

Caracterización altitudinal, uso y conservación de las Yungas Subtropicales de Argentina

L. Malizia^{1,2}, S. Pacheco², C. Blundo^{2,3}, A.D. Brown²

(1) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47, (4600) San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina.

(2) Fundación ProYungas. Perú 1180, (4107) Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

(3) Instituto de Ecología Regional, Universidad Nacional de Tucumán. CC 34, (4107) Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

Malizia, L., Pacheco, S., Blundo, C., Brown, A.D. (2012). Caracterización altitudinal, uso y conservación de las Yungas subtropicales de Argentina. *Ecosistemas* 21(1-2):53-73.

Las Yungas subtropicales se extienden por el noroeste de Argentina y sur de Bolivia, ocupando aproximadamente 56 000 km². Se caracterizan por su amplia distribución altitudinal (400-2300 msnm), donde el recambio de especies de árboles determina la ocurrencia de tres pisos altitudinales (selva pedemontana, selva montana y bosque montano) con cambios consistentes en la fenología foliar y los síndromes de dispersión de las especies arbóreas. Dominan las especies caducifolias en los extremos del gradiente, y las especies semicaducifolias y siempreverdes en las elevaciones intermedias. Por su parte, las especies dispersadas por el viento o la gravedad caracterizan la parte baja del gradiente, mientras que las dispersadas por animales caracterizan los pisos superiores de vegetación. Los cambios físicos y biológicos en el gradiente altitudinal condicionan los usos y las estrategias de conservación de las Yungas subtropicales. La deforestación alcanzaba 18% de la superficie original de este ambiente en Argentina en la década de los 70 y 31% en el año 2010, principalmente (>90%) en las zonas bajas y planas. Las Yungas de Argentina presentan protección formal estatal (nacional, provincial y municipal) en 22% de su extensión actual, sin considerar las categorías internacionales, que pueden ser instrumentos valiosos, si se logra una implementación efectiva de los criterios de uso sustentable de los recursos naturales. Adicionalmente, los planes de ordenamiento territorial en marcha vinculados a compensaciones económicas podrían jugar un papel importante en el marco de estrategias regionales de uso y conservación.

Palabras clave: áreas protegidas, bosque nublado, distribución de árboles, gradiente altitudinal, ordenamiento territorial.

Malizia, L., Pacheco, S., Blundo, C., Brown, A.D. (2012). Altitudinal characterization, use and conservation of subtropical Yungas of Argentina. *Ecosistemas* 21(1-2):53-73.

Subtropical Yungas are distributed in northwestern Argentina and southern Bolivia over approximately 56 000 km². This vegetation type expands across a large altitudinal gradient (400-2300 m asl), where tree species turnover promotes the occurrence of three altitudinal belts (pre-montane forest, lower montane forest and upper montane forest), with associated changes in leaf phenology and dispersal syndromes. Deciduous tree species are dominant at the extremes of the gradient, and semi-deciduous and evergreen species are dominant at mid elevations. Alternatively, wind- and gravity-dispersed tree species characterize the lower part of the gradient, while animal-dispersed trees characterize the upper part of the gradient. Physical and biological changes along the altitudinal gradient determine uses and conservation strategies. Deforestation of subtropical Yungas reached 18% of the original distribution in Argentina during the 1970's, and raised up to 31% by 2010, mainly (>90%) over low and flat areas. To date, 22% of the current distribution of Argentinean Yungas is formally protected (at national, provincial and municipal levels), not including international categories that may prove useful if sustainable-use criteria are successfully implemented. Additionally, land-use plans articulated with economic compensations might play a key role for planning regional use and conservation of subtropical Yungas.

Keywords: altitudinal gradient, land-use planning, montane forest, protected areas, tree distribution.

Introducción

Las Yungas subtropicales representan el límite austral de distribución de un extenso sistema boscoso conocido como bosques andinos yungueños, que se extienden en América del Sur desde Venezuela hasta Argentina (Brown y Kappelle

2001). Las Yungas subtropicales, conocidas regionalmente como selva tucumano-boliviana, se distribuyen en el sur de Bolivia y noroeste de Argentina (19°-29° S), ocupando una superficie aproximada de 56 000 km².

En el contexto de Argentina, las Yungas subtropicales tienen gran importancia en términos de biodiversidad y provisión de bienes y servicios ambientales (Brown et al. 2006). Con relación a la biodiversidad, albergan un elevado número de especies animales y vegetales, que si bien no ha sido cuantificado en detalle, podría llegar a representar hasta un 40% de la riqueza de especies del país, en menos del 2% del territorio continental nacional. En términos de bienes ambientales, las Yungas generan recursos forestales madereros y no madereros de importancia, entre los cuáles podemos destacar el uso de una docena de especies arbóreas maderables comercializadas en los mercados regionales y nacional (Malizia et al. 2009). Por otro lado, el principal servicio ambiental de las Yungas es la provisión de agua para riego y consumo humano (Balvanera 2012), que abarca aproximadamente 400 000 ha de cultivos y alcanza a más de 2 millones de personas.

Una de las principales características de las Yungas subtropicales es su desarrollo sobre un gradiente altitudinal de unos 2000 m de desnivel (ca. 400-2300 msnm). Esta extensión altitudinal alberga una gran heterogeneidad de características ambientales, que se refleja en la composición y riqueza específica de la vegetación desde el pie de las montañas hacia las cimas. En cuanto a los árboles, su distribución en el gradiente altitudinal responde en primer lugar a cambios de precipitación y temperatura y, en segundo lugar, a factores locales relacionados a la topografía y los disturbios (Brown et al. 2001; Blundo et al. 2012). Adicionalmente, los factores ambientales condicionan las estrategias de vida de los árboles, pudiendo generar gradientes de ocurrencia de caracteres funcionales a lo largo del espacio geográfico (Box 1995).

La principal amenaza de las Yungas subtropicales en la actualidad es probablemente la transformación del bosque a otros usos de la tierra, principalmente en áreas bajas planas y de suelos profundos. Adicionalmente, se puede listar la degradación del bosque y de la biodiversidad que alberga, por efectos directos e indirectos del aprovechamiento no sustentable de productos forestales madereros, de la ganadería extensiva no manejada, de incendios forestales y de proyectos de infraestructura y expansión urbana inadecuados, entre otros. Sin embargo, falta a la fecha una evaluación detallada de estos efectos (u otros) realizada a escala regional, que permita cuantificar sus alcances y consecuencias concretas, y las posibles soluciones y compromisos desde una óptica social ambientalmente responsable.

En este trabajo se presenta una revisión del estado de situación actual de las Yungas subtropicales de Argentina. Los objetivos específicos del estudio son: (i) realizar un análisis florístico del gradiente altitudinal de las Yungas, basado en la riqueza y recambio específico, la fenología y los síndromes de dispersión de las especies de árboles; (ii) definir la distribución de los principales pisos altitudinales de vegetación utilizando ensamblajes de modelos de distribución potencial para las especies más características de cada piso altitudinal; (iii) describir espacialmente y cuantificar la historia de transformación del bosque en las últimas cuatro décadas, y analizar las estrategias de conservación vigentes con sus ventajas y limitaciones.

Métodos

Área de estudio

En Argentina, los bosques de estudio en este trabajo pertenecen a la provincia fitogeográfica de las Yungas (Cabrera 1976). Ocupan una superficie actual de aproximadamente 31 000 km² (sin incluir las áreas transformadas para actividades productivas, que suman 14 000 km²), desde la frontera con Bolivia hasta el norte de la Provincia de Catamarca, pasando por las Provincias de Salta, Jujuy y Tucumán (**Fig. 1**). Presentan una longitud de 600 km en sentido norte-sur y menos de 100 km de ancho en sentido este-oeste. El clima es definido como subtropical, con una marcada estación seca (abril a octubre) y nevadas ocasionales durante los meses fríos. A lo largo del gradiente altitudinal se reconocen esquemáticamente tres pisos de vegetación con características fisionómicas y florísticas diferenciables: (i) selva pedemontana, aproximadamente entre los 400 y 900 msnm en el piedemonte y serranías de escasa altitud, ocupando 11 217 km², con precipitaciones anuales medias de 820 mm (550–1400 mm) y temperatura media anual de 21.5°C (media máxima = 27.6°C, media mínima = 15.4°C); (ii) selva montana, en las laderas de las montañas, aproximadamente entre los 900 y 1600 msnm, con precipitaciones anuales medias de 1800 mm (1100–2300 mm); y (iii) bosque montano, aproximadamente entre los 1600 y 2300 msnm como bosque continuo, con precipitaciones anuales medias de 1100 mm (800–1400 mm). Los dos últimos pisos altitudinales ocupan 19 721 km² y representan, a grandes rasgos, lo que se denomina como bosques nublados (ver González-Espinosa et al. 2012), en los cuáles la neblina puede aportar hasta un 100% adicional a la precipitación vertical (Hunzinger 1997), y la temperatura media anual es de 11.7°C (media máxima = 21.8°C, media mínima = 8.8°C) (Bianchi y Yáñez 1992; Arias y Bianchi 1996; Brown et al. 2001).

