

## Riqueza de plantas vasculares

Peter M. Jørgensen<sup>1,3</sup>, Carmen Ulloa<sup>1,4</sup> & Carla Maldonado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, MO 63166-0299, USA,

<sup>2</sup>Herbario Nacional de Bolivia, Cota Cota, calle 27 s/n, Casilla 10077 - Correo Central La Paz, Bolivia,  
email: carla\_bmg@yahoo.com

<sup>3</sup>email: peter.jorgensen@mobot.org Autor de correspondencia, <sup>4</sup>carmen.ulloa@mobot.org

### Abstract

Vascular plant diversity (excluding pteridophytes) was analyzed for the countries of Ecuador, Peru, and Bolivia from information available in TROPICOS. A total of 34,286 species were registered for the three countries, distributed in 256 families and 3,309 genera. Peru is the most diverse of the three countries. Orchidaceae, Asteraceae and Fabaceae were the three most diverse families of the region. *Piper*, *Peperomia* (Piperaceae), *Epidendrum*, *Pleurothallis* (Orchidaceae), *Solanum* (Solanaceae), and *Miconia* (Melastomataceae) among others, appear as the genera with the highest number of species in the region. A total of 2,864 species, 972 genera and 11 families are shared between the three countries, whereas two families were registered as unique for Ecuador, seven for Peru, and another two for Bolivia. A rarefaction analysis showed that Ecuador has a higher ratio of species per genus and fewer genera than expected by chance, supposedly more recent changes, whereas Bolivia has a lower ratio and more genera considered an older diversification.

**Key words:** Plant diversity, Ecuador, Peru, Bolivia, Rarefaction.

### Resumen

Se analizó la diversidad de plantas vasculares (excepto pteridófitos) en los países de Ecuador, Perú y Bolivia a partir de información registrada en TROPICOS. Se registró un total de 34.286 especies en los tres países, distribuidas en 256 familias y 3.309 géneros. Perú es el más diverso de los tres países en estudio. Orchidaceae, Asteraceae y Fabaceae fueron las tres familias más diversas de la región. *Piper*, *Peperomia* (Piperaceae), *Epidendrum*, *Pleurothallis* (Orchidaceae), *Solanum* (Solanaceae) y *Miconia* (Melastomataceae) entre otros, figuran entre los géneros con mayor número de especies en la región. Un total de 2.864 especies, 972 géneros y 11 familias resultaron compartidos entre los tres países, mientras que como únicas, se registraron dos familias para Ecuador, siete para Perú y otras dos para Bolivia. Un análisis de rarefacción mostró que Ecuador tiene una mayor proporción de especies por género y menos géneros que lo esperado –supuestamente por cambios más recientes– mientras que Bolivia tiene una menor relación y más géneros considerados como dentro una diversificación más antigua.

**Palabras claves:** Diversidad florística, Ecuador, Perú, Bolivia, Rarefacción.

### Introducción

Se estima que alrededor del 25% de la diversidad biológica a nivel mundial se encuentra en la región andina; los países que comprenden esta región son considerados como los más diversos y ricos en especies animales y vegetales del mundo (Mittermeir *et al.* 1997, Myers *et al.* 2000). La gran variabilidad ecológica de los países andinos se debe a la ubicación intertropical, combinada con la presencia de la Cordillera de los Andes que define un gradiente altitudinal y constituye una barrera importante que cruza todos los países y los divide en ámbitos ecológicos de gran variedad.

En el marco del contexto de este libro, este capítulo se limita a analizar la diversidad florística de los países de Ecuador, Perú y Bolivia. Ecuador cubre un área de 283.791 km<sup>2</sup>, Perú 1.286.262 km<sup>2</sup>

y Bolivia 1.099.470 km<sup>2</sup> (Population Reference Bureau 2005). Los países son similares en topografía. Ecuador se divide tradicionalmente en cuatro regiones naturales, las islas Galápagos, la costa, sierra y oriente (o Amazonía). Perú también puede dividirse en costa, sierra –incluyendo al Altiplano– y Amazonía, mientras que Bolivia presenta tres regiones: montañosa –que también incluye al Altiplano– las tierras bajas amazónicas y chaqueñas y finalmente las colinas precámbricas. La variación del clima y la topografía, combinada con factores edáficos y diferencias en historia geológica, crean una serie de hábitats, cada uno con elementos florísticos distintos. Este artículo resume nuestro conocimiento de la composición florística en esta área a gran escala, poniendo énfasis en las diferencias y similitudes a nivel de familias y géneros.

## Metodología

Para el análisis de la diversidad florística, se elaboró una base de datos de las especies de plantas vasculares para los países de Ecuador (sobre la base de Jørgensen & León-Yáñez 1999 y Ulloa Ulloa & Neill 2005), Perú (sobre la base de Brako & Zarucchi 1993 y Ulloa Ulloa *et al.* 2004) y Bolivia (Jørgensen *et al.* en preparación) a partir de una lista (exceptuando a pteridófitos) registrada en la base de datos TROPICOS del Missouri Botanical Garden. El análisis de diversidad se realizó a nivel de especie, de manera que uno o más taxones infraespecíficos se contaron como una especie. No se tomaron en cuenta a los híbridos ni especies introducidas o cultivadas. También se eliminaron a especies citadas en las referencias anteriores, cuyos nombres no concordaron con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Greuter *et al.* 2000). A pesar de que estas publicaciones han sido elaboradas bajo criterios similares y sobre la misma base de datos, ha habido una evolución en cuanto a la mejora de

la calidad de datos tanto taxonómicos así como de la identificación de los ejemplares. Por otro lado, la cantidad de colectas disponible para estos proyectos refleja en parte los diferentes niveles de exploración de estos países. Por ejemplo, para Ecuador se han registrado casi el doble de especímenes que para Perú y Bolivia, países tres veces más grandes.

Para todo el análisis hay que anotar que los datos de Bolivia son aún preliminares e incompletos. El sistema de clasificación de las angiospermas usado se basa en Stevens (2001), aunque hay géneros aun no incluidos dentro de esa clasificación para los cuales se mantuvo con la clasificación de Cronquist (1981, 1988).

Para hacer una evaluación del ritmo de descubrimiento de las especies presentes en el área usamos el año de publicación para cada especie. Si la especie en cuestión era una combinación, se tomó el año de publicación de su basiónimo y para nombres nuevos también se usó el año de publicación del nombre reemplazado. De esta manera, nuestro análisis se enfoca en el descubrimiento de las especies y no en los arreglos nomenclaturales posteriores.

