

Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador

Tree structure of the secondary forest at the Pindo Mirador Biological Station, Pastaza, Ecuador

Christopher O. Paredes Ulloa

Programa de Doctorado en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, calle Martí final, ciudad de Pinar del Río, CUBA; CP 20100; tel.: 53 4877 9661

ORCID: 0000-0002-2087-5694
chris9engineer@gmail.com

Jorge Ferro Díaz

Jorge Ferro-Díaz, Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales ECOVIDA, Departamento Investigaciones, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, km 2.5 carretera a Luis Lazo, ciudad Pinar del Río, CUBA; CP 20300

ORCID: 0000-0001-8101-7442

Pablo Lozano Carpio

Universidad Estatal Amazónica, Centro de Investigación y Postgrado para la Conservación Amazónica, Puyo, provincia Pastaza, ECUADOR

ORCID: 0000-0003-0857-8141

Resumen

Los bosques siempreverde piemontanos de la Estación Biológica Pindo Mirador, provincia Pastaza, Ecuador, han sido pobremente estudiados, proponiéndose con la investigación, caracterizar la estructura arbórea del bosque siempreverde piemontano secundario en un sector del área forestal de ésta, aportando información para las acciones de protección que se desarrollan. Se establecieron 4 parcelas de 0,1 ha que cubren un área de muestreo de 0,4 ha; fueron medidos todos los árboles con $D_{1,30}$ del suelo ≥ 10 cm, determinándose además su altura absoluta; con los registros se establecieron cuatro clases diamétricas y similar cantidad de rangos de altura. Las abundancias por especies y parcelas, clases diamétricas y rangos de altura fueron analizados para extraer sus estadísticos descriptivos, y mediante comparaciones no paramétricas establecer diferencias entre ellos. Se evaluó la contribución de especies a la estructura del bosque mediante la determinación de Índices de diversidad estructural, incluyendo el Índice de Valor de Importancia (IVI) de cada una. Los resultados muestran una riqueza de 49 especies pertenecientes a 36 géneros de 27 familias, donde predominan árboles con diámetros entre 10 y 20 cm de diámetro y alturas entre 8 y 20 m. Se concluye que es un bosque heterogéneo típico de la transición andino-amazónica, de baja riqueza de especies, cuya estructura vertical del vuelo dominante es del piso medio o subdosel, medianamente denso, dominado por las especies *Hyeronima oblonga* y *Piptocoma discolor*, las que tienen la mayor incidencia en su estructura.

Palabras Claves. bosque siempreverde piemontano, dasometría, estructura horizontal, estructura vertical, índices de diversidad, Índice de Valor de Importancia de especies,

Abstract

The evergreen piedmont forests of the Biological Station Pindo Mirador, province of Pastaza, Ecuador, have been poorly studied, proposing with the research, to characterize the tree structure of the secondary piedmont evergreen forest in a sector of the forest area of the Station, providing information for the protection actions that are developed. Four plots of 0,1 ha were established covering a sampling area of 0,4 ha; all trees with $D_{1,30}$ from the soil ≥ 10 cm were measured, determining their absolute height, and four diametric classes and similar number of height ranges were established with the records. Species and plot abundances, diametric classes and height ranges were analyzed to extract their descriptive statistics, and by non-parametric comparisons to establish differences between them. The contribution of species to the forest structure was assessed by determining Structural Diversity Indexes, including the Importance Value Index (IVI) for each. The results show a richness of 49 species belonging to 36 genera of 27 families, where trees with diameters between 10 and 20 cm and heights between 8 and 20 m predominate. It is concluded that it is a heterogeneous forest typical of the Andean-Amazon transition, of low species richness, whose vertical structure of the dominant flight is of the medium floor or subcanopy, medium dense, dominated by the species oblong *Hyeronima oblonga* and *Piptocoma discolor*, which have the biggest influence on the forest structure.

Keywords. piedmont evergreen forest, dasometry, horizontal structure, vertical structure, diversity indexes, species importance value index

Citación: Paredes, C.; J. Ferro & P. Lozano. 2020. Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador.

Arnaldoa 27 (2): 535-552 2020. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27206>

Introducción

Los bosques se consideran un arma natural contra el calentamiento mundial debido a su capacidad para mitigar el cambio climático y adaptarse a éste reduciendo las emisiones de carbono ocasionadas por la deforestación y la degradación forestal (FAO, 2018); estas afectaciones a la cobertura de bosques, a pequeña y gran escala, ya sea para extracción de madera o leña, o para el cambio de uso del suelo, han sido consideradas como las causas de mayor impacto en la conservación de biodiversidad en el Ecuador (León-Yáñez *et al.*, 2011).

Según reporta el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015), entre 2008 y 2012 la tasa de deforestación en el país fue de 65 880 ha/año; la fuente citada refiere que dicha tasa es inferior a la que se había determinado para el período 2000 a 2008, lo cual fue resultado de varios factores, destacando entre ellos, la consolidación de los derechos de propiedad de las áreas forestales remanentes más importantes.