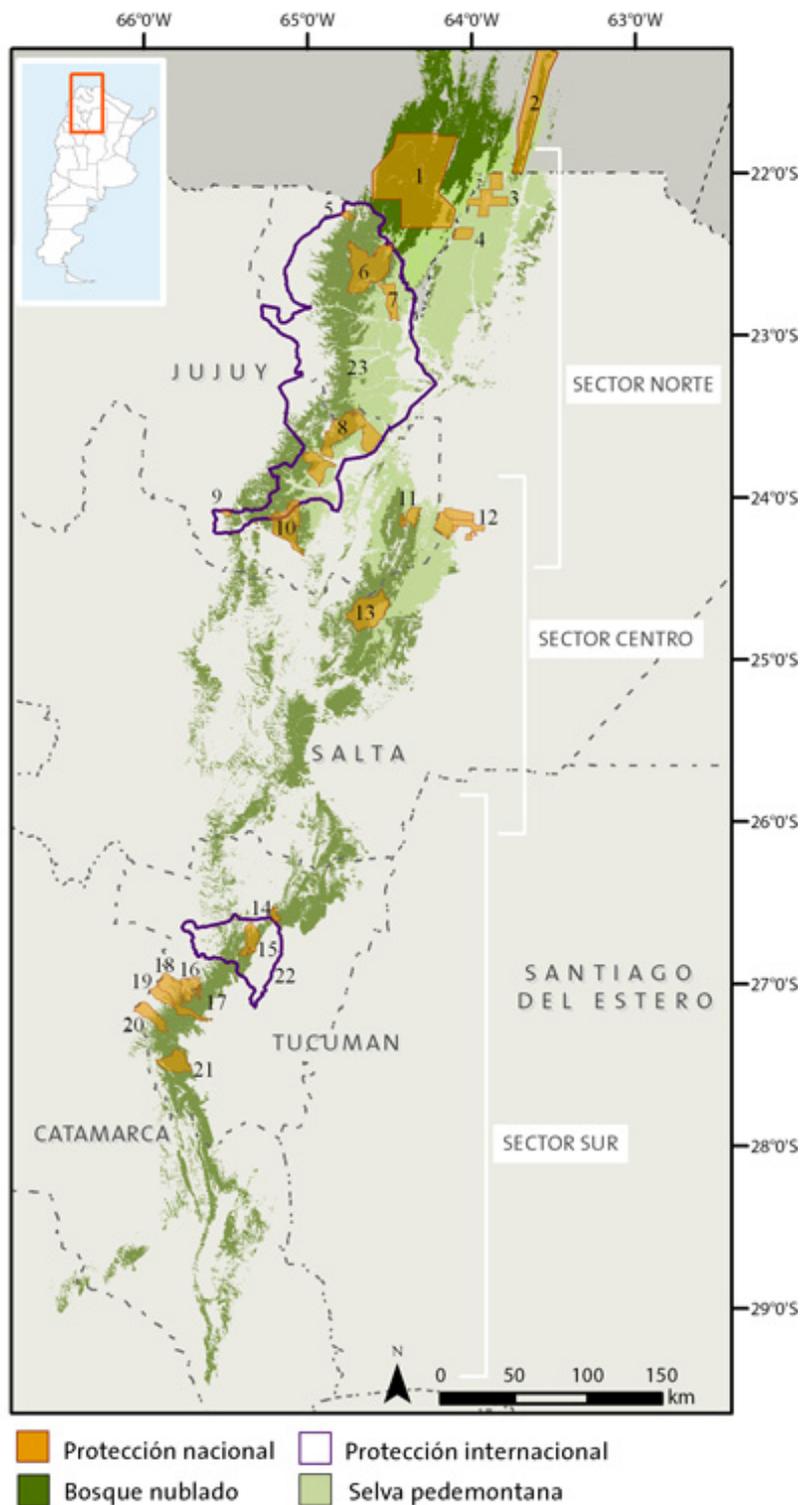


Figura 1. Distribución de Yungas subtropicales en Argentina y Bolivia. Se diferencian las áreas de selva pedemontana y bosque nublado. Las referencias de las áreas protegidas numeradas en este mapa se encuentran en el **Anexo 2**.

Las Yungas en Argentina presentan también un gradiente latitudinal de diversidad biológica originado principalmente por la discontinuidad de las masas de bosques, que responden a la distribución irregular de los cordones montañosos sobre los que se desarrollan. En tal sentido, se reconocen tres sectores geográficos latitudinales (norte, centro y sur; **Fig. 1**) que coinciden con los grandes bloques orográficos y que se contactan entre sí a través de los bosques chaqueños serranos en las áreas intermedias (Brown et al. 2002).

Establecimiento de parcelas permanentes

En 2002 iniciamos el establecimiento de una Red Subtropical de Parcelas Permanentes (RedSPP) en el gradiente altitudinal de las Yungas, cuyo objetivo principal es monitorear a mediano (años) y largo plazo (décadas) la diversidad, estructura y dinámica de los bosques subtropicales del noroeste de Argentina, y relacionar estas observaciones con factores ambientales y caracteres funcionales de las especies.

Actualmente existen 50 parcelas permanentes de 1 ha distribuidas en un gradiente altitudinal de 2000 m y un rango latitudinal de 250 km, incluyendo el sur de Bolivia y las provincias de Salta y Jujuy en Argentina, cubriendo una superficie aproximada de 25 000 km² (**Fig. 2**). Las parcelas están establecidas en los principales pisos de vegetación de las Yungas subtropicales y el ecotono con el chaco seco: tres parcelas en la transición selva pedemontana-chaco (ca. 300 msnm), 20 parcelas en selva pedemontana (ca. 600 msnm), 11 parcelas en selva montana (ca. 1100 msnm), siete parcelas en la transición selva montana-bosque montano (ca. 1600 msnm) y nueve parcelas en bosque montano (ca. 2100 msnm).

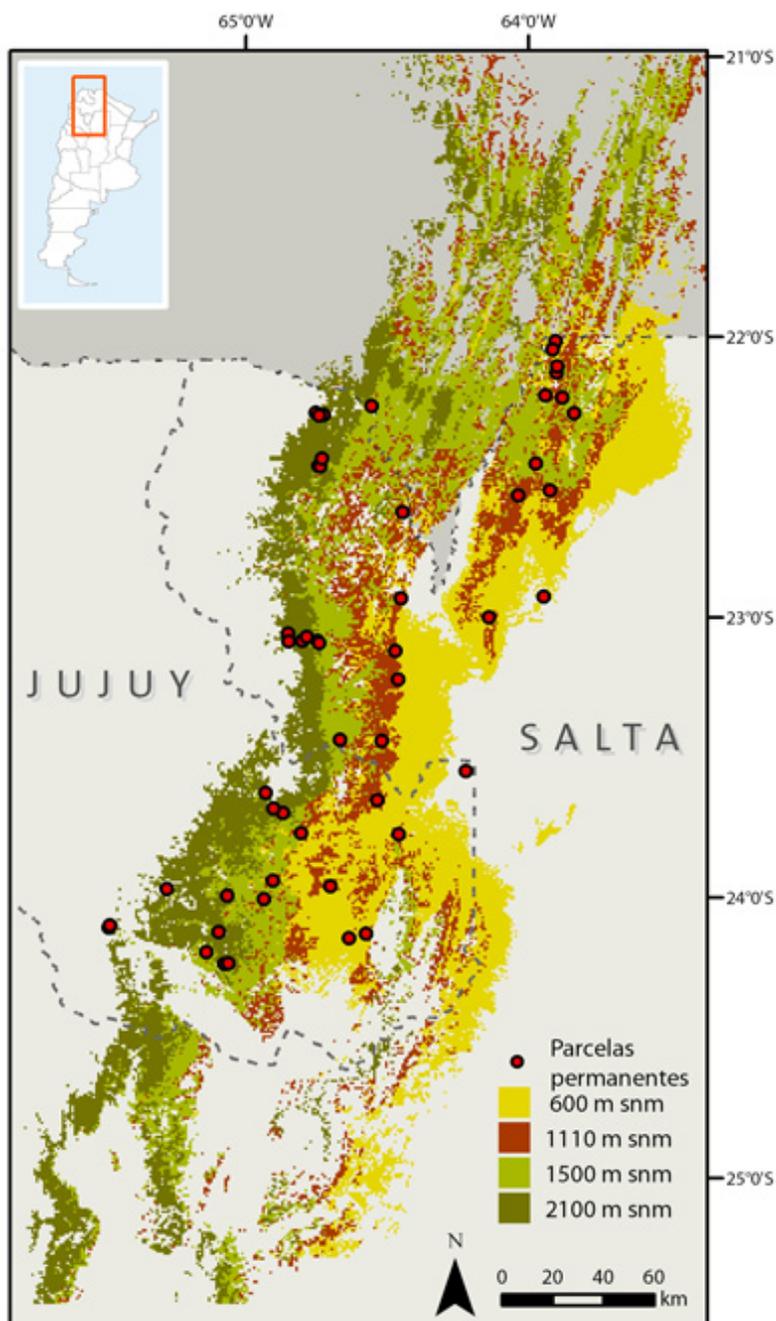


Figura 2. Distribución de pisos altitudinales de Yungas subtropicales en el norte de Argentina, determinados con base en modelos de distribución de especies características de cada piso (600 msnm: selva pedemontana; 1100 msnm: selva montana; 1500 msnm: transición selva montana-bosque montano; 2100 msnm: bosque montano).

Las parcelas son rectangulares (20 x 500 m) y corregidas por pendiente para cubrir 1 ha (Condit 1998). En cada parcela se identificaron, marcaron (con chapa numerada de aluminio) y midieron todos los árboles ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho y altura superior a 1.3 m. Cada individuo se identificó a nivel de especie o morfoespecie, si su identificación en el campo no era posible. El término morfoespecie hace referencia a especies identificables de sus congéneres por uno o más rasgos morfológicos únicos. Colectamos muestras de todas las especies y morfoespecies censadas en las parcelas. Estas muestras fueron consultadas con material identificado de herbarios o distribuidas entre especialistas taxónomos para su correcta identificación. La flora arbórea en el área de estudio es relativamente bien conocida (Digilio y Legname 1966; Legname 1982; Killeen et al. 1993; Demaio et al. 2002). Clasificamos alrededor del 80% de las especies censadas en las parcelas según su fenología foliar (caducifolias, semicaducifolias y siempreverdes) y su modo de dispersión (anemocoria, zocoria y autocoria). Esta tarea se realizó con base en la bibliografía disponible, consultas con expertos y observaciones en el campo.

Análisis

Efectos de las variables ambientales sobre la composición de especies

Realizamos un análisis de correspondencia canónica (ter Braak 1990) con CANOCO 4.5 (Lepš y Šmilauer 2003) para determinar las relaciones entre la variación en la composición de especies y la variación ambiental (variables climáticas, topográficas y de disturbio) (para más detalles ver Blundo et al. 2012). La abundancia relativa de las especies fue transformada (i.e. $\log(x+1)$) para reducir la influencia de las especies dominantes (Lepš y Šmilauer 2003). Realizamos un gráfico de dos dimensiones (especies y variables ambientales significativas) para mostrar el recambio fenológico y la disposición de los síndromes de dispersión de las especies de árboles más comunes a lo largo del gradiente altitudinal.