Se estableció una matriz de datos con la presencia o ausencia de las especies en cada uno de los países del estudio, donde se pudo encontrar fácilmente taxones compartidos y únicos entre los tres países. Se usaron los programas Excel y Access para el análisis de los resultados. La rarefacción fue elaborada con el uso de EcoSim con 1.000 repeticiones (Gotelli & Entsminger 2001) y para los índices de similaridad se usó EstimateS (Colwell 2005). El índice de Sørensen se define como  $S_s = 2c / (a+b)$ , donde  $c$  = número de especies en común entre área A y B,  $a$  = número de especies encontradas en área A y  $b$  = número de especies encontradas en área B. El índice de Jaccard se define como  $S_j = c / (c+a+b)$ , donde  $a$  = número de especies en común entre área A y B,  $a$  = número de especies únicas en el área A y  $b$  = número de especies únicas en el área B.

## Antecedentes históricos

De las numerosas expediciones y proyectos botánicos que se han realizado en los Andes, algunos han marcado hitos en cuanto a descubrimientos de plantas nuevas para la ciencia. A continuación presentamos una reseña de los acontecimientos más sobresalientes en la historia de la botánica de esta región basada en Weberbauer (1945), Brako & Zarucchi (1993), Funk & Mori (1989) y Jørgensen & León-Yáñez (1999) (véanse también esas publicaciones para mayores detalles y referencias adicionales). La figura 1 presenta la relación entre el número de especies cumulativas y los años de publicación para los tres países con indicaciones de la influencia de las mayores publicaciones.

Probablemente el primer botánico que colectó plantas en el área de estudio con propósitos científicos fue el francés Joseph de Jussieu, quien llegó al Ecuador como miembro de la Expedición Geodésica Francesa entre 1735 y 1743. Jussieu prosiguió su trabajo por unos años en Bolivia y Perú, para luego permanecer en América del Sur hasta 1771. Hasta ese entonces, la documentación sobre plantas americanas había sido publicada dentro de las obras generales de Linnaeus (1753, 1759), Jacquin (1760) y Swartz (1788). En 1775, Aublet publicó la historia de las plantas de Guayana Francesa, siendo uno de los primeros libros exclusivos de plantas sudamericanas (Figura 1).

En 1777, el botánico español Hipólito Ruiz (1754–1816) se embarcaría en una de las expediciones botánicas más intensas ordenadas por el Rey Carlos III. Acompañado del botánico José Pavón, permaneció en Perú hasta 1784 y luego en Chile hasta 1788. De regreso a España, publicaron la *Florae Peruviana et Chilensis Prodrromus* (1794) con descripciones de los nuevos géneros descubiertos y entre 1798 y 1802 los tres tomos de la monumental *Flora Peruviana et Chilensis* con un sinnúmero de especies nuevas que claramente se refleja en la figura 1; las colecciones se encuentran en Madrid.

A principios del siglo XIX llegaron el célebre científico alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) y el botánico francés Aimé Bonpland (1773-1858). Estuvieron en el Ecuador (enero-julio 1802, enero-febrero 1803) y en Perú (agosto-diciembre 1802). Sus colecciones depositadas en París y Berlín condujeron a la publicación de numerosos taxones nuevos descritos por Carl Kunth en la obra *Nova Genera et Species Plantarum* (Humboldt *et al.* 1815-1825). Bonpland además compuso las *Plantae aequinoctiales* (Humboldt & Bonpland 1808-1809); véase el notorio incremento en este periodo en la figura 1.

Un poco más tarde, otra publicación que aumenta el número de especies es *Reliquiae Hankeanae* (Presl 1825-1835) con las especies nuevas recolectadas por el checo Tadeo Haenke (1761-1816) en la expedición alrededor del mundo (1789-1794) de Alejandro Malaspina. Las colecciones se encuentran en Praga (divididas entre PR y PRC). El alemán Eduard Friedrich Poeppig (1798-1868) fue un insaciable colector durante sus viajes en América entre 1822 y 1832. Llegó a la costa peruana en 1829 e inmediatamente se desplazó a la sierra, donde estuvo nueve meses. Al año siguiente, bajó por el Amazonas y llegó hasta Brasil. Las especies nuevas fueron descritas junto con S. Endlicher en tres tomos de *Nova genera ac species plantarum* (1835-1845). Las colecciones peruanas se encuentran depositadas en Viena (W).

El inglés Karl Theodor Hartweg (1812-1871) estuvo en Ecuador y Perú entre 1841 y 1842. Las descripciones de todas las especies que él descubrió las hizo George Bentham en *Plantae Hartwegianae* (1839-1857).

Hugh Wedell fue un notable botánico inglés quien estuvo en Bolivia y Perú entre 1845 y 1847, luego de vuelta en 1851. Su mayor contribución fue *Chloris andina* (1855-1857), que se podría considerar como la primera flora altoandina y una de las obras más importantes de la flora sudamericana. Sus colecciones se encuentran en París. La obra magna del alemán Carl F. P. von Martius y colaboradores en la *Flora Brasiliensis*