Una de las estrategias implementadas por Ecuador para conservar áreas forestales importantes ha sido la declaración de Bosques Protectores, categoría establecida en la Ley Forestal de 2001 (Aguirre, 2018), los que según el citado autor, por ejemplo en la región sur suman 20 con un área total de 316 026 ha.

El área forestal que ocupa hoy la Estación Biológica Pindo Mirador en la provincia de Pastaza fue adquirida en el año 2001, mediante acción legal de compra-venta, por el Consejo Provincial del Gobierno Autónomo Descentralizado (Notaría del Cantón Mera, 2001) con el propósito de conservar el ecosistema forestal que protege la captación de aguas de la cuenca del Río Pindo Grande, sector

Pindo Mirado. Para lograr ello, desde su creación se han implementado varias acciones que favorecen la conservación, destacando el fomento de la investigación científica (Luzuriaga *et al.*, 2017).

Aún esta área no cuenta con una declaratoria oficial de Bosque Protector, no obstante se han dado pasos para lograrlo, en lo que destaca la aplicación de una propuesta de zonificación funcional mediante la cual se ejecuta actualmente el manejo del bosque perteneciente a la Estación (GADP PASTAZA, 2016); la mayor extensión (210,5 ha) posee, según dicha zonificación, la categoría de Zona de Protección Permanente, la que se corresponde con el bosque primario (Luzuriaga, 2011), y 49,81 ha categorizado como Zona de Bosque Nativo, que constituyen, según la última autora citada, el área de bosque secundario; éstos representan un estado de recuperación del ecosistema posterior a las intensas extracciones madereras que ocurrieron en la segunda mitad del siglo XX, por parte de la población local, tras la apertura de carreteras y vías ligadas a las prospecciones petroleras (Luzuriaga *et al.*, 2017).

Reconociendo la importancia de los bosques secundarios, y el interés creciente que se muestra hacia su gestión sostenible, la Estrategia para Implementar las Recomendaciones de la Propuesta de Pucallpa sobre el Desarrollo Sostenible del Bosque Secundario de la Región Amazónica (Secretaría Pro Témpace del Tratado de Cooperación Amazónica, 1999) reconoce que se requiere realizar investigaciones científicas básicas orientadas principalmente al conocimiento de la dinámica de los bosques y estadios sucesionales, proponiendo acciones que permitan diseñar e implementar adecuadas tecnologías de manejo sobre bases ecológicas.

En la Estación Biológica Pindo Mirador fueron desarrollados estudios conducidos por la Universidad Tecnológica Equinoccial del Ecuador, los que tuvieron lugar hace ya más de 10 años, caracterizando sectores y componentes del ecosistema presente, y en particular sobre el bosque secundario fueron realizados inventarios y otras descripciones, principalmente en el sector de la Laguna Pindo, cubriendo un área reducida de muestreo (Luzuriaga, 2014).

Teniendo en cuenta los elementos expuestos, con la presente investigación se propuso como objetivo, caracterizar la estructura arbórea del bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador,

aportando información actualizada que apoye las acciones de conservación que en ella se desarrollan.

Materiales y métodos

Área de estudio: La Estación Biológica Pindo Mirador (EBPM) tiene un área de aproximadamente 300 ha, ubicadas en el cantón Mera de la Provincia Pastaza, Ecuador, entre los 1150 - 1300 m.s.n.m; el clima es mesotérmico, perhúmedo y de permanente lluvia durante todo el año (4500 litros/año), con temperaturas medias constantes de 20°C-25°C y humedad del 88 % (GADP PASTAZA, 2016).

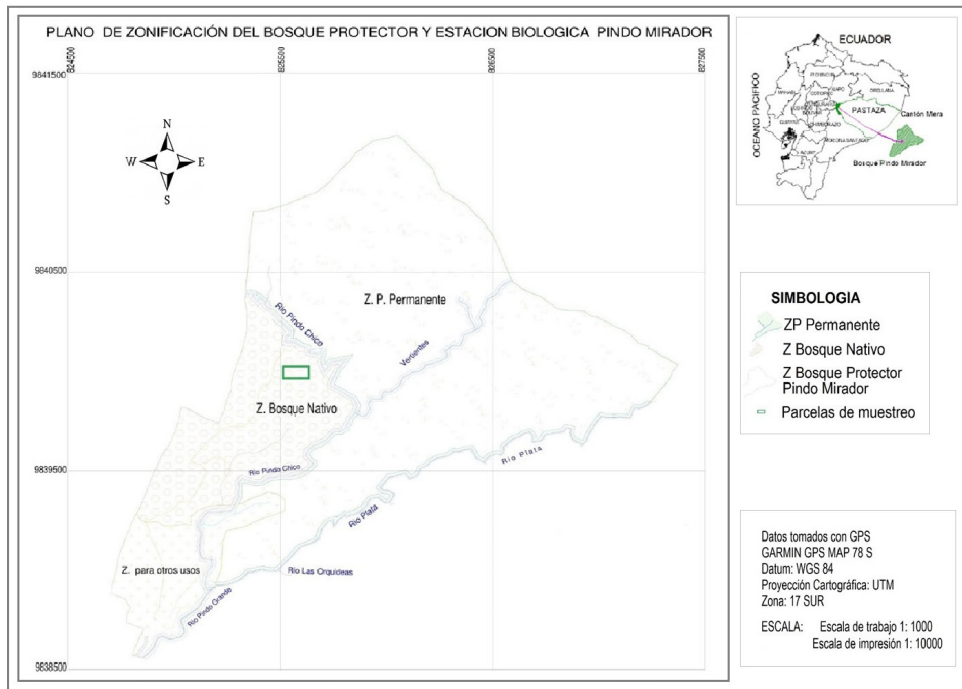


Fig. 1. Ubicación de las parcelas de muestreo del bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador.