Modelos de distribución de los pisos altitudinales

Los modelos de distribución se utilizan para predecir los rangos de distribución de las especies o comunidades, con base en localidades de ocurrencia y variables climáticas, topográficas y ambientales, entre otras (Scott et al. 2002; Guisan y Thuiller 2005).

En este trabajo, se elaboraron modelos de distribución para cada uno de los pisos altitudinales de vegetación de las Yungas. A la fecha, los mapas de distribución disponibles representan una esquematización rudimentaria, ya que básicamente toman en cuenta la altitud, a partir de la cual se trazan límites de distribución. Como es de suponer, las especies que componen los pisos de vegetación se van reemplazando de manera gradual en el gradiente, lo que imposibilita encontrar límites marcados en el terreno. Como una aproximación para resolver esta limitación, se pueden proponer decisiones informadas de "corte" basadas en la integración de múltiples especies, para obtener mapas de mayor detalle de la distribución de los ambientes en estudio. Para esto, desarrollamos mapas de distribución para cada una de las cinco especies más características de cada piso altitudinal (**Anexo 1**), utilizando como indicador el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada especie. El IVI es un índice que expresa la importancia ecológica de las especies dentro de los ecosistemas y resulta de la suma relativa de la densidad, la frecuencia y la dominancia, esta última estimada mediante el área basal ($IVI = DeR + FR + DoR$) (Lamprecht 1990). Luego, superpusimos los mapas de las cinco especies correspondientes a cada piso y consideramos como área de distribución de un determinado piso altitudinal al área donde coincidieron al menos dos de las especies modeladas.

Las variables ambientales utilizadas para la construcción de los modelos incluyeron datos climáticos (Worldclim: <http://www.worldclim.org/download>), topográficos (GLCF: <http://glcf.umd.edu/data/srtm/>) y de vegetación, estos últimos obtenidos a partir de imágenes satelitales (Land Processes Distributed Active Archive Center; Parra et al. 2004). En total, se utilizaron nueve coberturas: temperatura media anual, isothermalidad, estacionalidad en la temperatura, exposición, pendiente, elevación, valor máximo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), estacionalidad del NDVI y "verdor" medio (número de meses en los cuales el valor de NDVI se encuentra entre 109 y 150; Holben 1986). Las tres últimas variables son indicadores del verdor o vigor fotosintético de la vegetación en distintas épocas del año.

Se utilizó el programa GARP para modelar la distribución de las especies (Peterson et al. 1999; Anderson et al. 2002). Para cada especie, se obtuvieron 100 modelos y se generó un mapa final para cada una, sumando los 20 mejores modelos de acuerdo a la metodología propuesta por Anderson et al. (2003). Cada modelo fue validado mediante puntos de presencia-ausencia de especies tomados tras la construcción de los modelos. La significancia de los modelos fue evaluada usando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Elith y Burgman 2002).

Cambios de uso del suelo

Para determinar el proceso de cambio de uso del suelo, se realizó una interpretación visual de una serie temporal de imágenes satelitales Landsat, que cubren el área plana de las Yungas en el norte de Argentina. Esto se hizo siguiendo el

método desarrollado por el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos de Argentina (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable 2005). La serie temporal consideró imágenes de los años 1976, 1986, 1990, 2000 y 2010, todas de la estación invernal, tomadas entre los meses de julio y septiembre. Se utilizaron imágenes Landsat MSS y TM (corridas 246-247 y 231-230, filas 75 a 79). Estas imágenes fueron adquiridas de GLCF-USA (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>) e INPE-Brasil (<http://www.inpe.br/>). Para cada año, se identificaron zonas con distintos tipos de cultivos y se calculó la superficie total deforestada para cada uno de los años analizados y la tasa anual de transformación. La distinción entre bosque y área productiva es fácil de realizar de forma visual debido al patrón y la forma de la transformación. La distinción entre las distintas actividades productivas es, en algunos casos, más difícil de realizar. Por lo tanto, se definieron categorías productivas generales, y se tomaron como referencia los mapas de cultivos para la región noroeste producidos por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina. El mapa resultante para el año 2010 fue validado con 100 muestreos de campo distribuidos en toda el área de estudio.

Resultados y Discusión

Análisis florístico del gradiente altitudinal

Riqueza y recambio de especies

En las 50 parcelas permanentes se marcaron y midieron un total de 22 947 árboles, pertenecientes a 158 especies, 124 géneros y 60 familias. El número (i.e. riqueza) promedio de especies, géneros y familias de árboles por hectárea fue máximo a altitudes intermedias (**Fig. 3**). Este patrón de máxima riqueza a altitudes intermedias también ha sido reportado en gradientes altitudinales de bosques neotropicales (Gentry 1988; Lieberman et al. 1996; Vazquez y Givnish 1998; Lopez y Duque 2010) y en gradientes altitudinales de otros bosques subtropicales del mundo (Bhattarai y Vetaas 2003; Carpenter 2005).

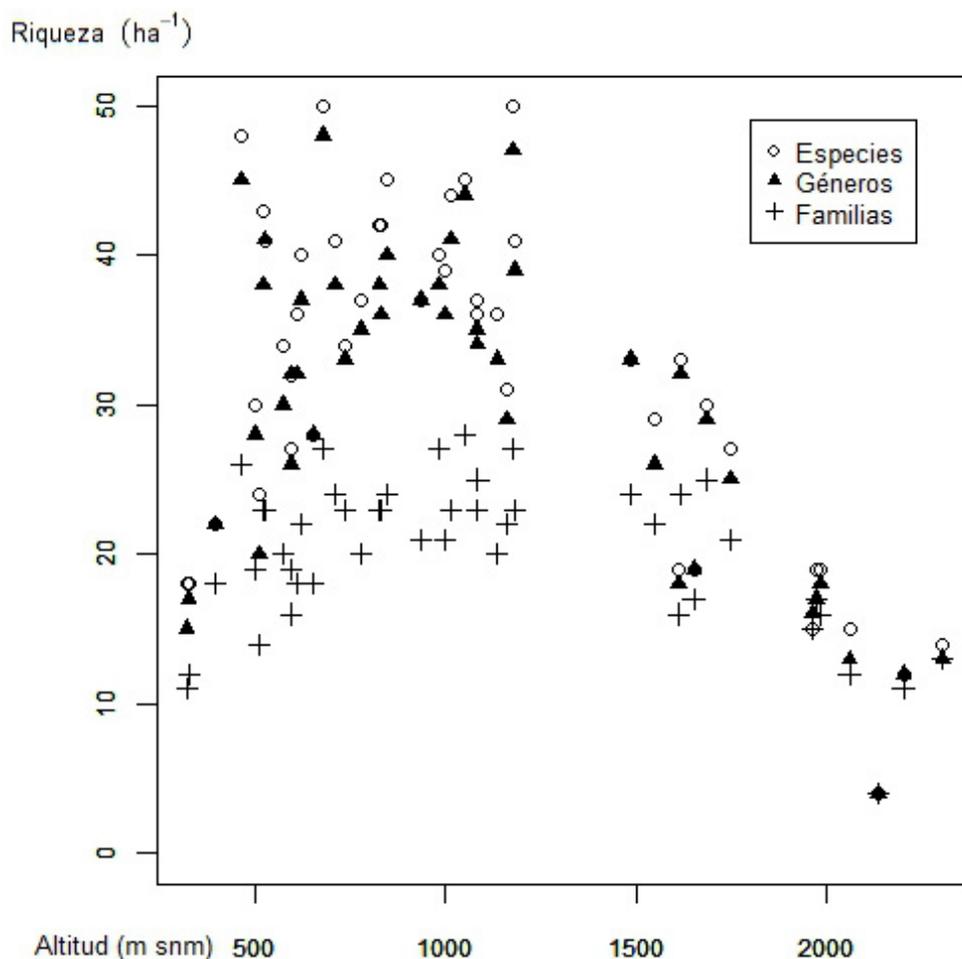


Figura 3. Riqueza de especies, géneros y familias por hectárea en el gradiente altitudinal de las Yungas subtropicales del noroeste de Argentina.

Las familias más diversas en Yungas son Leguminosae (19 especies), Mirtaceae (12), Compositae (6), Anacardiaceae (5), Euphorbiaceae (5) y Rutaceae (5). En la selva pedemontana y la selva montana, la familia Leguminosae presenta una mayor importancia ecológica (i.e. valores altos de IVI), seguida por Sapindaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae y especies del género *Cordia* de la familia Boraginaceae. Por encima de los 1600 msnm, las Mirtaceae cobran mayor importancia, seguidas por la única especie representante de las Podocarpaceae, *Podocarpus parlatorei*, las Adoxaceae (*Viburnum seemenii* y *Sambucus nigra*) y las especies de los géneros *Eupatorium* y *Kaunia* de la familia Compositae (**Anexo 1**).

Un número reducido de especies están presentes en todo el gradiente altitudinal con valores relativamente altos de IVI, presentando su mayor importancia ecológica en altitudes intermedias del gradiente. *Allophylus edulis*, *Parapiptadenia excelsa*, *Blepharocalyx salicifolius* y *Cinnamomum porphyrium* están presentes en todo el gradiente y presentan mayor importancia ecológica entre los 1300 y 1500 msnm (**Anexo 1**) (**Fig. 4**). Por encima de los 1500 msnm ocurre el mayor recambio florístico en todos los niveles taxonómicos, inclusive a nivel de familia. En el bosque montano predominan taxones de origen holártico (e.g. *Viburnum seemenii*, *Ilex argentina*, *Juglans australis*) y gondwánico (e.g. *Podocarpus parlatorei*), en oposición al origen tropical de la mayoría de las especies de la selva pedemontana y la selva montana (Brown et al. 2001).