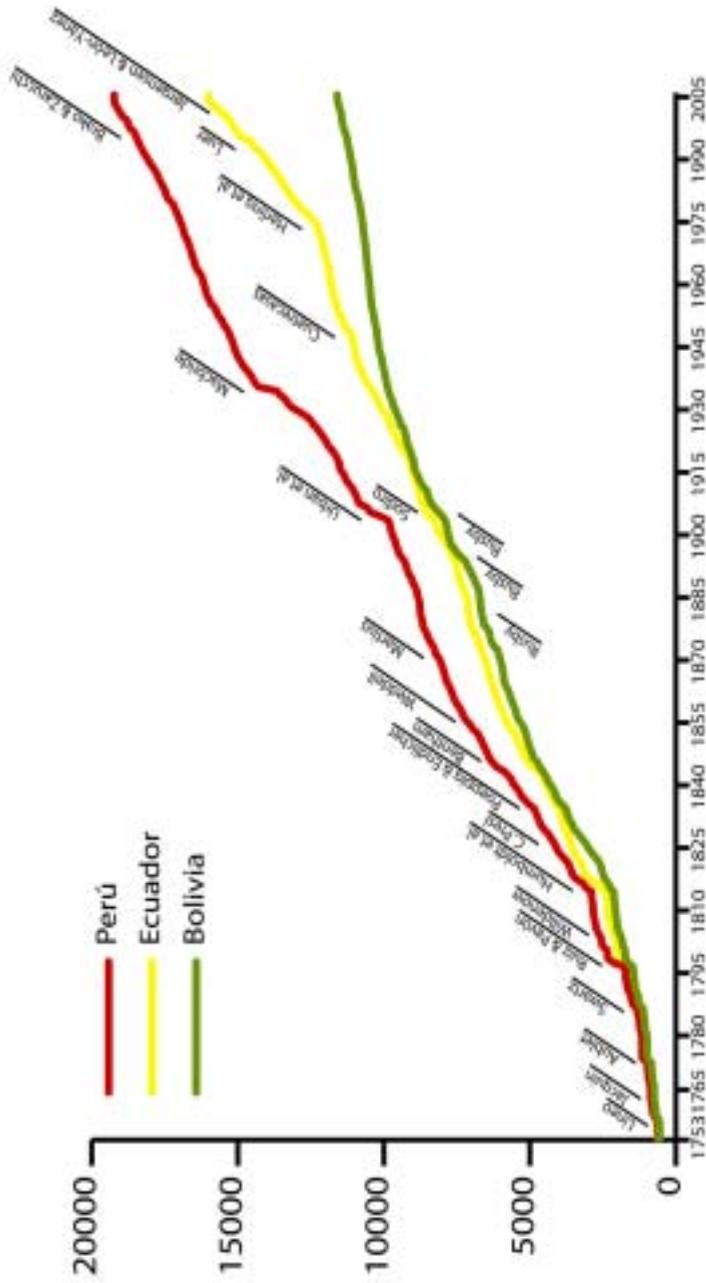


Fig. 1: Relación entre el número de especies acumuladas versus el año de publicación para los tres países del estudio. La influencia de las mayores publicaciones se indica en cada caso.

(1840-1906) tuvo gran impacto en cuanto a plantas descritas de la región con incrementos graduales a medida de la publicación de los tomos.

Un botánico de gran importancia para el conocimiento de la flora ecuatoriana es el sacerdote italiano Luis Sodiro (1836-1909), quien vivió en el Ecuador desde 1870 hasta su muerte. Su herbario privado en Quito (QPLS) contiene aproximadamente 20.000 colecciones. Él mismo describiría un sinnúmero de especies (Sodiro 1900-1906). Henry H. Rusby (1855-1940) colectó en Bolivia entre 1885-1887 y 1921-1922. De sus colecciones surgió un sinnúmero de especies nuevas descritas por él mismo (Rusby 1898-1902) y por otros botánicos, especialmente por Britton (1889-1893).

Durante el siglo XX, el aumento de descubrimientos de plantas dramáticamente siguió incrementándose. En el espacio limitado que se dispone aquí no es práctico mencionar a todos los botánicos nacionales e internacionales, quienes han jugado un papel en el descubrimiento de las especies y entendimiento de la flora de estos tres países, pero sí procederemos a sintetizar una lista seleccionada. A continuación se enfatiza en las publicaciones con un número considerable de nuevas especies que se refleja en la figura 1. En Perú este siglo se inicia con la llegada del inminente científico alemán August Weberbauer (1871-1948), quien residió en ese país desde 1908 hasta su muerte. Un sinnúmero de sus colecciones resultaron ser nuevas y fueron descritas por varios botánicos (Urban 1905-1908), escalando en forma abrupta el número de especies descubiertas en ese país (Figura 1). Lastimosamente sus colecciones, así como miles de importantísimos tipos, depositados en Berlín se perdieron mayormente en el incendio del herbario durante la segunda guerra mundial; si bien algunos duplicados se han encontrado en otras instituciones. Desde mediados del siglo, especialistas en familias diversas publicaron novedades andinas, como por ejemplo en Asteraceae (Cuatrecasas 1951, 1964), Melastomataceae (Wurdack 1967 a-b, 1972

a-c, 1981), Piperaceae (Trelease 1936) y en especial Orchidaceae (p.e. Luer 1981, 1996 a, b).

Otro salto vertiginoso para la documentación de la flora peruana es la producción de la monumental obra del estadounidense Francis MacBride - *Flora of Peru* - proyecto que fue realizado con varios colaboradores al cual le dedicó más de 30 años [1936-1971]. La urgencia de tener un listado completo de las plantas peruanas condujo a la publicación del *Catálogo de angiospermas y gimnospermas de Perú* (Brako & Zarucchi 1993), que reúne la información actualizada de la flora de ese país. El Libro Rojo de las plantas endémicas se publicará este año (León *et al.* en prensa).

En 1973 aparece el primer fascículo de la moderna *Flora of Ecuador*, proyecto impulsado por el sueco Gunnar Harling con la colaboración de especialistas de todo el mundo, que hoy en día lleva 77 fascículos publicados (Harling & Sparre 1973-1986, Harling & Andersson 1986-2006). El *Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador* (Jørgensen & León-Yáñez 1999) reúne por primera vez el conocimiento sintetizado completo de la flora de ese país tan diverso. La evaluación de las plantas endémicas de ese país se publicó en el 2000 (Valencia *et al.* 2000).

El número de especies y registros nuevos para Ecuador y Perú desde la publicación de sus respectivos catálogos sigue aumentando a paso acelerado (Ulloa Ulloa *et al.* 2004, Ulloa Ulloa & Neill 2005), en especial en orquídeas (Bennett & Christenson 2001, Hágsater 2001, 2004, Luer 2002, 2004).

La flora de Bolivia es la menos conocida de los tres países, pese a la visita de un gran número de botánicos. En 1907, Rusby publicó las plantas recolectadas por Miguel Bang (1853-1895), quién vivió en Bolivia desde 1883 hasta su muerte. Rusby lideró la expedición Mulford a la Amazonía boliviana entre 1921-1922 (Rusby 1927). En 1958 R. C. Foster publicó un listado que se usaría como una de las referencias más relevantes del siglo. La carencia de un listado actualizado de las plantas vasculares de Bolivia

sirvió de propuesta para emprender a partir del 2000 la preparación de un *Catálogo* moderno comparable al de los países vecinos y que está en preparación (Jørgensen *et al.* en prep.).