El territorio se ubica en el sector biogeográfico Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, donde se presenta el ecosistema de bosque siempreverde piemontano (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013); pertenece hidrográficamente a la Cuenca del Río Pastaza, y la microcuenca de los ríos Pindo Grande y su afluente el Río Plata.

El bosque secundario ocupa el área que en la zonificación funcional ha sido denominada como Zona de Bosque Nativo (Luzuriaga, 2011). El sector donde se aplicó el muestreo dentro de este estadio sucesional se ubica entre las alturas 1208 m.s.n.m. (coordenadas S1°26'42.11301" y W78°4'31.76349") y 1292 m.s.n.m. (coordenadas S1°26'45.81462" y W78°4'31.4906").

En el área predomina el suelo limo arcilloso color negro, con un espesor variable entre 5 y 10 cm y contenido variable de materia orgánica, con relieve irregular y escarpado en diferentes secciones; el clima ha sido definido como mesotérmico, perhúmedo y de permanente lluvia durante todo el año, con precipitaciones medias anuales de 4500 m³ (GADP PASTAZA, 2016).

Unidad de muestra (*n*): 0,1 ha (20 X 50 m) siguiendo a González-Oliva *et al.* (2017).

Tamaño de muestra (N): 4 parcelas de 0,1 ha (0,4 ha) que representa el 9% del área total que ocupa este estadio sucesional. El tamaño de muestra responde a las dificultades para su aplicación, principalmente por la irregularidad del relieve para el emplazamiento de las unidades muestrales y las intensas lluvias en la etapa disponible según el permiso de acceso.

Diseño de muestreo: sistemático, con separación irregular entre parcelas, según las variaciones del terreno, siempre entre 70 y 100 m; la orientación no siguió la pendiente sino la consecución de condiciones homogéneas de variación en pendiente para cada 0.1 ha.

Mediciones de campo: La determinación de especies se hizo directamente en el campo; las que no fue posible determinar en la propia área, se le tomaron muestras o fotografías de las estructuras claves, trasladándose a condiciones de colección para ser contrastadas y precisar su determinación con el apoyo de literatura especializada (Gentry, 1993; Vásquez & Rojas, 2003; y Pennington *et al.*, 2004), y expertos del Herbario de CIPCA de la Universidad Estatal Amazónica.

Fueron medidos los diámetros del tronco de todos los individuos (incluyendo los muertos en pie, a los que se les registró con la categoría de Secos) que a la altura de 1.30 m del suelo ($D_{1.30}$) tuvieran 10 cm o más, siguiendo a Lozano *et al.* 2013; para esto se utilizó una forcípula. Considerando los criterios de Patiño *et al.* 2015, todo árbol cuya base se encontró sobre el borde de la parcela fue tomado en cuenta siempre que la mitad o más del área basal estuviera dentro de la misma.

A cada individuo también se le midió su altura absoluta (*h*), utilizando un Clinómetro Suunto; en los casos en que la densidad del dosel no permitió su medición directa, se ascendió al árbol, guiando hasta las ramas de la copa una cinta métrica de 50 m.

Análisis: De la lista de especies determinadas, se identificaron las endémicas utilizando el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jorgensen & León 1999), y

aquellas que poseen categoría de amenaza asignada, por la Lista Roja de la Flora Ecuatoriana (León-Yanes *et al.*, 2019). Según la frecuencia observada de especies más los árboles muertos (Secos) por parcelas se concedieron categorías de Clases, y con ellas se confeccionó un histograma de presencia; las Clases establecidas fueron:

- Clase IV: presentes en las cuatro parcelas
- Clase III: presentes en tres parcelas
- Clase II: presentes en dos parcelas
- Clase I: presentes en una sola parcelas (raras)

Al evaluar la estructura horizontal se determinaron los valores de abundancia, dominancia, y frecuencia relativa de cada especie y con ello se calculó el Índice de Valor de Importancia de Especies (IVIE) siguiendo a Curtis & Macintosh (1951).