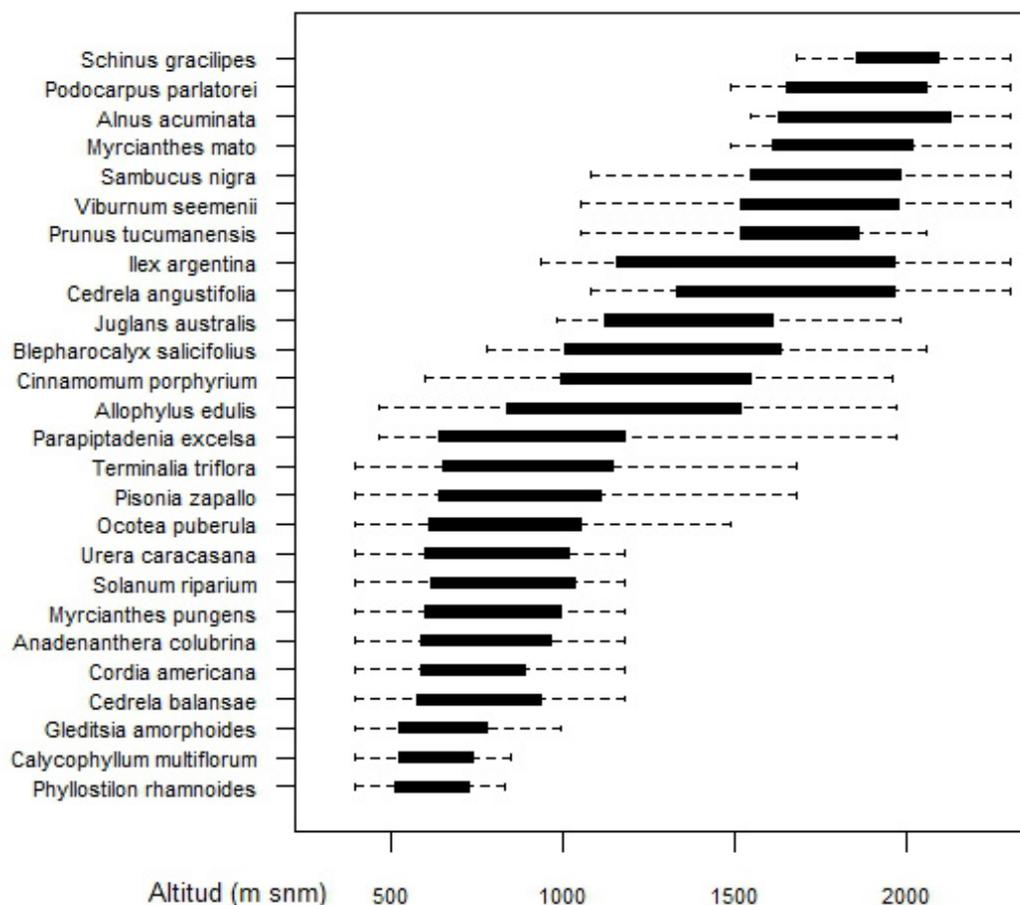


Figura 4. Distribución de las especies con mayor Índice de Valor de Importancia por piso altitudinal (**Anexo 1**). Se detalla el rango altitudinal mínimo-máximo dónde se ha registrado cada especie (líneas punteadas) y la franja altitudinal donde presenta mayor importancia ecológica (cajas).

Fenología y dispersión

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). Este recambio de especies de árboles con la altitud se traduce en un marcado gradiente fenológico y de síndromes de dispersión (**Fig. 5**). Por un lado, la fenología foliar muestra una distribución bimodal, con los mayores números de especies caducifolias en los extremos del gradiente, siendo máximo en la selva pedemontana y en menor medida en el bosque montano, por encima de los 1600 msnm. Por otro lado, las especies semicaducifolias y siempreverdes caracterizan a las elevaciones intermedias, comprendiendo la selva montana y la transición entre la selva montana y el bosque montano, donde especies de las familias Mirtaceae y Lauraceae son las más abundantes.

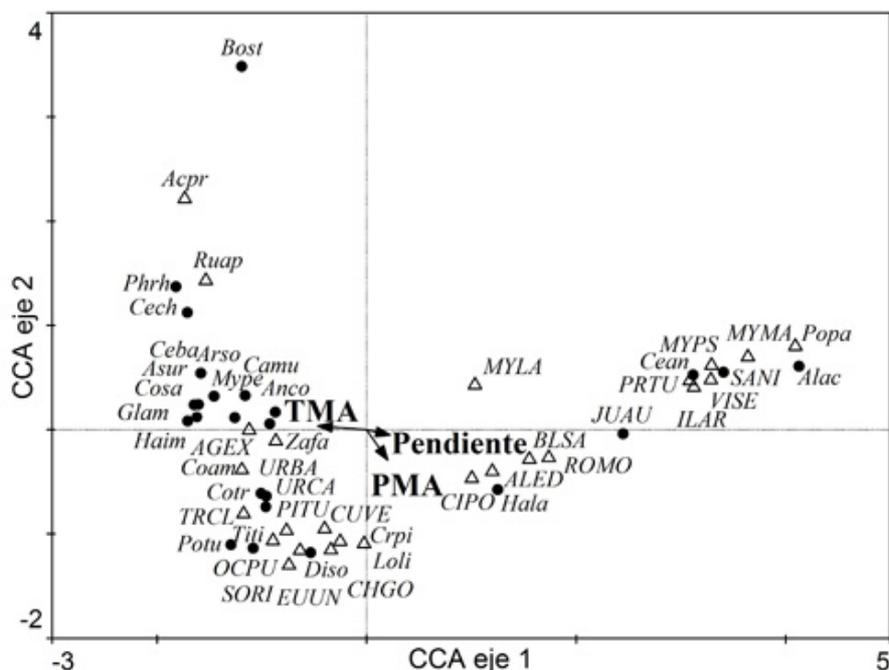


Figura 5. Posición relativa de las especies de árboles más comunes (>10% ajuste y >20% peso) en un análisis de correspondencia canónica (CCA) con 50 parcelas permanentes situadas a lo largo del gradiente altitudinal. El eje 1 del CCA refleja de modo indirecto el gradiente de elevación, desde altitudes bajas situadas a la izquierda hasta altitudes altas situadas a la derecha. Los símbolos indican la fenología: (●) especies caducifolias, (Δ) especies semicaducifolias y siempreverdes. En mayúsculas se mencionan las especies que tienen dispersión por animales y en minúsculas las especies que tienen dispersión por viento. Las flechas indican el sentido y magnitud de las variables ambientales más importantes: PMA = precipitación media anual, TMA = temperatura media anual. Los códigos de las especies se detallan en el **Anexo 1**.

Un patrón fenológico similar fue reportado por Carpenter (2005), quién encuentra que las especies siempreverdes son más abundantes a elevaciones intermedias y las especies caducifolias son más abundantes en ambos extremos del gradiente altitudinal de bosques tropicales y subtropicales en el Himalaya. El recambio de especies caducifolias a semicaducifolias o siempreverdes refleja diferencias fisiológicas en las especies, impuestas por el clima a lo largo del gradiente altitudinal (Borchert et al. 2002). En bosques estacionales, la fenología foliar no está sincronizada, y generalmente los bosques están constituidos por un mosaico de especies de árboles pertenecientes a distintos tipos funcionales, en los cuales el recambio foliar ocurre en diferentes momentos durante la estación seca (Rivera et al. 2002). En la selva pedemontana, >79% de las especies de árboles son caducifolias (Sarmiento 1972), perdiendo la totalidad de su follaje en la estación seca (abril-octubre). A altitudes intermedias, el mayor régimen de precipitaciones y un aporte adicional de humedad debido a la niebla (Hunzinger 1997) explican el alto porcentaje de especies siempreverdes y de especies semicaducifolias que recambian parcialmente su follaje durante la estación seca. Por encima de los 1600 msnm, 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.

La distribución de los síndromes de dispersión de los propágulos (i.e. semillas o frutos) también se asocia al gradiente altitudinal (**Fig. 5**). Las especies de árboles no dispersadas por animales (i.e. anemocoria y autocoria) caracterizan a la selva pedemontana, mientras que las especies dispersadas por animales (i.e. zoocoria) caracterizan a la selva montana y al bosque montano. Los frutos o semillas dispersados por animales están disponibles durante la estación húmeda, mientras que la dispersión mediada por viento ocurre durante la estación seca, cuando la mayoría de los árboles carecen de follaje (Brown 1995; Brown et al. 2001; Malizia 2001).

El predominio de especies con frutos carnosos o semillas con arilos vistosos en bosques nublados y siempreverdes es un patrón que se repite en los bosques neotropicales, albergando mayor zoocoria los bosques lluviosos (Gentry 1988), en concordancia con la mayor diversidad de avifauna frugívora en estos bosques (Givnish 1998). Alternativamente, la anemocoria es más efectiva en bosques con una marcada estacionalidad, pues durante la estación seca tiende a aumentar la velocidad del viento y la apertura del dosel ya que la mayoría de las especies arbóreas pierden sus hojas en esta época (Vazquez y Givnish 1998).

Prado y Gibbs (1993) sugieren, con base en similitud florística, que la selva pedemontana estaría más emparentada con otros bosques estacionales de Sudamérica (e.g. Caatinga del noreste de Brasil, Mata Atlántica del sur de Brasil y Paraguay y noreste de Argentina) que con los pisos superiores de Yungas (i.e. selva y bosque montano). Siguiendo esta evidencia, la estacionalidad climática y el origen de las especies podrían explicar el predominio de especies caducifolias y dispersadas por el viento en la selva pedemontana.

Distribución de los pisos altitudinales

La superposición de los modelos de distribución de las especies más características de cada piso altitudinal permitió elaborar un mapa de detalle de la distribución de los diferentes pisos altitudinales de Yungas (**Fig. 2**). Este mapa representa a la fecha la mejor aproximación cartográfica de estos pisos de vegetación para el área de estudio.

Consideradas en conjunto, las especies características de la selva pedemontana son las más exclusivas en términos de distribución espacial, ya que un 30% de la distribución de sus especies se presenta separado de las distribuciones de las especies de los otros pisos altitudinales. Las especies características de la selva montana se separan un 12.5% de su área de distribución de las especies de la pedemontana y del sector inferior (1600 msnm) del bosque montano. Las especies características del bosque montano (2100 msnm) son las menos exclusivas de todo el gradiente, ya que sólo presentan un 6% de sus distribuciones sin superposición con la distribución de especies de otros pisos de vegetación.