## Resultados y discusión

El número de especies encontradas en Ecuador, Perú y Bolivia es de 34.286 especies distribuidas en 256 familias y 3.309 géneros. El mayor número de especies (así como de familias y géneros) se ha registrado en Perú (19.232 especies), seguido de Ecuador (16.006) y finalmente Bolivia (11.598) (Tabla 1).

### Familias

Orchidaceae (con 5.027 especies), Asteraceae (3.155) y Fabaceae (1.771) son las familias que contienen más especies en la región (Tabla 2). Hay una ligera variación entre los países en cuanto al orden de las familias más ricas en especies. Es de esperar que la familia Orchidaceae resultará ser la más numerosa una vez completado el listado para Bolivia y su única competidora debería ser Asteraceae, familia que tiende a ser más diversa hacia el sur. Rubiaceae es más diversa en Ecuador (sobre todo si se toma en cuenta el área reducida del país), que en Perú y Bolivia y pierde su posición como la tercera más rica en especies. Al contrario, las Fabaceae y Poaceae aumentan en número de especies hacia el sur (Tabla 2). El número de especies por familia y por país demuestra la tendencia de tener más especies en Perú que en Ecuador, probablemente debido a un efecto del área y a un decremento hacia el sur en Bolivia, probablemente como consecuencias climáticas de su posición latitudinal.

La familia más diversa en Ecuador es Orchidaceae. Esta predominancia parece deberse principalmente a la intensidad de estudios realizados para esta familia en este país. Por otro lado, esta gran diversidad

representa a las condiciones climáticas y ambientales favorables existentes en los ecosistemas tropicales de Ecuador, mientras que, hacia el sur hacia donde comienzan a predominar ecosistemas andinos con climas más fríos y áridos se reduce la diversidad de familias como Orchidaceae, Rubiaceae, Melastomataceae, pero aumentan en otras como Asteraceae, Fabaceae y Poaceae. Para Ecuador, las diez familias más diversas contienen el 45% de los géneros y el 58% de las especies, para Perú los mismos porcentajes son 44% y 51%, para Bolivia 45% y 53%, mientras que para los tres países en total es 44% y 56%. Por otro lado, el 60%, 54%, 63% y 48% de las familias tienen menos que 20 especies en cada país y en total respectivamente.

### Géneros

La tendencia general en las familias más diversas, con excepción de Malvaceae y Orchidaceae, es que hay más géneros hacia el sur (Tabla 2). Si en lo general los géneros reflejan a la filogenia, esta observación podría estar correlacionada con la edad de los Andes (véase también rarefacción), los cuales son más antiguos en Bolivia que en Ecuador.

Las familias con mayor número de especies son también las familias con mayor número de géneros; excepciones a esta tendencia son Piperaceae con un número muy reducido de géneros y en menor grado Bromeliaceae y Araceae; buena parte de estas tres familias son epífitas. Las Malvaceae y Euphorbiaceae tienen un número relativamente elevado de géneros, mientras que a nivel de especies es ligeramente menor. Entre los géneros con mayor número de especies figuran *Piper*, *Peperomia* (Piperaceae), *Epidendrum*, *Pleurothallis* (Orchidaceae), *Solanum* (Solanaceae) y *Miconia* (Melastomataceae) entre otros (Tabla 3). El patrón de importancia para los géneros y entre los países es mucho más complejo. Varios géneros, como por ejemplo *Piper*, *Peperomia*, *Miconia*, *Solanum*, *Senecio*, *Psychotria*, *Lupinus* e

**Tabla 1:** Número de familias, géneros y especies registradas para Ecuador, Perú y Bolivia.

	Familias	Géneros	Especies
Bolivia	213	2.119	11.598
Ecuador	238	2.302	16.006
Perú	242	2.635	19.232
Los tres países	256	3.309	34.28

inclusive *Tillandsia*, tienen un máximo de riqueza en Perú y menor número de especies tanto en Ecuador (por área) y Bolivia (más seco y más al sur). Otros géneros, como por ejemplo las orquídeas *Epidendrum*, *Pleurothallis*, *Stelis*, *Masdevallia* y hasta cierto punto también *Lepanthes* muestran mayor número de especies en Ecuador menos en Perú y aún menos en Bolivia (aunque todavía la lista es incompleta para Bolivia). A este grupo de epífitas, se agrega también *Anthurium* que muestra un patrón similar (Tabla 3). Los porcentajes de géneros con menos de 20 especies son 94%, 93%, 95% y 89% para Ecuador, Perú, Bolivia y los tres países, respectivamente.

### Taxones compartidos y similaridad

En total se registraron 2.864 especies compartidas entre los tres países, 6.822 se encontraron en dos países y 24.600 en los tres países. A nivel genérico y de familias, los números fueron 972, 927 y 1410; 11, 33 y 202. En la figura 2 se ve claramente que hay gran similaridad a nivel de familias entre las floras de los países con valores de Jaccard por encima de 0.82 y de Sørensen por encima de 0.90. Los valores de géneros compartidos entre los países son de 1.480 (entre Ecuador y Bolivia), 1.675 (entre Bolivia y Perú) y 2.002 (entre Ecuador y Perú). Los valores de Jaccard y de Sørensen son entre 0.50-0.68, 0.67-0.81, respectivamente (Figura 2). Perú y Ecuador comparten 7.180 especies, Perú y Bolivia 4.886, mientras que Ecuador y Bolivia solamente 3.348. Los índices de similaridad se ven en la figura 2. Es notable

que la similaridad de especies sea mayor entre Ecuador y Perú que entre Perú y Bolivia y la similaridad disminuye según el nivel taxonómico.

### Familias únicas

En Ecuador solo dos familias se registraron como únicas (es decir que no se encuentran en Perú y Bolivia), estas son Goodeniaceae y Pellicieraceae ambas asociadas con manglares las cuales casi no existen en Perú ni en Bolivia. Para Perú, fueron registradas siete familias únicas, que son Anisophylleaceae, Goupiaceae, Lepidobotryaceae, Luzuriagaceae, Malesherbiaceae, Martyniaceae y Trigoniaceae. Malesherbiaceae es probablemente la única familia que es improbable encontrar en los otros países por su firme asociación con los desiertos costeros. Algunas de las otras familias se asocian con el centro de la Amazonía o con el noreste de América del Sur, por lo tanto probablemente no se encuentren en los otros países por su posición ligeramente más marginal. Otras familias son más ampliamente distribuidas y muy bien podrían crecer en uno u otro de los otros países. Finalmente para Bolivia solo dos fueron las familias únicas: Ixonanthaceae y Koeberliniaceae. La primera está asociada con el escudo brasileño del Precámbrico y es muy improbable encontrar en Perú o Ecuador. Koeberliniaceae es una familia disyunta entre el norte de México y Bolivia. Para cada país, el número de familias, géneros y especies únicas está reflejado en la tabla 4.