Como parte de la estructura horizontal se determinó la densidad (indiv/ha) y el área basal (G) en m² y en porcentaje, por especies, acorde a los criterios de Patiño *et al.* (2015), realizando además un análisis de la estructura por clases diamétricas, estableciéndose cuatro intervalos:

- Clase diamétrica 1 (CD1): 10,0 a 19,9 cm
- Clase diamétrica 2 (CD2): 20,0 a 29,9 cm
- Clase diamétrica 3 (CD3): 30,0 a 39,9 cm
- Clase diamétrica 4 (CD4): $\geq 40,0$ cm

Los registros individuales de altura de cada árbol censado en las parcelas fueron agrupados en cuatro rangos, a saber:

Rango de altura 1 (RH1): 2,00 a 7,99 m

Rango de altura 2 (RH2): 8,00 a 13,99 m

Rango de altura 3 (RH3): 14,00 a 19,99 m

Rango de altura 4 (RH4): 20,00 a 25,99 m

Mediante el programa estadístico PAST versión 3.01 (Hammer *et al.*, 2001) se realizó la determinación de índices de diversidad para el análisis estructural de la masa forestal, a saber diversidad de especies, dominancia de especies y uniformidad de especies, según criterios de Del Río *et al.* (2003), determinando la heterogeneidad mediante el índice de Shannon (H); la dominancia mediante el índice de Simpson (1-D) y la equitatividad mediante el Índice de uniformidad (Ev_e^H/S). Estos análisis permitieron evaluar la diversidad estructural del sector del bosque al que se corresponde el muestreo como aspecto clave para la caracterización realizada.

También se estimó el número de especies que se esperarían en la comunidad arbórea del área de estudio a partir de la riqueza observada por parcela mediante el índice de Chao2 (S_{Chao2}), para lo cual se siguen los criterios de Escalante (2003); considerando las limitaciones del tamaño de muestra, este análisis permitió obtener un criterio valorativo de diversidad arbórea estimada respecto a la observada en el muestreo.

Dada la variabilidad observada de registros de abundancia de los arbóreos medidos en las parcelas, se realizó una transformación de los datos para su estandarización, mediante la raíz cuadrada, a partir de lo cual se valoraron sus estadísticos descriptivos y representación gráfica. Para evaluar si es posible detectar alguna diferenciación significativa o no de los registros de abundancia de arbóreos por cada una de las clases diamétricas establecidas, se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la mediana por clases, cuyos resultados podrían apoyar el análisis de la estructura horizontal del bosque.

Resultados

Caracterización de variables de la estructura arbórea

Composición de especies: Fueron identificadas 49 especies de árboles pertenecientes a 36 géneros de 27 familias (Tabla 1). Del total de géneros ocho agrupan el 40,8% de la riqueza específica en el área, siendo *Miconia* el que reporta el mayor registro con seis especies; otros siete géneros (*Cordia*, *Guatteria*, *Hyeronima*, *Palicourea*, *Saurauia*, *Viburnum* y *Vismia*) presentan dos especies cada uno, y los restantes 28 solo con una. Las familias con mayor representatividad en el muestreo fueron Melastomataceae (siete especies), Rubiaceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae, con tres especies cada una.

Del total de especies que se listan en la Tabla 1, solo dos son endémicas del país, las cuales además son reconocidas como especies amenazadas, según León-Yanes *et al.* (2019).

Las mayores frecuencias, según el porcentaje de presencia de los arbóreos en las parcelas del muestreo Figura 2 lo obtuvieron *Saurauia aequatoriensis*, *Piptocoma discolor*, *Hyeronima oblonga*, *Bellucia pentamera* y *Ardisia guianensis*, las que estuvieron presentes en el 100% de las muestras y son las que representan la riqueza que abarca la Clase de Presencia IV; la Clase III también registró cinco especies (*Matisia soegengii*, *Miconia quadripora*, *Palicourea guianensis*, *Turpinia occidentalis* y *Cecropia angustifolia*), ambas Clases contienen el *pool* de especies más frecuentes en el área de estudio.

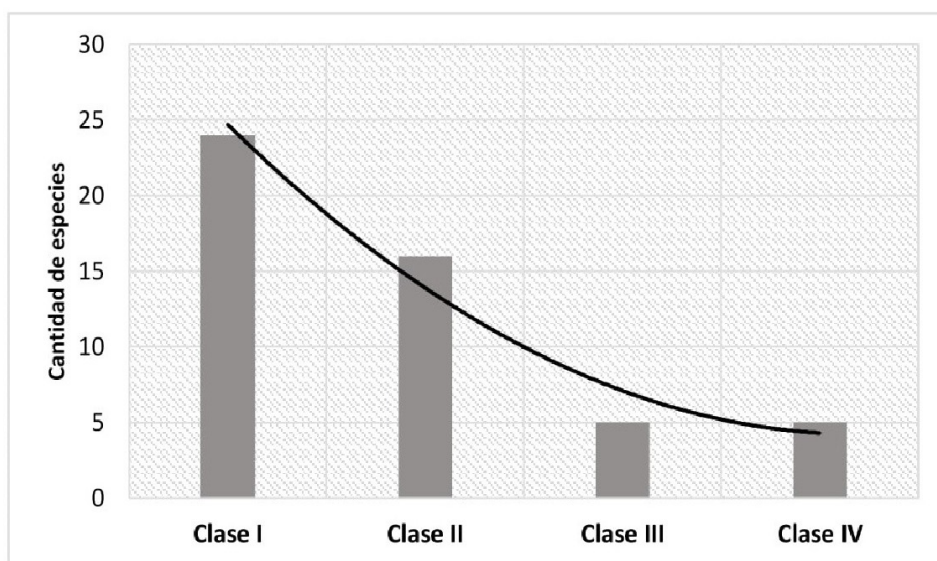


Fig. 2. Histograma de presencia con la cantidad de especies por cada una de las Clases establecidas.