Uso y conservación

Historia de transformación

Las Yungas subtropicales en Argentina tienen una larga historia de deforestación iniciada a fines del siglo XIX. En la década de 1970 ya se encontraba transformado 18% de las Yungas subtropicales. Este porcentaje fue en incremento constante hasta alcanzar 31% en el año 2010 (**Tabla 1**). Estas áreas transformadas se ubican mayoritariamente (90%) en tierras planas por debajo del 5% de pendiente, correspondientes en su mayoría a selva pedemontana.

Años	Superficie transformada para actividades productivas (km ²)	% transformado con respecto al total transformado	% acumulativo de Yungas transformadas
Hasta 1976	8237	58.7	18.3
1976-1986	10 592	75.5	23.6
1986-1990	10 815	77	24.0
1990-2000	12 304	87.6	27.4
2000-2010	14 038	100	31.2

Tabla 1. Incremento de superficie transformada para actividades productivas en el período 1970-2010 a expensas de las Yungas subtropicales del noroeste de Argentina.

El proceso de transformación a áreas productivas comenzó en el sur de la distribución y se fue extendiendo hacia el norte (**Fig. 6**). Este avance estuvo vinculado a las condiciones climáticas favorables (temperatura y precipitación), a la disponibilidad de agua para riego, a la presencia de grandes superficies planas y a la ampliación del ferrocarril, que permitió trasladar la producción a bajo costo. El cultivo más abundante hasta la década de los 80 fue la caña de azúcar (**Fig. 7**). A partir de este momento, se observó una expansión de las tierras productivas en sentido oeste-este con la incorporación del cultivo de granos, sobre todo en el norte de la distribución de Yungas en Argentina. Este constituye un eje actual de transformación, donde se encuentran los núcleos de deforestación más recientes. Esta expansión se produjo impulsada por la necesidad de nuevas tierras para el cultivo de soja, un producto que se posicionó como altamente rentable desde el punto de vista económico. Estas nuevas tierras de expansión agrícola están localizadas en áreas cercanas al umbral de precipitaciones para la agricultura de secano (600 mm/año). La expansión de las tierras cultivadas hacia el este se vio favorecida por el aumento regional en las precipitaciones ocurridas durante el siglo XX, el desarrollo tecnológico, la incorporación de cultivares transgénicos de soja y el uso de herbicidas eficientes en el control de malezas (Gasparri y Grau 2006).

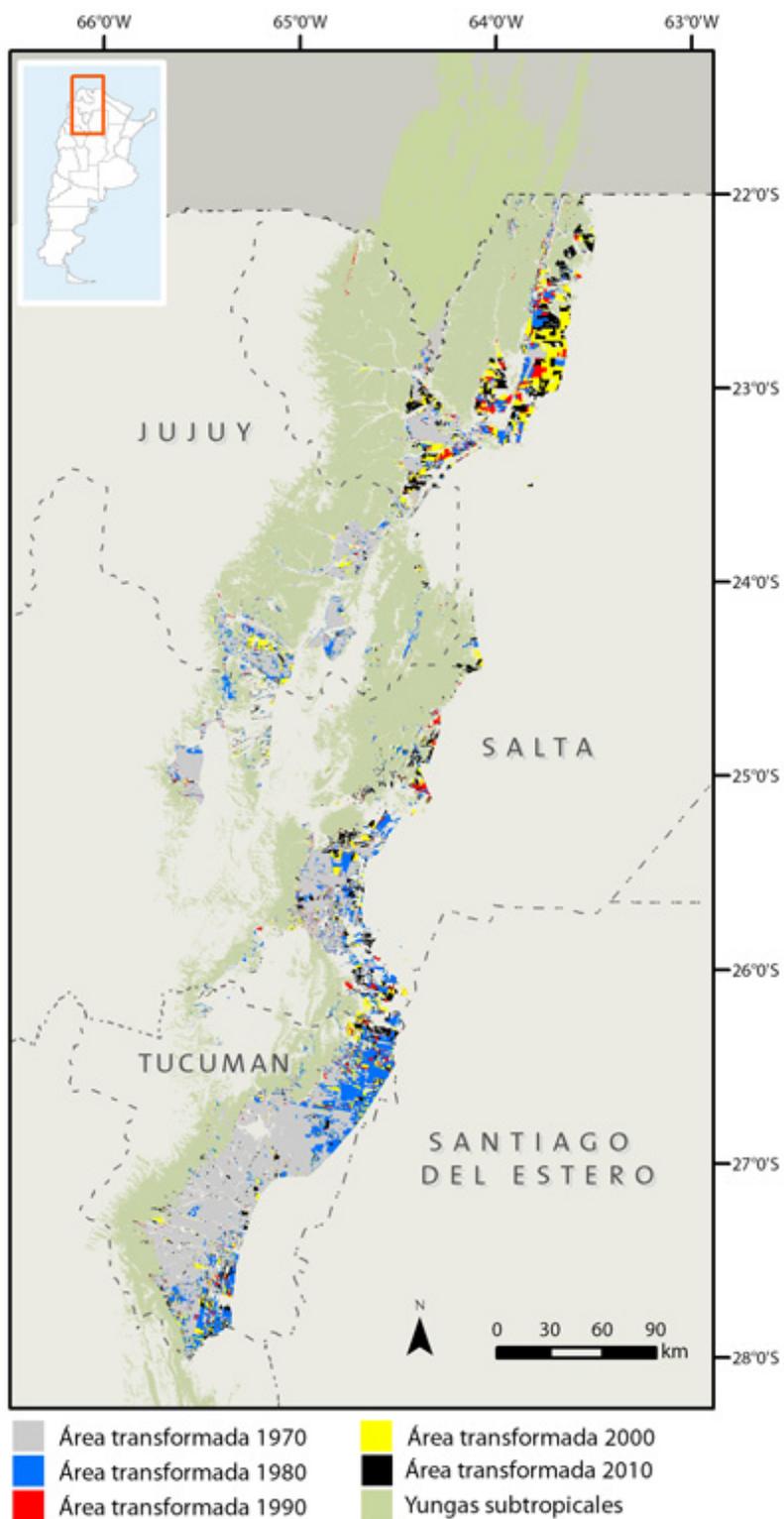


Figura 6. Desarrollo espacial del proceso de cambio de uso de la tierra en las Yungas subtropicales de Argentina, para el periodo 1976-2010. Se presenta el área total transformada hasta la década del 70 y los incrementos en superficie transformada, para cada fecha posterior analizada.

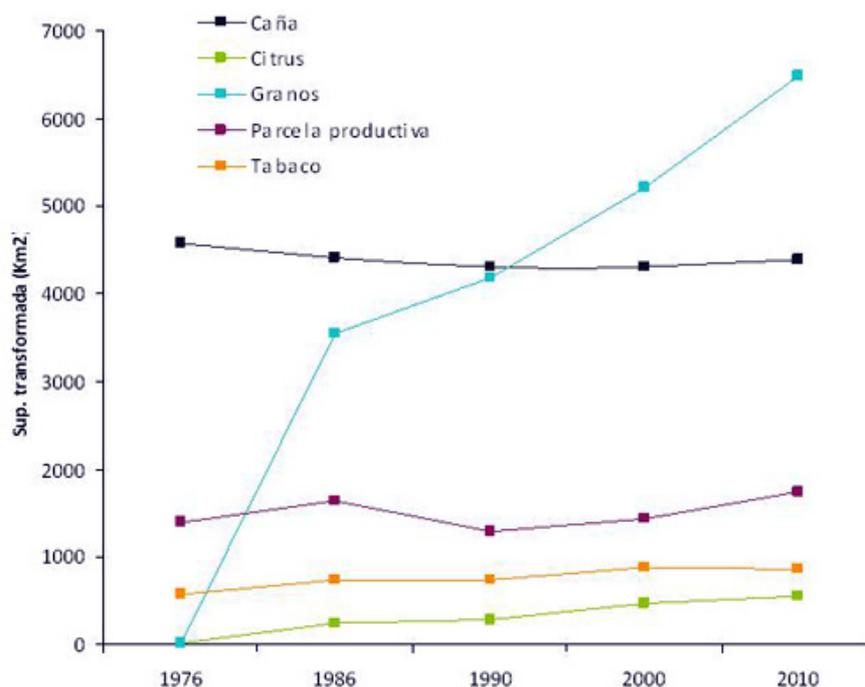


Figura 7. Superficie transformada por diferentes actividades productivas en las Yungas subtropicales de Argentina, para el periodo 1976-2010.

Áreas protegidas

Aproximadamente el 13% de la distribución actual de las Yungas subtropicales de Argentina y Bolivia se encuentra bajo alguna categoría de protección, ya sea nacional, provincial/departamental o municipal, sin considerar las designaciones internacionales (**Tabla 2**). En Argentina, 11% de la distribución actual de Yungas se encuentra protegido, y este valor se eleva a 30% si se consideran las áreas de designación internacional. Los porcentajes de selva pedemontana protegida pueden estar sobreestimados, ya que su distribución se superpone con la distribución de la selva montana (**Tabla 2, Anexo 2**).

Tipo Bosque	Designación	Superficie (km ²)	Protección en km ² (%)
Bolivia			
SP	Nac., Depart. y Mun.	3962	509 (12,8)
BN	Nac., Depart. y Mun.	21 305	3854 (18.1)
Argentina			
SP	Nac., Depart. y Mun.	11 217	1256 (11.2)
BN	Nac., Depart. y Mun.	19 721	2083 (10.6)
SP	Internacional*	11 217	3606 (32.2)
BN	Internacional*	19 721	5447 (27.6)

Tabla 2. Superficie protegida de selva pedemontana (SP) y bosque nublado (BN) en las Yungas subtropicales en Argentina y Bolivia.

Las áreas protegidas se distribuyen a lo largo de casi toda la extensión de las Yungas subtropicales, si bien quedan espacios intermedios sin protección (**Fig. 1**). En Argentina, las áreas protegidas cubren buena parte del gradiente altitudinal del sector norte de Yungas, que para algunos grupos taxonómicos (e.g. mamíferos) es el más diverso (Ojeda et al. 2008; Di Bitetti et al. 2011). En el sector central hay una falta de áreas protegidas, particularmente hacia el oeste y sur de la distribución en la

Provincia de Salta. En el sector sur, debido a la transformación casi completa de la selva pedemontana, sólo se protege el bosque nublado, y no hay áreas protegidas hacia el extremo sur, particularmente en la Provincia de Catamarca (**Fig. 1**).