**Tabla 2:** Las 12 familias más importantes en Ecuador, Perú, Bolivia y total de los tres países con el número de géneros y de especies y su rango de diversidad entre paréntesis. \* **Familia incompleta en el listado de Bolivia; tiene un estimado de 1.200 especies en total.**

Familia	Ecuador		Perú		Bolivia		Los tres países	
	No. Géneros	No. Esp.	No. Géneros	No. Esp.	No. Géneros	No. Esp.	No. Géneros	No. Esp.
Orchidaceae	228 (1)	3.630 (1)	215 (2)	2.057 (1)	42 (9)*	399 (6)*	259 (2)	5027 (1)
Asteraceae	218 (2)	966 (2)	255 (1)	1.655 (2)	257 (1)	1377 (1)	347 (1)	3155 (2)
Fabaceae	126 (4)	601 (4)	148 (4)	1.024 (3)	173 (2)	961 (2)	207 (3)	1771 (3)
Poaceae	141 (3)	560 (6)	158 (3)	755 (6)	159 (3)	867 (3)	194 (4)	1405 (4)
Piperaceae	4 (91)	456 (8)	3 (105)	823 (4)	2 (111)	210 (13)	4 (108)	1260 (5)
Rubiaceae	88 (5)	658 (3)	108 (5)	822 (5)	90 (4)	432 (5)	119 (5)	1243 (6)
Melastomataceae	43 (10)	572 (5)	44 (11)	663 (7)	32 (12)	284 (10)	59 (11)	1115 (7)
Solanaceae	34 (12)	368 (10)	45 (10)	614 (8)	43 (7)	456 (4)	56 (12)	1099 (8)
Bromeliaceae	18 (27)	514 (7)	21 (27)	465 (9)	23 (22)	341 (7)	27 (30)	1060 (9)
Malvaceae	69 (6)	256 (12)	77 (6)	441 (10)	60 (5)	311 (9)	93 (6)	708 (10)
Araceae	26 (18)	443 (9)	30 (18)	283 (12)	30 (14)	149 (16)	37 (17)	636 (11)
Euphorbiaceae	43 (9)	221 (15)	53 (8)	285 (11)	50 (6)	335 (8)	64 (9)	577 (12)

**Tabla 3:** Los 15 géneros más ricos en especies con el número de especies y su rango de diversidad entre paréntesis. \* Estos géneros pertenecen a Orchidaceae una familia todavía incompleta en el listado de Bolivia.

Género	Ecuador	Perú	Bolivia	Los tres países
<i>Piper</i>	225 (9)	438 (1)	92 (8)	634 (1)
<i>Peperomia</i>	229 (8)	384 (2)	118 (4)	624 (2)
<i>Epidendrum</i>	443 (1)	251 (5)	3 (691)*	584 (3)
<i>Pleurothallis</i>	429 (2)	148 (11)	127 (3)*	553 (4)
<i>Solanum</i>	189 (11)	299 (3)	260 (1)	550 (5)
<i>Miconia</i>	243 (5)	299 (4)	135 (2)	488 (6)
<i>Stelis</i>	327 (3)	94 (14)	55 (21)*	406 (7)
<i>Lepanthes</i>	313 (4)	46 (57)	61 (16)*	399 (8)
<i>Masdevallia</i>	229 (7)	155 (10)	52 (25)*	385 (9)
<i>Anthurium</i>	236 (6)	93 (16)	39 (38)	296 (10)
<i>Tillandsia</i>	104 (15)	143 (12)	114 (5)	273 (11)
<i>Senecio</i>	11 (289)	199 (6)	113 (6)	273 (12)
<i>Maxillaria</i>	195 (10)	171 (8)	2 (887)*	273 (13)
<i>Psychotria</i>	136 (12)	173 (7)	83 (10)	237 (14)
<i>Lupinus</i>	22 (127)	171 (9)	53 (24)	221 (15)

Bolivia es el país más diverso con 374 géneros únicos registrados, le sigue Perú con 368 y finalmente Ecuador con 230. En Bolivia, las familias más representadas por géneros únicos son Asteraceae (con 58 géneros), Fabaceae (42) y Poaceae (24), hecho que no resulta sorprendente debido a que este país, ubicado más hacia el sur, es mucho más seco y distanciado latitudinalmente de la línea ecuatorial. Por otro lado, en Perú los 368 géneros únicos están representados principalmente por familias como Asteraceae (con 30 géneros), Orchidaceae (30) y Cactaceae (19). Finalmente, en Ecuador las familias más diversas representadas por los 230 géneros únicos registrados son: Orchidaceae (con 43 géneros), Asteraceae (con 22) y Poaceae (con 11).

### Rarefacción

El uso de la rarefacción permite hacer comparaciones sobre la diversidad de familias

y géneros entre los tres países, que es independiente a la comparación del número de especies o géneros presentes. A pesar de usar esta técnica, las diferencias entre las curvas no son muy marcadas, particularmente entre las relaciones familias-géneros y familias-especies. Esto significa que las diferencias de diversidad de familias y géneros entre los países son menores y que las conclusiones marcan leves tendencias e hipótesis que aun necesitan ser corroboradas.

La rarefacción de la relación entre el número de familias y géneros (Figura 3A) ilustra que Ecuador es el único país que se ubica por encima del 95% de nivel de confianza. Esto indica que Ecuador tiene menos géneros por familia que Perú y Bolivia. Los otros dos países se encuentran dentro las líneas de nivel de confianza del total de los tres países. Es decir, que el número de géneros y familias en Perú y Bolivia no es diferente de una composición al azar sacada de todas las familias y géneros.

