaciones forestales de este trabajo tienden a disminuir su complejidad y diversidad a medida que aumenta la altitud en que se encuentran. En ese mismo sentido, algunas especies pioneras como *A. acuminata* son reemplazadas por especies más tolerantes durante la sucesión originando diversas fisonomías (Arturi et al., 1998). Es importante resaltar que en el piso altitudinal BM no se encontraron ejemplares de las especies que se han considerado como características del piso SM en este trabajo. Esto concuerda con lo expresado por Cabrera (1976) y Hueck (1978) quienes afirman que hacia el límite altitudinal inferior los bosques son más diversos.

En el piso altitudinal Transición se encuentra una composición específica intermedia entre la SM y el BM, esto mismo según Cuyckens et al., (2015), fue un resultado para la comunidad presente a 1600 m s.n.m.

En el presente estudio la densidad de individuos por hectárea disminuyó a medida que

aumentaba el gradiente altitudinal. Cuyckens et al. (2015) en las Serranías de Zapla, Provincia de Jujuy, obtuvieron como resultados en su análisis de densidad, que ésta es máxima en la elevación intermedia correspondiente a la Transición (559 n.ha<sup>-1</sup>), seguido por el BM con 460 n.ha<sup>-1</sup> y la SM con 356 n.ha<sup>-1</sup>. A diferencia de lo visto en la Quebrada de Ailuu, los pisos con valores más cercanos para las Serranías de Zapla son la T y el BM.

El estudio del AB de esta investigación arrojó valores que indican una diferencia significativa entre la SM y los otros estratos (T y BM) los cuales no presentan diferencia significativa entre sí. Lieberman et al. (1996) y Vázquez & Givnish (1998) encontraron que la densidad se mantiene relativamente constante entre distintas altitudes en Yungas, y que en general, el área basal tiende a aumentar con la altitud. Esto no ocurre en la Quebrada de Ailuu, y es probable que sea debido a los disturbios del terreno y a la ubicación de parcelas en las cercanías a los pastizales montanos. No se encontró en el área de estudio *P. parlatorei*.

Se logró caracterizar la estructura forestal de la Quebrada de Ailuu, a través de la identificación de las especies encontradas, se observó un cambio gradual en la riqueza y composición específica, disminuyendo estas a medida que aumentaba la altura. Esta misma tendencia se encontró cuando se observó la densidad (n.ha<sup>-1</sup>), contrariamente el AB de los estratos aumenta con la altitud. Con esta información se identificaron los diferentes pisos altitudinales, utilizando las especies relevadas y comparándolas con las especies características de la SM y BM que se encontraban en la bibliografía consultada. Esto permite ver el notable cambio del número de especies que se encuentran en la SM y el BM, pasando de estructuras más complejas a más simples, encontrándose un sector con valores intermedios (Transición) coincidente con un gradiente altitudinal ubicado entre SM y BM.

## CONCLUSIONES

Los sitios Selva Montana y Bosque Montano se diferencian claramente entre sí como comunidades distintas. La transición presenta una composición específica intermedia, aunque con una mayor similitud al bosque montano. El Bosque Montano estudiado es más homogéneo en términos de composición de especies que la Selva Montana. La riqueza específica y la diversidad de las comunidades arbóreas decrecen con incrementos