Cuando se observan los resultados del cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies, 10 resultaron las que mayor valor porcentual obtienen (Tabla 2) siendo cuatro de ellas las que, por su valor

superior al 5%, aportan más a la estructura de masa forestal (*Hyeronima oblonga*, *Piptocoma discolor*, *Miconia calvoescens* y *Miconia pilgeriana*).

Tabla 2. Valor de importancia de las 10 especies que demuestran tener mayor contribución a la estructura del bosque siempreverde piemntano secundario en la Estación Biológica Pindo Mirador; se muestran los parámetros que integraron el análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI), a saber, Abundancia Relativa (AR), Frecuencia Relativa (FR) y Densidad Relativa (DR).

Especies	AR	FR	DR	IVI
<i>Hyeronima oblonga</i>	13.92	4.44	4.45	7.60
<i>Piptocoma discolor</i>	6.23	3.33	11.85	7.14
<i>Miconia calvescens</i>	6.96	2.22	6.71	5.30
<i>Miconia pilgeriana</i>	7.33	2.22	6.14	5.23
<i>Cecropia angustifolia</i>	5.49	3.33	5.89	4.90
<i>Miconia quadripora</i>	6.23	3.33	4.86	4.81
<i>Palicourea guianensis</i>	5.49	3.33	4.95	4.59
<i>Bellucia pentamera</i>	6.23	4.44	2.52	4.40
<i>Miconia splendens</i>	3.66	2.22	4.38	3.42
<i>Ardisia guianensis</i>	3,66	4,44	2,23	2,95

Abundancia: Fueron censados 339 individuos arbóreos en las cuatro parcelas del muestreo; esta abundancia real del componente arbóreo inventariado representa una densidad estimada de 847 indiv/ha. En la distribución de abundancias por parcelas

Figura 3 se observan casos atípicos y extremos, principalmente por las altas abundancias de las especies dominantes, lo cual sucede en las cuatro parcelas, sin embargo las que exponen la mayor variabilidad son las parcelas 2 y 3.

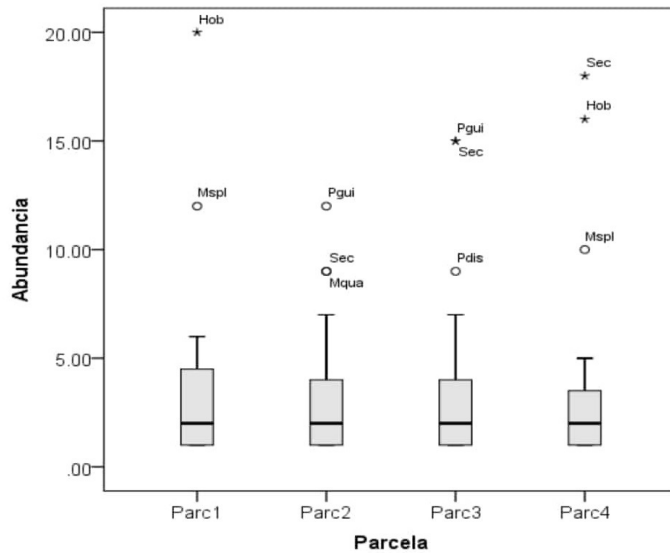


Fig. 3. Distribución de los registros de abundancias por parcelas, después de ser transformados mediante la raíz cuadrada. Los acrónimos de las especies que son casos extremos y atípicos son los que se reseñan en la Tabla 1.

Diversidad estructural de la masa forestal: Los valores de la diversidad (Índice de Shannon_H), dominancia (Índice de Simpson_1-D) y equitatividad (Índice de uniformidad de especies_Ev), como expresiones de la diversidad estructural de la masa forestal según Del Río *et al.* (2003), que se obtuvieron para el fragmento muestreado se muestran en la (Tabla 3).

Los valores de la diversidad (Índice de Shannon_H), dominancia (Índice de Simpson_1-D) y equitatividad (Índice de uniformidad de especies_Ev), como expresiones de la diversidad estructural de la masa forestal según Del Río *et al.* (2003), que se obtuvieron para el fragmento muestreado se muestran en la (Tabla 3).

Tabla 3. Valores por parcelas de los Índices de diversidad de Shannon_H, dominancia de Simpson_1 - D y uniformidad_Ev, donde P1 es Parcela 1, P2 es Parcela 2, P3 es Parcela 3 y P4 es Parcela 4

Índice	Parcela1	Parcela2	Parcela3	Parcela4
Shannon_H	2,491	2,881	2,743	2,706
Simpson_1-D	0,8757	0,9283	0,9101	0,9002
Uniformidad_Ev_ $e^{H/S}$	0,6039	0,713	0,6211	0,6237

El valor medio de la riqueza que se reporta en el presente estudio es de 24 especies, y los resultados del estimado que hace la medida de riqueza de especies Chao2, indican valor de probabilidad superior ($S_{\text{Chao2}} = 61,16$; *desv est* = 6,381).