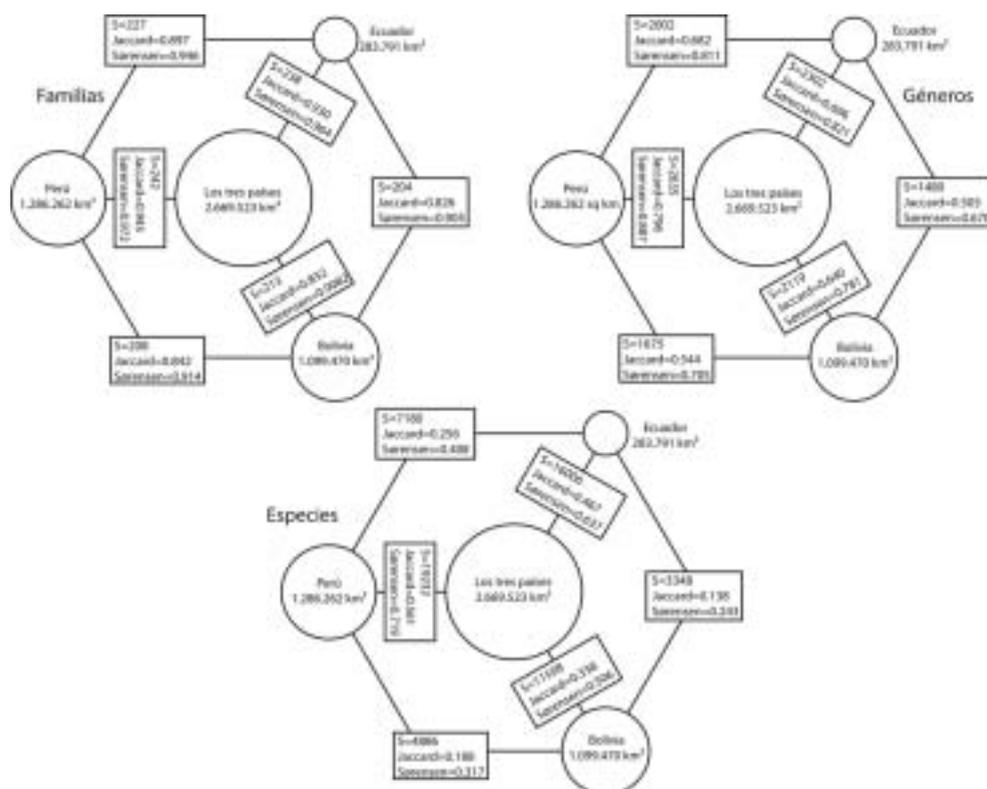


Fig. 2: Índice de similaridad entre Ecuador, Perú y Bolivia para familias, géneros y especies.

Las curvas de rarefacción de las relaciones entre número de géneros y especies (Figura 3C) indica que Ecuador tiene más especies por género que los otros países, siendo además el único país que difiere del patrón aleatorio. No es sorprendente este resultado con el alto número de géneros diversos, especialmente en las orquídeas.

Al comparar las familias y especies (Figura 3B), se puede anotar – si es que hay alguna tendencia – que Bolivia tiene familias más diversas que en los otros países. Es probable que esta tendencia sea real, aunque la lista de Bolivia está todavía incompleta y faltan algunas familias, pero para las familias faltantes también faltan sus especies.

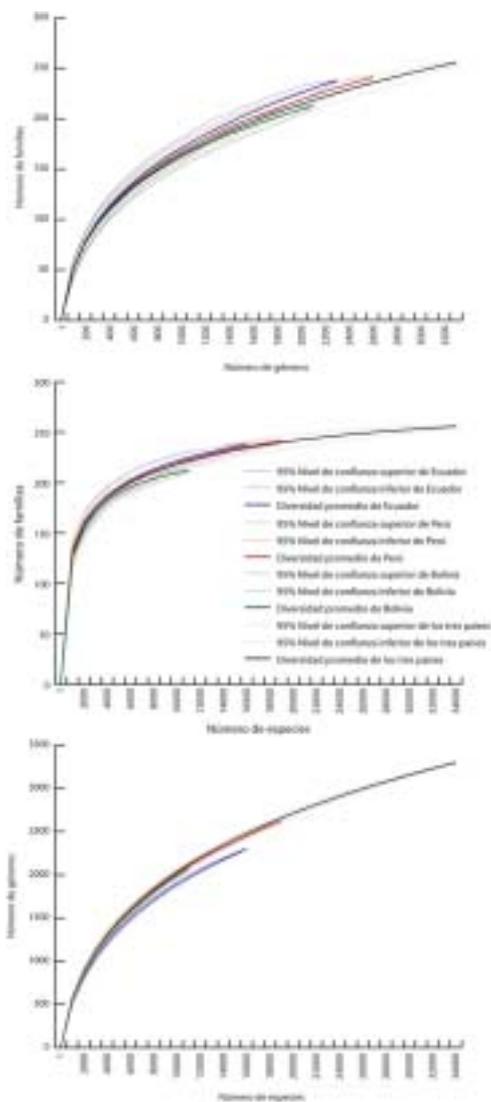
Viendo estos resultados en una forma evolutiva, parece ser que Ecuador experimentó un incremento de especies (sea por especiación,

inmigración o menor grado de extinción) más reciente que en Perú y Bolivia, cuando consideramos las relaciones entre familias-géneros y géneros-especies. Se podría pensar que esta diferencia se basa en la gran importancia que tienen los Andes para la diversidad y la edad de los mismos que es considerablemente más reciente en Ecuador que en Perú y Bolivia (Gregory-Wodzicki 2000). Por otro lado, Bolivia aunque contiene menos familias, éstas han logrado incrementarse en diversidad más a nivel genérico y de especies que en los otros países y parece ser un incremento de diversidad más antigua, debido al nivel taxonómico donde ha sido detectado.

Los inventarios recientes de la diversidad en la compleja región andina resaltan a ésta como una de las más diversas del Neotrópico (Brako & Zarucchi 1993, Jørgensen & León-Yáñez 1999,

**Tabla 4:** Número de familias, géneros y especies únicos para Ecuador, Perú y Bolivia.

	Familias	Géneros	Especies
Ecuador	2	230	8.342
Perú	7	368	10.030
Bolivia	2	374	6.228



**Fig. 3:** Curvas de rarefacción que comparan la diversidad de familias y géneros entre Ecuador, Perú y Bolivia.

Young *et al.* 2002, Ulloa Ulloa *et al.* 2004, Ulloa Ulloa & Neill 2005). Con más de 34.000 especies registradas para los tres países y buenas perspectivas existentes con la terminación del catálogo de Bolivia, este número ascendería hasta 36.000 ó 38.000 especies, confirmándose así la riqueza e importancia de esta área. Las familias más ricas de especies son comparables entre los países, el 54-63% de las familias tiene menos que 20 especies. Las diferencias aumentan cuando se observan niveles taxonómicos inferiores, como de géneros y especies. Parece que el epifitismo juega un papel más importante en Ecuador y Perú que en Bolivia. Más del 93% de los géneros tienen menos de 20 especies. La rarefacción de los datos indica que Ecuador tiene más especies en sus géneros, indicando cambios más recientes en diversidad, mientras Bolivia tiene más especies en sus familias lo que indica cambios de diversidad más antiguos.