en la altitud. La densidad de individuos y el área basal del bosque presentan valores máximos a una altitud intermedia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, P. G. (1996). Fitosociología de bosques de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K subsp. *acuminata*) en la Sierra de San Javier. Instituto Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. Documents Phytosociologiques 16:505-516.
- Arturi, M. F., Aceñolaza, P. G., Brown, A. D. & Grau, H. R. (1998). Estructura y sucesión en bosques montanos del Noroeste de Argentina. Revista Biología Tropical 46(3):525-532.
- Bach, K., Beck, M., Gerold, G., Gradstein, Schawe, S. R. S. & Moraes, R. M. (2003). Vegetación, suelos y clima en los diferentes pisos altitudinales de un bosque montano de Yungas, Bolivia: Primeros resultados. Ecología en Bolivia 38(1):3-15.
- Blundo, C., Malizia, L., Blake, J. & Brown, A. D. (2012). Tree species distribution in Andean forests: Influence of regional and local factors. Journal of Tropical Ecology 28(1):83-95.
- Brown, A. D. & Ramadori, E. D. (1989). Patrón de distribución diversidad y características ecológicas de especies arbóreas de las selvas y bosques montanos del noroeste de la Argentina. Anales VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero, Argentina. pp 177-181.
- Brown, A. D. & Grau, H. R. (1993). La Naturaleza y el Hombre en las Selvas de Montaña. Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Salta, Argentina. 143 pp.
- Brown, A. D. & Cabrera A. L. (1995). Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. En: *Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña*, AD Brown & HR. Grau Eds. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina. pp. 9-18.
- Brown, A. D. & Kappelle, M. (2001). Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. En: *Bosques nublados del neotrópico*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Eds. M. Kappelle, & AD. Brown, IMBIO, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. pp. 25-40.
- Brown, A. D., Grau, A., Grau, H. R. & Malizia, L. (2001). Los Bosques Nublados de la Argentina. En: *Bosques nublados de Latinoamérica*, Eds. M Kappelle & AD. Brown, Instituto Nacional de Biodiversidad, San José, Costa Rica. pp. 623-659.
- Brown, A. D., Blendinger, P. G., Lomáscolo T. & Gracia Bes, P. (2009). Selva Pedemontana de Las Yungas. En: *Historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en peligro*. Eds AD. Brown, PG. Blendinger; T. Lomáscolo & P. Gracia Bes Ediciones del Subtrópico. Fundación ProYungas. Yerba Buena, Tucumán, Argentina. pp. 15-24.
- Brown, A. D. & Grau, A. (2014). Áreas Protegidas de Tucumán. Guía Visual. Ed. Del Subtropico. 313 pp.
- Cabrera, A. L. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 14: 1-4.
- Cabrera, A. L. (1976). Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina. 85 pp.
- Cuyckens, G. A. E., Malizia, L. R. & Blundo, C. (2015). Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). Madera y Bosques 21(3):137-148.
- Digilio, A. P. L. & Legname, P. R. (1966). Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán. Universidad Nacional de Tucumán. Opera Lilloana XV. 129 pp.
- Flora Argentina. Disponible en [www.floraargentina.com.ar](http://www.floraargentina.com.ar). Ultimo acceso septiembre 2020.
- Grau, A. & Brown, A. D. (2000). Development threats to biodiversity and opportunities for conservation in the mountain ranges of the

- Upper Bermejo River Basin, NW Argentina and SW Bolivia. *Ambio* 29:445-450.
- Hueck, K. & Seibert, P. (1972). Vegetationskarte von Südamerika. G. Fischer-Verlag, Stuttgart. Gustav Fischer, Stuttgart. 71 pp.
- Hueck, K. (1978). Los bosques de Sudamérica. Ecología, composición e importancia económica. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. Berlín, Alemania. 476 pp.
- Hunzinger, H. (1997). Hydrology of montane forests in the Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. *Mountain Research and Development* 17: 299-308.
- Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. & Hartshorn, G. S. (1996). Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology* 84(1):137-152.
- Lomáscolo, T., Brown, A. D. y Malizia, L. (2010). Guía Visual de la Reserva de Biosfera de las Yungas. Ediciones del Subtrópico. 163 pp.
- Lomáscolo, T., Grau, A. & Brown, A. D. (2014). Áreas protegidas de Tucumán. Ed. Ediciones del Subtrópico. Yerba Buena, Tucumán, Argentina. pp. 96-98.
- Malizia, L., Blundo, C., Pacheco, S. & Brown, A. D. (2012). Caracterización altitudinal, uso y conservación de las Yungas subtropicales de Argentina. *Ecosistemas* 21(1-2):53-73.
- Matteucci, S. D., Rodríguez, A. F. & Silva, M. E. (2017). La vegetación de la Argentina. *Fronteras* 15:4-29.
- Michalak, R. (2002). Inventario y evaluación forestal: experiencias y necesidades de los países. *Unasyuva* 210(53):28-41.
- Morello, J., Matteucci, S. D., Rodríguez, A. & Silva, M. (2012). Ecorregiones y Complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. 773 pp.
- Prado, D. E. (1995). La selva pedemontana: contexto regional y lista florística de un ecosistema en peligro. En: *Investigación conservación y desarrollo de las selvas subtropicales de montaña*. Eds. AD. Brown & HR. Grau. Laboratorio de investigaciones de las Yungas. Tucumán. pp 19-52.
- Rahbek, C. (2005). The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters* 8(2):224-239.
- Vazquez, G. & Givnish, T. J. (1998). Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology* 86(1):999-1020.