Estructura por clases diamétricas: Acorde a los cuatro rangos establecidos para definir las Clases diamétricas, se observó que en el ecosistema abundan más los arbóreos cuyos diámetros de troncos

están entre 10,0 y 20,0 cm de $D_{1.30}$ (CD 1). En la Figura 4 se muestra el comportamiento de la media de abundancia por Clases diamétricas, donde la cantidad de arbóreos de menor diámetro representa el 59% de la abundancia total que existe en esta masa forestal. Son significativas las diferencias en la variabilidad observada de abundancia por clases según expone el estadístico de contraste de Kruskal-Wallis ($\chi^2=49,64$; *gl* 3; $p= 0,000$).

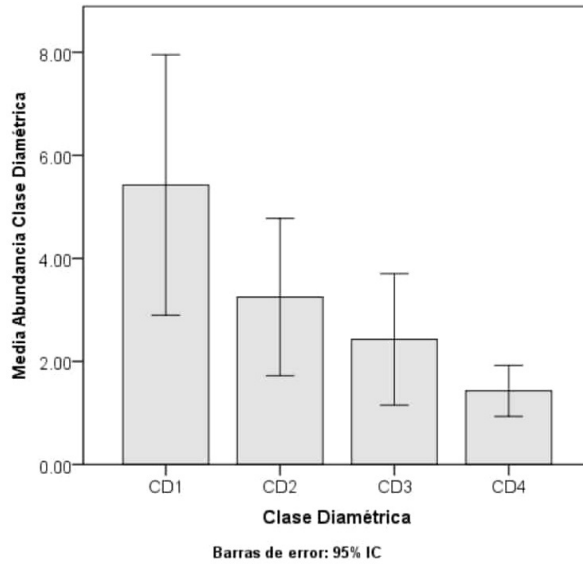


Fig. 4. Distribución de la media de abundancia de arbóreos por cada una de las Clases diamétricas establecidas, donde CD1 representa el rango entre 10,0 y 19,9 cm, CD2 entre 20,0 y 29,9 cm, CD3 entre 30,0 y 39,9; CD4 \geq 40,0 cm.

Distribución de arbóreos por rangos de altura: La mayor abundancia de arbóreos censados se encontró entre los 8 y 20 m de altura (el 70,5% del total) que se corresponde

a los rangos de altura RH2 y RH3, de lo cual se representan sus medias de abundancia por rangos en la Figura 5.

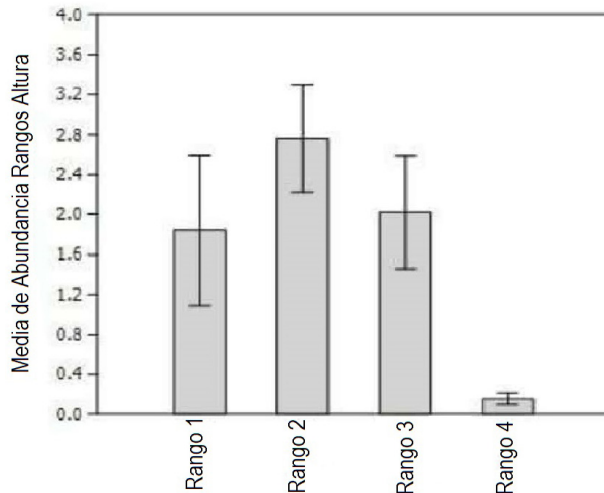


Fig. 5. Distribución de las medias de abundancias por cada rango de altura establecido para los arbóreos censados, donde RH1 es el rango de altura 1 (2,00 a 7,99 m), RH2 es el rango de altura 2 (8,00 a 13,99 m), RH3 es el rango de altura 3 (14,00 a 19,99 m) y RH4 es el rango de altura 4 (20,00 a 25,99 m de altura). Las barras de error representan el 95% del Intervalo de Confianza.

Discusión

Los resultados obtenidos respecto a la composición de especies y familias de los arbóreos identificados (Tabla 1) coinciden con los que reporta Luzuriaga (2011) en cuanto a las familias con mayor riqueza de especies, la que evaluó sectores del mismo ecosistema, sin embargo en su caso fue Rubiaceae la familia de más altos registros; también hay semejanza con lo que exponen Sánchez *et al.*, (2017), quienes en dos sectores muy cercanos (Mera y Shell), evaluando bosques siempreverdes perturbados, detectaron coincidencias en la dominancia de Euphorbiaceae, Melastomataceae y Fabaceae principalmente; tales semejanzas refuerzan el criterio de los últimos autores citados, acerca de que estas familias constituyen elementos distintivos del bosque húmedo tropical, caracterizados por una flora entre la vegetación de tierras bajas y de cordillera.