### Agradecimientos

A Christopher y Sharon Davidson quienes financiaron la estadía de Carla Maldonado en el Missouri Botanical Garden, primordial para la redacción de esta contribución. A Iván Jiménez y Trisha Consiglio por ayuda y consejos sobre rarefacción y su ejecución e interpretación. A Robert Magill por su ayuda con la extracción de datos de TROPICOS.

### Referencias

- Aublet, F. 1775. Histoire des plantes de la Guiane Française. P. F. Didot jeune. París.
- Bennett, D. E. & J. R. Christenson. 2001. Icon. Orchid. Peruv. pl. 601-800.
- Bentham, G. 1839-1857. Plantae Hartwegianae-imprimis mexicanas adjectis nonnullis Grahamianis enumerat novasque describit. G. Pamplin, Londres.
- Brako, L & J. L. Zarucchi. 1993. Catalogue of the flowering plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden 45: 1- 1286.
- Britton, N. L. 1889-1893. An enumeration of the plants collected by Dr. H. H. Rusby in South America. Bull. Torrey Bot. Club. 16[1889]: 13-20, 61-64, 163-160, 189-192, 259-262, 324-327, 17[1890]: 9-12, 53-60, 91-94, 211-214, 281-284; 18[1891]: 35-38, 107-110, 261-264, 331-334; 19[1892]: 1-4, 148-151, 263-266, 371-374; 20[1893]:117-140.
- Colwell, R.K. 2005. *EstimateS*: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, Nueva York.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering Plants. New York Botanical Garden, Bronx, Nueva York.
- Cuatrecasas, J. 1951. Contributions to the flora of South America. Studies on Andean Compositae I. Plants III Field. Bot. Mus. Hist. Nat. Chicago 27(2):1-14.
- Cuatrecasas, J. 1964. *Gynoxys* (Compositae). Ciencia (Mexico) 23: 146-150.
- Foster, R. C. 1958. Catalogue of the ferns and flowering plants of Bolivia. Contrib. Gray Herb. 184: 1-223.
- Funk, V. A. & S. A. Mori. 1989. A bibliography of plant collectors in Bolivia. Smithson. Contrib.Bot. 70: 1-20.
- Gotelli, N.J. & G.L. Entsminger. 2001. EcoSim: null models software for ecology. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>
- Gregory-Wodzicki, K.M. 2000. Uplift history of the central and northern Andes: a review. Geological Society of America Bulletin 112(7): 1091-1105.
- Greuter W., J. McNeill, F. R. Barrie, H. M. Burdet, V. Demoulin, T. S. Filgueiras, D. H. Nicolson, P. C. Silva, J. E. Skog, P. Trehane, N. J. Turland & D. L. Hawksworth. 2000. International Code of Botanical Nomenclature (Saint Louis Code). Regnum Veg. 138: 1-474.
- Hágsater, E. 2001. The genus *Epidendrum*. Part 3. A third century of new species in *Epidendrum*. Icon. Orchid. (Mexico) 4: 401-500.
- Hágsater, E. 2004. The genus *Epidendrum*. Part 4. A fourth century of new species in *Epidendrum*. Icon. Orchid. 7: 701-800.

- Harling, G. & B. Sparre. 1973-1986. Flora of Ecuador vols. 1-24. Department of Systematic Botany, University of Göteborg & Section for Botany, Riksmuseum, Estocolmo.
- Harling, G. & L. Andersson. 1986-2006. Flora of Ecuador vols. 25-77. Department of Systematic Botany, University of Göteborg & Section for Botany, Riksmuseum, Estocolmo.
- Humboldt, F. W. H. A. von & A. J. A. Bonpland. 1808-1809. Plantes équinoxiales recueillies au Mexique: dans l'île de Cuba, dans les provinces de Caracas, de Cumana et de Barcelone, aux Andes de la Nouvelle Grenade, de Quito et du Pérou, et sur les bords du rio-Negro de Orénoque et de la rivière des Amazones. F. Schoell, Paris.
- Humboldt, F. W. H. A. von, A. J. A. Bonpland & K. S. Kunth. 1815-1825. Nova genera et species plantarum, vol. I-VII. Typographia D'Hautel, Paris.
- Jacquin, N. J. 1760. Enumeratio systematica plantarum: quas in insulis Caribaeis vicinaque Americae continente detexit nouas, aut iam cognitatas emendauit. Theodorum Haak, Leiden.
- Jørgensen, P.M. & S. León-Yáñez. (eds.). 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.
- León, B., J. Roque, C. Ulloa Ulloa, N. Pitman, P.M. Jørgensen & A. Cano (Eds.). 2006 (en prensa). Libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Revista Peruana de Biología, Ed. Especial. Lima.
- Linnaeus, C. 1753. Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas. Vol I-II. Laurentii Salvii, Estocolmo.
- Linnaeus, C. 1758-1759. Systema naturae per regna tria naturae: secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Laurentii Salvii, Estocolmo.
- Luer, C.A. (1981): Miscellaneous new species in the Pleurothallidinae (Orchidaceae). Selbyana 5: 389-396.
- Luer, C. A. 1996a. Icones Pleurothallidarum-XIV. The genus *Lepanthes* subgenus *Lepanthes* in Ecuador (Orchidaceae). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 61(3): 1-255.
- Luer, C. A. 1996b. New species of *Pleurothallis* (Orchidaceae) from Ecuador. Lindleyana 11: 141-197.
- Luer, C. A. 2002. Icones Pleurothallidarum XXIV. A first century of new species of *Stelis* of Ecuador. Part one. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 88: 1-86.
- Luer, C. A. 2004. Icones Pleurothallidarum XXVI - A second century of new species of *Stelis* of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 95: 115-200.
- Macbride, J. F. 1936-1971. Flora of Peru. Field Museum of Natural History, Botanical Series, vol.13. Chicago.
- Martius, C. F. P. von (et succ. eds.) 1840-1906. Flora brasiliensis. vols. 1-15. Munich, Viena, Leipzig.
- Mittermeier, R. A., C. G. Mittermeier. & P. Robles Gil. 1997. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. CEMEX, México, D.F.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature: 853-858.
- Poeppig, E. F. & I. L. Endlicher (1834-1845). Nova genera ac species plantarum, quas in regno Chilensi Peruviano et in terra Amazonica: annis MDCCCXXVII ad MDCCCXXXII. Leipzig.
- Population Reference Bureau 2005. <http://www.prb.org/> consultado, 1 Abril 2006.
- Presl, C. 1825-1835. Reliquiae Haenkeanae, Seu, Descriptiones Et Icones Plantarum: Quas In America Meridionali et Borealis in insulis Philippinis et Marianis collegit Thaddaeus Haenke, Praga.
- Ruiz, H. & J. Pavón. 1794. Florae Peruviane et Chilensis prodromus, sive, Novorum generum plantarum Peruvianarum et Chilensium descriptiones, et icones. Madrid.
- Ruiz, H. & J. Pavón. 1798-1802. Flora Peruviana, et Chilensis, sive, Descriptiones, et icones plantarum Peruvianarum, et Chilensium, secundum systema Linnaeanum digestae, cum characteribus plurimum generum vulgatorum reformatis. Tomus I-III. Madrid.
- Rusby, H. H. 1888-1902. An enumeration of the plants collected by Dr. H. H. Rusby in South America 1885-1886. Bull. Torrey Bot. Club.