Las áreas protegidas de designación internacional (Reserva de Biosfera y Bosque Modelo) proponen un manejo del paisaje integrando las áreas protegidas nacionales, provinciales y municipales, que actúan como núcleos. Afuera de estas áreas núcleo, el grado de protección que ofrecen las figuras internacionales es muy flexible, y su implementación efectiva es aún precaria. A pesar de estas limitaciones, las áreas protegidas internacionales, por su mayor tamaño con respecto al resto, incluyen en su diseño territorial a los diferentes pisos altitudinales de Yungas e incluso a sectores de la ecorregión Altoandina, altitudinalmente por arriba de las Yungas, lo que representa un avance positivo en términos de conectividad ambiental. Un desafío importante es el mantenimiento de la vinculación de las Yungas con la ecorregión del Chaco, hoy inferior al 16% de su conexión original. El Chaco se ubica altitudinalmente por debajo de las Yungas y está poco representado en el sistema actual de áreas protegidas. Esto supone una fragilidad del sistema de áreas protegidas, ya que no contempla los intercambios biológicos entre ecorregiones y lo torna más vulnerable frente a los diferentes escenarios de cambio climático.

En un estudio de respuesta de la selva pedemontana al cambio climático para el noroeste de Argentina, se observó que habría una tendencia del ecosistema en su conjunto y de algunas especies en particular, a migrar en altura y hacia el sur, buscando en el futuro condiciones climáticas similares a las actuales (Pacheco et al. 2010). Si esto ocurriera con el bosque nublado, en parte o en toda la extensión de las Yungas subtropicales, se puede hipotetizar que el sistema actual de protección no albergaría necesariamente a largo plazo las mismas superficies o incluso los mismos tipos de bosque que en la actualidad. Por lo tanto, se debería diseñar un sistema de vinculaciones ambientales (e.g. corredores, mosaicos, etc.) bajo distintas formas de manejo que asegure la comunicación entre áreas y ecorregiones, permitiendo intercambios biológicos (e.g. migración de especies, dispersión de propágulos) que acompañen eventuales impactos del cambio climático.

Ordenamiento territorial

En el año 2007 se aprobó en Argentina la Ley 26 331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Esta ley “establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos, y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Asimismo, establece un régimen de fomento y criterios para la distribución de fondos por los servicios ambientales que brindan los bosques nativos.”

En el marco de esta ley, las provincias están obligadas a realizar el ordenamiento territorial de sus bosques nativos, considerando tres categorías de conservación:

- Categoría I (rojo): sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse.
- Categoría II (amarillo): sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados, pero que a juicio de la autoridad de aplicación jurisdiccional, con la implementación de actividades de restauración, pueden tener un valor alto de conservación. Estas zonas pueden ser sometidas a aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.
- Categoría III (verde): sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad.

A la fecha, los ordenamientos territoriales de las provincias del noroeste de Argentina destinan un porcentaje variable de sus superficies a cada una de estas categorías (**Tabla 3**).

Provincia	% rojo	% amarillo	% verde	Sup. total (km ²)
Tucumán	57.8	24.1	18.1	No disponible
Salta	15.6	65.1	19.3	102 307
Jujuy	17.6	68.8	13.6	14 798

Tabla 3. Porcentaje de superficie de las categorías de conservación de los planes de ordenamiento territorial de las masas boscosas de las provincias con Yungas subtropicales en el noroeste de Argentina.

La incorporación de la figura de ordenamiento territorial de los bosques nativos a la normativa argentina se muestra como una herramienta importante para abordar su uso y conservación. Por un lado, permite planificar a mediano plazo, reconociendo la necesidad de realizar revisiones periódicas que incorporen nuevos intereses y necesidades de la sociedad. Por otro, permite

disponer de recursos económicos tanto a los actores estatales como privados para realizar planes de manejo forestal y de conservación del bosque, con fiscalización adecuada de los órganos del gobierno. Esto debería a su vez redundar en un avance hacia el desarrollo de producciones sustentables y en el involucramiento de los privados en una estrategia de conservación regional del bosque, incluidas las Yungas subtropicales.

Conclusiones

Las Yungas subtropicales presentan características ambientales y sociales que se replican a lo largo de los Andes, y de allí que los entendimientos que se logren para un área pueden ser potencialmente aplicados al resto de los bosques andinos y yungueños. En este sentido, los esfuerzos por entender los patrones y procesos que determinan la distribución de los árboles y otros organismos a lo largo del gradiente altitudinal (y latitudinal) son de importancia, tanto para usar como para conservar los bosques andinos.

Las Yungas subtropicales presentan también características propias vinculadas a su historia de uso y conservación. En Argentina, particularmente en las áreas en ladera, la situación relativa en términos de transformación y conservación permite ser moderadamente optimista en comparación con otros países andinos, donde se registran transformaciones sobre grandes espacios de bosques andinos yungueños incluso en sectores de alta pendiente. Sin embargo, no debemos tomar esta situación como algo invariable, ya que nuevos escenarios socio-políticos podrían suscitar cambios drásticos. Por ejemplo, problemas de abastecimiento energético derivados de la reducción del uso de gas natural podrían generar grandes necesidades de biomasa forestal como combustible y/o la habilitación de grandes superficies de bosque para el cultivo de biocombustibles. En este sentido, es muy importante la incorporación de las necesidades y demandas de uso y conservación del bosque en los planes de ordenamiento territorial, que sopesen los diversos intereses y expectativas de los diferentes actores sociales. En el noroeste de Argentina, los planes de ordenamiento territorial con respaldo legal representan una herramienta técnica y política importante, sabiendo a las claras que estos planes deben ser revisados y ajustados a medida que surjan demandas y necesidades en las sociedades que los implementan. En esa dirección, se está avanzando significativamente en la protección de importantes espacios en tierras privadas, que al momento representan una superficie similar a la protección pública de Yungas subtropicales.

En concreto, este trabajo muestra que, de la superficie original de Yungas subtropicales, a la fecha 31% ha sido transformado, 24% está protegido de algún modo y 45% permanece como bosque potencialmente sujeto a algún uso. Este panorama muestra que el camino andado ya es importante y propone importantes desafíos para el futuro. El modelo actual vigente, de conservación casi exclusiva en las áreas protegidas y poca regulación ambiental en los espacios externos, necesita ser revisado. Son momentos de cambio, tal vez más profundos de los que imaginamos, y como tales aún no han sido completamente entendidos e internalizados, y mucho menos implementados. Las próximas décadas mostrarán en la región una mayor intervención del Estado en los temas ambientales, con más participación y presión ciudadana. En este contexto, es importante alcanzar acuerdos sociales que se cimienten tanto en información técnica como en las expectativas de los actores intervinientes, promoviendo espacios de diálogo que se traduzcan en políticas públicas responsables. No sería de extrañar que el futuro nos plantee necesidades de usos más intensos de los sistemas silvestres y de los recursos naturales que albergan. Por ende, necesitamos visualizar e implementar una estrategia más creativa, holística y eficiente de conservación de la biodiversidad.

Para concluir, presentamos una lista de los desafíos que consideramos más importantes para la próxima década:

- Avanzar en una cuantificación detallada de la identidad y distribución de las especies vegetales y animales que albergan las Yungas, considerando aspectos ecológicos y biogeográficos.
- Implementar efectivamente las áreas protegidas existentes y en particular las de designación internacional, que por su mayor superficie relativa y el énfasis que ponen en el desarrollo sustentable y la participación social pueden ser modelos a seguir.
- Analizar la necesidad de proteger nuevos espacios de Yungas a lo largo de su distribución, particularmente en los "huecos" detectados, incorporando activamente los esfuerzos privados.
- Desarrollar una visión holística de uso y conservación de las Yungas en vinculación a las ecorregiones vecinas, particularmente el Chaco, atendiendo incluso los potenciales impactos del cambio climático.
- Integrar más profundamente las visiones y expectativas productivas y ambientales, generando equipos de trabajo interdisciplinarios e instancias de toma de decisión compartidas entre gobiernos, empresas, comunidades locales y organizaciones de la sociedad civil.
- Revisar periódicamente los ordenamientos territoriales provinciales e incorporar más profundamente las vinculaciones interprovinciales.
- Desarrollar más y mejores mecanismos de integración entre Bolivia y Argentina para alcanzar visiones y desarrollar acciones conjuntas para las Yungas subtropicales.