El bajo porcentaje de endemismo que se observa en la flora que lista la Tabla 1 puede estar asociado a dos factores fundamentales; uno relacionado con la ubicación del ecosistema, típico de una transición entre la Amazonía baja y los sistemas de bosques andinos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013), al respecto León-Yanes *et al.* (2019) reportan el endemismo de la Amazonía ecuatoriana alrededor del 10,7%, sin embargo, Jørgensen *et al.* (2011) refiere que en Ecuador, la manifestación del endemismo y cantidad de especies amenazadas, a las alturas entre 0 y 1000 m puede fluctuar entre 5 y 10% al analizarlos comparativamente con otros países andinos; esto confirma que porcentajes bajos de endemismo y especies amenazadas es una característica típica de la diversidad del bosque siempreverde piemontano.

El otro factor está relacionado con las intensas extracciones madereras a que fue sometido el territorio que ocupa hoy el bosque secundario, según reconocen el GAD PASTAZA (2016) y Luzuriaga *et al.* (2011).

Las especies que mayor presencia poseen en el inventario, agrupadas en las Clases IV y III Figura 2, incluso varias de las que se listan en las otras dos Clases, han sido identificadas por otros autores dentro de la composición de especies del bosque siempreverde piemontano primario, tanto en la misma Estación Biológica Pindo Mirador (Luzuriaga, 2011; Luzuriaga *et al.*, 2014) y como en áreas relativamente próximas de la provincia de Napo (Patiño *et al.*, 2015 y Torres *et al.*, 2019); esto confirma que la matriz próxima de bosques primarios, cuando el ecosistema se protege para su mantenimiento, contribuye a su dinámica sucesional progresiva. De igual forma, los árboles muertos, identificados como Secos, tuvieron una frecuencia alta, estando presentes en todas las muestras, lo que confirma lo expuesto por Del Río *et al.* (2003) respecto a que son un componente básico de la estructura del bosque, teniendo un rol funcional debido a su importancia en el aporte de nutrientes al sistema forestal, contribuyendo favorablemente a la mencionada dinámica sucesional.

Las 10 especies que mayor valor de IVI obtienen, como se muestra en la Tabla 2, son las que más aportan a la conformación estructural de este ecosistema de bosque siempreverde piemontano en estadio secundario, tanto por la frecuencia de aparición como por la abundancia que observan, convirtiéndose en las dominantes del componente arbóreo. Este resultado coincide con el que obtuvo Luzuriaga (2011) en el mismo ecosistema, principalmente *Piptocoma discolor*, *Miconia splendens* y

Cecropia angustifolia; no son totalmente coincidentes ambos estudios ya que la autora citada abarcó mayor espectro de medición, al asumir todos los individuos con $D_{1.30} \geq 2,5$ cm. Coincidimos en que estas especies absorben gran cantidad de nutrientes lo que conlleva a que ocupen mayor espacio físico en el bosque y controlen un elevado porcentaje de energía que llega al sistema.

La variabilidad de registros de abundancia que se muestran en la Figura 3 confirma su estadio sucesional con una dinámica típica de bosque secundario, acorde a como se han expuesto definiciones para este tipo de dinámica pos disturbios (Secretaría Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica, 1999; Ferro & Delgado, 2013). Un análisis comparativo con un estudio anterior en dicha área no aporta información concluyente pues Luzuriaga (2011) y Luzuriaga *et al.* (2011) asumieron un mayor rango de variación de mediciones, partiendo del $D_{1.30}$ de los individuos igual o superior a 2,5 cm, no obstante es posible confirmar una densidad superior a otros estudios en ecosistemas semejantes como se aprecia en Sánchez *et al.* (2017).

Respecto a la diversidad estructural de esta masa forestal de bosque secundario, expresada a través del valor de los Índices que se muestran en la Tabla 3, se observa que el Índice de Shannon se comporta con valores semejantes entre las parcelas 2, 3 y 4, siendo la parcela 1 menos heterogénea; este índice da un gran peso al número de especies presentes (Magurran, 2011), y aumenta con el incremento de la riqueza, tomando mayores valores cuando las proporciones de las distintas especies son similares (Del Río *et al.*, 2003).

Los valores del Índice de Simpson (Tabla 3) se aproximan en casi todas las mues-

tras al valor 1, lo cual es un indicador de diversidad (Krebs, 1999; Del Río *et al.*, 2003), reflejando el reparto del número de especies en proporciones, otorgándole valor predictivo sobre la complejidad de esta masa forestal (Del Río *et al.*, 2003). Para el caso de la uniformidad de especies en el fragmento forestal estudiado, los valores que se exponen en dicha Tabla 3 son intermedios entre el rango de 0 a 1, excepto en la parcela 2, que más de aproxima a 1; ello confirma lo antes expuesto sobre las abundancias observadas, con un reparto no homogéneo en la comunidad arbórea, criterio que se sustenta en lo descrito por Magurran (2011).