- 15[1888]: 177-184; 25[1898]: 495-500, 542-545; 26[1899]: 145-152, 189-200; 27[1900]: 22-31, 69-84, 124-137; 28[1901]: 301-313; 29[1902]: 694-704].
- Rusby, H. H., 1907. An enumeration of the plants collected by Miguel Bang, IV. Bull. New York Bot. Gard. 4: 309-470.
- Rusby, H. H. 1927. Descriptions of new genera and species of plants collected on the Mulford Biological Exploration of the Amazon valley, 1921-1922. Mem. New York Bot. Gard 7: 205-287.
- Rusby, H. H. 1907. An enumeration of the plants collected in Bolivia by Miguel Bang. Bull. New York Bot. Gard. 4: 309-470.
- Sodirol, L. 1901. Anturios ecuatorianos: Diagnoses previas. Anales de la Universidad Central del Ecuador 15: 1-18.
- Sodirol, L. 1902-1903. Anturios ecuatorianos. Anales de la Universidad Central del Ecuador 15: 291-306, 379-394, 457-472, 16: 1-16, 89-108, 189-204, 267-282, 427-442, 17: 1-16, 79-94, 155-170, 249-264, 337-344, 441-472.
- Sodirol, L. 1903. Anturios ecuatorianos. Monografía II. Contribuciones de la flora ecuatoriana. i-xxxii, 1-231, 1-7 (Adiciones), pl. 1-28. Universidad Central, Quito.
- Sodirol, L. 1905a. Suplemento I. Anturios ecuatorianos. Monografía II. Contribuciones al conocimiento de la flora ecuatoriana. i-iii, 4-100 [101-112], pl. A, i-x. Universidad Central, Quito.
- Sodirol, L. 1905b. Suplemento I. Anturios ecuatorianos. Anales de la Universidad Central del Ecuador 19: 265-296, 307-338, 20: 1-32, 91-98, 99-104.
- Sodirol, L. 1906. Suplemento II. Anturios ecuatorianos. Anales de la Universidad Central del Ecuador 22: 20-39.
- Stevens, P. F. (2001 en adelante). Angiosperm phylogeny website. Version 6, May 2005. <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html>
- Swartz, O. 1788. Nova genera & species plantarum, seu, Prodromus descriptionum vegetabilium: maximam partem incognitorum quæ sub itinere in Indiam Occidentalem annis 1783-87. Estocolmo.
- Trelease, W. 1936. Piperaceae. en Fl. Peru. Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 13(2): 3-253.
- Ulloa Ulloa, C., J. L. Zarucchi & B. León. 2004. Diez años de adiciones a la flora del Perú: 1993-2003. Arnaldoa Edición Especial Nov. 2004: 1-242.
- Ulloa Ulloa, C. & D. A. Neill. 2005. Cinco años de adiciones a la flora del Ecuador: 1999-2004. Editorial Universidad Técnica Particular de Loja, Loja. 75 p.
- Urban, I. (ed.). 1905. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-I. Bot. Jahrb. Syst. 37: 1-462.
- Urban, I. (ed.). 1906. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-II. Bot. Jahrb. Syst. 37: 503-646.
- Urban, I. (ed.). 1907. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-III. Bot. Jahrb. Syst. 39: 227-239.
- Urban, I. (ed.). 1908. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-IV. Bot. Jahrb. Syst. 42: 49-177.
- Urban, I. (ed.). 1911. Plantae novae andinae imprimis Weberbauerianae-V. Bot. Jahrb. Syst. 45: 433-470.
- Valencia, R., N. Pitman, S. León-Yáñez & P. M. Jørgensen (eds.). 2000. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. 489 p.
- Weberbauer, A. 1945. El mundo vegetal de los Andes peruanos. Ministerio de Agricultura, Lima. 776 p.
- Weddell, H. A. 1855. Chloris Andina. 1: 1-231. P. Bertrand, Libraire-Éditeur, Paris.
- Wurdack, J. J. 1967a. Certamen Melastomataceis XI. Phytologia 14(5): 257-274
- Wurdack, J. J. 1967b. Plants collected in Ecuador by W. H. Camp. Melastomataceae. Mem. New York Bot. Gard. 16: 1-45.
- Wurdack, J. J. 1972a. Certamen Melastomataceis XVIII. Phytologia 22(5): 399-418.
- Wurdack, J. J. 1972b. Certamen Melastomataceis XX. Phytologia 24(3): 195-208.
- Wurdack, J. J. 1972c. Certamen Melastomataceis XIX. Phytologia 23(5): 474-502.
- Wurdack, J. J. 1981. Certamen Melastomataceis XXXII. Phytologia 48(3): 238-254
- Young, K., C. Ulloa Ulloa, J. L. Luteyn & S. Knapp (eds.). 2002. Plant evolution and endemism in Andean South America. Bot. Rev. 68(1): 1-188.