Referencias

- Anderson, R., Peterson, A., Gómez-Laverde, M. 2002. Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South America pocket mice. *Oikos* 98:3-16.
- Anderson, R., Lew, D., Peterson, A. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211-232.
- Arias, M., Bianchi, A. 1996. *Estadísticas climatológicas de la Provincia de Salta*. INTA, Salta, Argentina.
- Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21(1):136-147.
- Bhattarai, K.R., Vetaas, O.R. 2003. Species richness on a subtropical elevation gradient in Nepal. *Global Ecology and Biogeography* 12:327-340.
- Bianchi, A., Yáñez, C. 1992. *Las precipitaciones en el noroeste de Argentina*. (Segunda edición). INTA, Salta, Argentina.
- Blundo, C., Malizia, L.R., Blake, J.G., Brown, A.D. 2012. Tree species distribution in Andean forests: influence of regional and local factors. *Journal of Tropical Ecology* 28:83-95.
- Borchert, R., Riverra, G., Hagnauer, W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semideciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica* 34:27-39.
- Box, E. 1995. Factors determining distributions of tree species and plant functional types. *Vegetatio* 121:101-116.
- Brown, A.D. 1995. Fitogeografía y conservación de las selvas de montaña del noroeste de Argentina. En: Churchill, S.P., Balslev, H., Forero, E., Luteyn, J.L. (eds.). *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*, pp. 663-672, New York Botanical Garden, Nueva York, USA.
- Brown, A.D., Grau, A., Lomáscolo, T., Gasparri, N.I. 2002. Una estrategia de conservación para las selvas subtropicales de montaña (Yungas) de Argentina. *Ecotrópicos* 15:147-159.
- Brown, A.D., Grau, H.R., Malizia, L.R., Grau, A. 2001. Argentina. En: Kappelle, M., Brown, A.D. (eds.). *Bosques nublados del geotrópico*, pp. 623-659, Instituto Nacional de Biodiversidad, San José, Costa Rica.
- Brown, A.D., Kappelle, M. 2001. Introducción a los bosques nublados neotropicales. En: Kappelle, M., Brown, A.D. (eds.). *Bosques Nublados de Latinoamérica*, pp. 25-40, Editorial INBio, Costa Rica.
- Brown, A.D., Pacheco, S., Lomáscolo, T., Malizia, L.R. 2006. Situación ambiental de los Bosques Andinos Yungueños. En: Brown, A., Martínez Ortíz, U., Acerbi, M., Corcuera, J. (eds.). *La situación ambiental argentina 2005*, pp. 53-61, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- Cabrera, A. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Parodi, L.R. (ed.) *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, Tomo II, Fasc. I. (Segunda edición.) pp. 27, Editorial ACME SACI. Buenos Aires. Argentina
- Carpenter, C. 2005. The environmental control of plant species density on Himalayan elevation gradient. *Journal of Biogeography* 32:999-1018.
- Condit, R. 1998. Tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with others plots. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Di Bitteti, M.S., Albanesi, S., Fouget, M.J., Cuyckens, G.A.E., Brown, A.D. 2011. The Yungas Biosphere Reserve of Argentina: a hot spot of South American wild cats. *Cat News* 54:25-29.
- Digilio, A., Legname, P. 1966. Los árboles indígenas de la Provincia de Tucumán. *Opera Lilloana* 15:1-107.
- Demaio, P., Karlin, U.O., Medina, M. 2002. *Árboles nativos del Centro de Argentina*. L.O.L.A., Buenos Aires. Argentina.

- Elith, J., Burgman, M. 2002. Predictions and their validation: rare plants in the Central Highlands, Victoria, Australia. En: Scott, J., Heglund, P., Morrison, M., Haufler, J., Raphael, R., Wall, W., Samson, F. (eds.). *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*, pp 303-313, Island Press, Washington, DC., USA.
- Gasparri, N.I, Grau, H.R. 2006. Patrones regionales de deforestación en el subtropico argentino y su contexto ecológico y socioeconómico. En: Brown, A.D., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M., Corcuera, J. (eds.), *Situación Ambiental Argentina 2005*, pp 442-6, Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires, Argentina.
- Gentry, A. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographic gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75:1-34.
- Givnish, T.J. 1998. Adaptive plant evolution on islands: classical patterns, molecular data, new insights. En: Grant, P. (ed.), *Evolution on islands*, pp. 281-304, Oxford University Press, Oxford, UK.
- González-Espinosa, M., Meave, J.A., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Lorea-Hernández, F.G., Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* 21(1):36-52.
- Guisan, A., Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8:993-1009.
- Holben, B., 1986. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* 7:1417-1434.
- Hunzinger, H. 1997. Hydrology of montane forests in the Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. *Mountain Research and Development* 17: 299-308.
- Killeen, T., Garcia, E., Beck, S. 1993. *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia, La Paz.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. GTZ, Eschborn, Alemania.
- Legname, P. 1982. Árboles indígenas del noroeste argentino. *Opera Lilloana* 34:1-226.
- Lepš, S., Šmilauer, P. 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge.
- 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* 84:137-152.
- López, W., Duque, A. 2010. Patrones de diversidad alfa en tres fragmentos de bosques montanos en la región nortes de los Andes, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 58:483-498.
- Malizia, L.R. 2001. Seasonal fluctuations of birds, fruits and flowers in a subtropical forest of Argentina. *Condor* 103: 45-61.
- Malizia, L.R., Pacheco, S., Loiselle, B. A. 2009. Árboles de valor forestal en las Yungas de la Alta Cuenca del Río Bermejo. En: Brown A.D., Blendinger P.G., Lomáscolo T., García Bes, P. (eds.). *Selva Pedemontana de las Yungas: historia natural, ecología y manejo de un ecosistema en peligro*, pp. 105-120, Ediciones del Subtrópico, Fundación ProYungas. Tucumán, Argentina.
- Ojeda, R.A., Bárquez, R.M., Stadler, J., Brandl, R. 2008. Decline of mammal species diversity along the Yungas forest of Argentina. *Biotropica* 40:515-521.
- Pacheco, S., Malizia, L.R., Cayuela, L. 2010. Effects of climate change on subtropical forests of South America. *Tropical Conservation Science* 3:423-437.
- Parra, J., Graham, C., Freile, J. 2004. Evaluating alternative data sets for ecological niche models of birds in the Andes. *Ecography* 27:350-360.
- Peterson, A., Soberón, J., Sánchez-Cordero, V. 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285:1265-1267.

Prado, D., Gibbs, P. E. 1993. Patterns of species distribution in the Dry Seasonal Forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 902-927.

Rivera, G., Elliott, S., Caldas, L.S., Nicolossi, G., Coradin, V.T.R., Borchert, R. 2002. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in absence of rain. *Trees* 16: 445-456.

Sarmiento, G. 1972. Ecological and floristic convergences between seasonal plant formations of tropical and subtropical South America. *Journal of Ecology* 60: 367-410.

Scott, J.M., Heglund, P.J., Morrison, M.L., Haufler, J.B., Raphael, M.G., Wall, W.A., Samson, F.B. 2002. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*. Island Press, Washington, DC. USA.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2005. *Primer inventario nacional de bosques nativos*. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas BIRF 4085-AR 1998-2001 República Argentina. Informe Regional Selva Tucumano Boliviana. Disponible en: http://aplicaciones.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/STB/stb_informe_pinbn.pdf

ter Braak, C. J. F. 1990. Interpreting canonical correlation analysis through biplots of structural correlations and weights. *Psychometrika* 55:519-531.

Vazquez, J.A., Givnish, T.J. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan. *Journal of Ecology* 86: 999-1020.

Anexo 1

Lista de las 158 especies registradas en las 50 parcelas permanentes establecidas en el gradiente altitudinal de Yungas subtropicales de Argentina. Se detalla el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies por piso altitudinal y el código de la especie correspondiente a la **Figura 5**. La nomenclatura botánica se basó en The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>). Se indican las especies usadas en los modelos de distribución y entre paréntesis la altura para la cual fueron usadas.

Familia	Especie	Código Fig. 3	IVI				
			300	600	1100	1600	2100
Achatocarpaceae	<i>Achatocarpus praecox</i>	Acpr	106.0	91.5	10.1		
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i> (2100)	SANI		5.0	20.6	73.0	75.0
	<i>Viburnum seemenii</i>	WISE			30.2	90.8	71.1
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	Asur	33.6	89.1	20.7		
	<i>Loxopterygium grisebachii</i>			10.5			
	<i>Schinopsis lorentzii</i>		36.5				
	<i>Schinopsis marginata</i>			27.0			
	<i>Schinus gracilipes</i> (2100)					28.8	73.0
	<i>Schinus meyeri</i>					14.3	14.8
Annonaceae	<i>Rollinia emarginata</i>			5.0			
Apocynaceae	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>		34.4	5.3			
Aquifoliaceae	<i>Ilex argentina</i> (1600)	ILAR			20.6	115.9	59.4
Araliaceae	<i>Aralia soratensis</i>	Arso		56.7	50.4		
	<i>Oreopanax kuntzei</i>					59.2	14.4
Asparagaceae	<i>Cordyline spectabilis</i>					14.3	
Berberidaceae	<i>Berberis jobii</i>						57.9
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Alac				48.8	64.5
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Haim		84.4	10.2		
	<i>Handroanthus lapacho</i>	Hala		6.0	43.2	65.1	
	<i>Handroanthus ochraceus</i>			40.6	40.9		
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>			35.5			
	<i>Tecoma stans</i>				10.6		
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i> (600)	Coam		103.7	51.8		
	<i>Cordia saccellia</i>	Cosa	33.4	88.1	20.1		
	<i>Cordia trichotoma</i>	Cotr		79.6	82.0		
Cactaceae	<i>Cereus forbesii</i>			15.1			
Cannabaceae	<i>Celtis ehrenbergiana</i>		67.7				
	<i>Celtis iguanea</i>			25.3		14.4	
Capparaceae	<i>Capparis petiolaris</i>			26.2			
	<i>Capparis retusa</i>			5.0			
Cardiopteridaceae	<i>Citronella apogon</i>				10.4	58.4	28.8
Caricaceae	<i>Carica quercifolia</i>			5.0			
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i>				10.0		14.7
Combretaceae	<i>Terminalia triflora</i> (1100)	Tetr	34.9	81.8	105.7	60.8	14.3
Compositae	<i>Baccharis latifolia</i>						12.7
	<i>Cnicothamnus lorentzii</i>			5.0	10.0		
	<i>Eupatorium arachnoideum</i>				10.6	14.4	
	<i>Kaunia lasiophthalmum</i>				10.7	14.3	
	<i>Kaunia saltense</i>		5.0	10.1	71.7	43.3	
	<i>Tessaria integrifolia</i>			5.0			
Cunoniaceae	<i>Weinmannia boliviensis</i>			5.5			14.4
Cyatheaceae	<i>Alsophila odonelliana</i>				11.1	14.3	

Elaeocarpaceae	<i>Crinodendron tucumanum</i>			10.1	15.2	51.7	
	<i>Vallea stipularis</i>					15.1	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum argentinum</i>			25.4			
Escalloniaceae	<i>Escallonia millegrana</i>				28.8	14.4	
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscopus vitifolius</i>			30.5			
	<i>Croton piluliferus</i>	Crpi		36.2	88.8	15.0	
	<i>Jatropha hieronymi</i>			5.0			
	<i>Sapium haematospermum</i>		71.3		41.2		
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>			60.6	40.8	14.3	
Juglandaceae	<i>Juglans australis</i>	JUAU		53.2	95.0	29.5	
Lamiaceae	<i>Aegiphila saltensis</i>			20.2	29.0		
Lauraceae	<i>Cinnamomum porphyrium</i>	CIPO		21.0	91.5	76.9	14.3
	<i>Nectandra cuspidata</i>			5.8	54.2		
	<i>Ocotea puberula</i> (1100)	OCPU		88.2	96.0	14.3	
Leguminosae	<i>Acacia caven</i>						14.3
	<i>Acacia praecox</i>		100.9				
	<i>Amburana cearensis</i>			30.2			
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (600)	Anco	66.8	123.1	75.6		
	<i>Caesalpinia paraguariensis</i>		113.1	20.5			
	<i>Caesalpinia pluviosa</i>			10.3			
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>			30.6	30.2		
	<i>Erythrina falcata</i>				20.2	59.7	
	<i>Geoffraea decorticans</i>		39.2				
	<i>Gleditsia amorphoides</i>	Glam	69.1	94.0			
	<i>Inga edulis</i>			10.3	41.3		
	<i>Inga marginata</i>			15.7	44.8		
	<i>Inga saltensis</i>			5.2	20.7		
	<i>Lonchocarpus lilloi</i>	Loli		31.3	63.5		
	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Mype		92.6	72.0	14.3	
	<i>Parapiptadenia excelsa</i> (1100 y 1600)		37.2	97.1	107.5	112.8	14.3
	<i>Piptadenia viridiflora</i>			5.0			
	<i>Prosopis alba</i>		73.0				
	<i>Prosopis nigra</i>		68.6				
	<i>Pterogyne nitens</i>			5.2			
	<i>Senna spectabilis</i>			40.3	50.2		
	<i>Tipuana tipu</i>	Titi		48.3	44.8		
Malpighiaceae	<i>Ptilochaeta nudipes</i>			5.0			
Malvaceae	<i>Ceiba chodatii</i>	Cech	67.3	75.1	10.2		
	<i>Heliocarpus popayanensis</i>			15.3	61.4		
	<i>Luehea grandiflora</i>				50.7		
	<i>Pseudobombax argentinum</i>			45.9			
	<i>Tartaglia roseorum</i>			10.1			
Melastomataceae	<i>Miconia molybdea</i>			5.0	69.6		
Meliaceae	<i>Cedrela angustifolia</i> (2100)	Cean			41.3	96.7	77.0
	<i>Cedrela balansae</i> (600)	Ceba	34.9	100.4	61.2		
	<i>Trichilia clausenii</i>	TRCL		84.8	82.3		
Moraceae	<i>Ficus maroma</i>			11.2	22.3		
	<i>Maclura tinctoria</i>			35.9			
	<i>Morus insignis</i>				10.1	28.7	
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>			5.1			

Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (1600)	BLSA	25.8	78.8	123.3	29.7	
	<i>Eugenia hyemalis</i>				14.5		
	<i>Eugenia moraviana</i>		10.1				
	<i>Eugenia repanda</i>		5.0				
	<i>Eugenia uniflora</i>	EUUN	48.6	51.3			
	<i>Gomidesia barituensis</i>				31.6		
	<i>Myrcianthes callicoma</i>				14.7	14.3	
	<i>Myrcianthes mato</i>	MYMA			103.3	73.6	
	<i>Myrcianthes pseudomato</i>	MYPS		10.0	81.5	58.1	
	<i>Myrcianthes pungens</i>		97.0	72.9			
	<i>Paramyrciaria ciliolata</i>			71.1	14.3		
	<i>Siphoneugena occidentalis</i>			30.2	31.9		
	Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea stipitata</i>	Bost	104.3	30.2	21.4	14.4
<i>Pisonia zapallo</i> (1100)				82.1	95.3	43.7	
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i>		66.8				
Opiliaceae	<i>Agonandra excelsa</i>	AGEX	91.8	51.0			
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus acuminatus</i>			10.0			
Picrodendraceae	<i>Parodiodendron marginivillosum</i>		5.0				
Piperaceae	<i>Piper tucumanum</i>	PITU	45.9	82.2			
Podocarpaceae	<i>Podocarpus parlatoresi</i> (2100)	POPA			113.9	209.0	
Polygonaceae	<i>Coccoloba cordata</i>		20.1	10.0			
	<i>Coccoloba tiliacea</i>		40.6	40.9			
	<i>Ruprechtia apetala</i>	Ruap	104.5	79.4	31.9		
	<i>Ruprechtia laxiflora</i>		67.4	46.2	82.0	43.5	
	<i>Ruprechtia triflora</i>		115.9		62.2	45.2	14.5
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>				14.4		
	<i>Myrsine laetevirens</i>	MYLA	36.0	15.1	83.0	73.9	
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	Romo	5.0				
Rhamnaceae	<i>Condalia buxifolia</i>		35.1		14.3	57.4	
	<i>Rhamnus sphaerosperma</i>		5.0	20.4	58.2		
	<i>Scutia buxifolia</i>			91.8	51.0		
	<i>Ziziphus mistol</i>		111.6				
Rosaceae	<i>Prunus tucumanensis</i> (2100)	PRTU		72.3	90.5	104.8	
Rubiaceae	<i>Calycophyllum multiflorum</i> (600)	Camu		100.1			
	<i>Coutarea hexandra</i>			35.4	10.1		
	<i>Pogonopus tubulosus</i>	Potu		47.8	30.1		
	<i>Randia armata</i>				20.1	28.7	72.8
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i>			10.1	14.3		
	<i>Zanthoxylum coco</i>				58.1		
	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Zafa		40.3	20.1		
	<i>Zanthoxylum petiolare</i>		67.2	61.2	41.6		
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>			30.1	30.3		
Salicaceae	<i>Azara salicifolia</i>				14.4	14.3	
	<i>Casearia sylvestris</i>			15.2	10.0		
	<i>Salix humboldtiana</i>		33.5				
	<i>Xylosma longipetiolata</i>			15.3		57.9	28.8
	<i>Xylosma pubescens</i>			5.0	40.3		
Santalaceae	<i>Acanthosyris falcata</i>		33.5	15.1			
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (1100 y 1600)	ALED	46.1	103.4	118.9	14.4	
	<i>Athyana weinmanniifolia</i>			20.9			
	<i>Cupania vernalis</i>	CUVE	62.9	82.8	43.8		
	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	Diso	73.0	86.9	14.6		
	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	CHGO	64.0	79.1	14.3		
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i>			40.8	20.2	43.4	
	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>		67.0				

Solanaceae	<i>Solanum riparium</i>	SORI		76.4	92.2		
	<i>Solanum trichoneuron</i>			10.0	60.3	43.0	15.2
	<i>Vassobia breviflora</i>			25.3	40.9	57.7	14.3
Styraceaceae	<i>Styrax subargenteus</i>				11.1	29.7	
Ulmaceae	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (600)	Phrh	101.0	95.3	10.0		
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>					10.0	
	<i>Myriocarpa stipitata</i>			26.6	10.4		
	<i>Urera baccifera</i>	URBA		88.3	81.8		
	<i>Urera caracasana</i>	URCA		83.7	93.5		
Verbenaceae	<i>Citharexylum joergensenii</i>						14.8
	<i>Duranta serratifolia</i>					87.7	57.6

Anexo 2

Áreas protegidas de las Yungas subtropicales en Argentina y Bolivia (BN: bosque nublado; SP: selva pedemontana). N°: hace referencia al número en la Figura 1. SR: sin representación en la **Figura 1**.

N°	País	Designación/ Administración	Nombre	Superficie (km ²)	Ambiente
SR	Bol.	Nacional/ SERNAP-Chuquisaca	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño	2630	BN, SP
1	Bol.	Nacional/ SERNAP	Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquíá	2468	BN, SP
2	Bol.	Nacional/ SERNAP c/Municipios del Gran Chaco	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Aguara Güe	1083	BN, SP
3	Arg.	Provincial/Salta	Reserva Provincial de Usos Múltiples Acambuco	314	SP
4	Arg.	Provincial/Salta	Piarfón	87	SP
5	Arg.	Nacional/APN	Reserva Nacional El Nogalar de los Toldos	32	BN
6	Arg.	Nacional/APN	Parque Nacional Baritú	622	
7	Arg.	Provincial/Salta	Parque Provincial Laguna Pintascayo	155	SP
8	Arg.	Nacional/APN	Parque Nacional Calilegua	737	BN, SP
9	Arg.	Provincial/Jujuy c/ONG	Parque Provincial Potrero de Yala	17	BN
10	Arg.	Municipal/ Palpalá	Reserva Ecológica de Uso Múltiple Serranías del Zapla	371	BN, SP
11	Arg.	Provincial/Jujuy	Reserva Natural Provincial Las Lancitas	97	BN, SP, Chaco
12	Arg.	Nacional y Salta	Parque Nacional y Reserva Nacional Campo Pizarro	322	SP, Chaco
13	Arg.	Nacional/APN	Parque Nacional El Rey	419	BN, SP
14	Arg.	Provincial/ Tucumán	Reserva Natural Aguas Chiquitas	33	BN
15	Arg.	Nacional/UNT	Parque Sierra de San Javier	141	BN
16	Arg.	Provincial/ Tucumán	Parque Provincial Los Ñuñorcos	130	BN
17	Arg.	Provincial/ Tucumán	Reserva Provincial Los Sosa	12	BN
18	Arg.	Provincial/ Tucumán	Reserva Provincial Quebrada del Portugués	181	BN
19	Arg.	Provincial/ Tucumán	Reserva Forestal La Florida	175	BN, SP
SR	Arg.	Municipal/Yerba Buena c/ONG	Parque Percy Hill	0.01	SP
20	Arg.	Nacional/APN	Parque Nacional Campo de los Alisos	155	BN

21	Arg.	Provincial/ Tucumán	Reserva Provincial Santa Ana	195	BN
22	Arg.	Internacional/ Tucumán	Bosque Modelo Tucumán	1806	BN
23	Arg.	Internacional/ Salta y Jujuy	Reserva de Biosfera de las Yungas	13 489	BN, SP
SR	Arg.	Municipal/S. S. de Jujuy	Parque Botánico Barón C. M. Schuel	0.15	BN
SR	Arg.	Municipal/S. S. de Jujuy	Reserva Natural Municipal Río Xibi - Xibi	0.3	Ribereño
SR	Arg.	Provincial/ Tucumán	Parque Provincial Aconquija	5	BN
SR	Arg.	Provincial/ Tucumán	Parque Provincial Ibatín	1	Ribereño