Estos índices aportan información relevante para la comprensión de la diversidad estructural de masas mixtas (Del Río *et al.*, 2003); acorde a lo expuesto por Jost & González-Oreja (2012), sus medidas están relacionadas con la complejidad de la comunidad; en tal caso, el fragmento que se estudia tiene una complejidad más influenciada por la proporcionalidad de abundancias de especies (dominancia) que por su riqueza.

Con respecto al valor que reporta el Índice de Chao2, con estimado casi tres veces superior al observado indica que es un ecosistema de riqueza medianamente baja, coincidiendo así con Luzuriaga (2011) sobre la diversidad del estadio secundario de este ecosistema; estudios futuros deberán profundizar en este análisis a partir de una ampliación del tamaño de muestra.

El resultado que se muestra en la Figura 5 sobre la distribución de abundancia de arbóreos por rangos de altura apoya lo que Luzuriaga *et al.* (2011) habían reportado para el análisis de la estructura vertical del bosque en sectores de la propia área de estudio, quienes encontraron que el 72,9% de los arbóreos estaban en el rango de altura entre 10 y 20 m. Los valores de

altura predominantes son menores de los que refiere el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) como característica del bosque siempreverde piemontano de la cordillera oriental de los Andes, lo que confirma que es un bosque secundario, en dinámica pos disturbio, el cual aún no recupera los valores estándares que se han descrito para la formación vegetal que constituye su base estructural original.

Conclusiones

El bosque siempreverde piemontano secundario evaluado tiene una complejidad estructural marcada por la dinámica pos disturbio, con elementos arbóreos típicos de la transición andino-amazónica, donde la complejidad está más influenciada por la proporcionalidad de abundancias de especies que por su riqueza.

Como rasgos estructurales principales de la masa forestal del sector de bosque secundario en la Estación Biológica Pindo Mirador está que posee una riqueza de especies medianamente baja, con pocas especies que dominan por sus altas abundancias, medianamente denso, cuyos arbóreos predominantes son de troncos de diámetros inferiores a 20 cm, y con estructura vertical del vuelo dominante es del piso medio o subdosel.

En la composición de especies del ecosistema predominan arbóreos de familias ampliamente representadas en la Amazonía ecuatoriana, siendo más ricos en especies de Melastomataceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae y Myrtaceae, destacando por su alta dominancia, frecuencia y abundancia *Hyeronima oblonga*, *Piptocoma discolor*, *Miconia calvescens* y *Miconia pilgeriana* como las especies con la mayor contribución a la estructura de la masa forestal.

Contribución de los Autores

C. P.: dirigió el proyecto, apporto al levantamiento de la información de campo, analizó y escribió el primer borrador del artículo. J.F.D.: análisis, revisión y redacción del documento final. P. L.: revisión de la información recolectada en campo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses

Literatura citada

- Aguirre, Z.** 2018. Biodiversidad ecuatoriana: estrategias, herramientas e instrumentos para su manejo y conservación. Universidad Nacional de Loja. Primera Edición. Loja, Ecuador. 136 pp.
- Curtis, J. T., & R. P. McIntosh.** 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476-496. <https://www.jstor.org/stable/1931725?seq=1>
- del Río, M., G. Montero; F. Montes & I. Cañellas.** 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Forest Systems*, 12(1), 159-176.
- Escalante, T.** 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*, 52, 53-56. <https://www.redalyc.org/pdf/294/29405209.pdf>
- Ferro, J. & F. Delgado.** 2013. Dinámica post disturbio de claros del dosel en el bosque tropical seco semideciduo de la Península de Guanahacabibes, Cuba; su relación con la abundancia de epífitas vasculares. 200-213 pp. En Fernández y Volepedo (Eds.): Evaluación de los cambios de estado de ecosistemas degradados de Iberoamérica. Monografía de la Red 411RT0430. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED, Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-29881-0-4
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO).** 2018. El estado de los bosques del mundo: las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. <http://www.fao.org/3/i9535es/i9535es.pdf>
- GADP, P.** 2016. Declaratoria y plan de manejo del bosque y vegetación protectora de la Estación Biológica Pindo Mirador. Informe técnico DE Consultoría Ambiental para declaratoria de área. Gobierno

- Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza-GADPPz-, Ecuador. 147 pp.
- Gentry, A. A.** 1993. Field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru). Conservation International. Washington, DC. <https://doi.org/10.1007/BF02862304>
- González, O.; J. Ferro; C. Rodríguez & R. Berazain.** 2017. Métodos de inventario de plantas. Pp. 60-85. En: Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas (C. A. Mancina y D. D. Cruz, Eds.). Editorial AMA, La Habana, 502 pp. 2017.
- Hammer, Ø., D. A. Harper & P. D. Ryan.** 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.
http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Jorgensen, P. M., & S. Leon-Yanez.** (Eds.). 1999. Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador (Vol. 75, pp. 633-668). Missouri Botanical Garden. <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/ecuador/format.shtml>
- Jørgensen, P. M.; C. Ulloa Ulloa; B. León; S. León-Yáñez; S. G. Beck; M. Nee; ... & R. Gradstein.** 2011. Regional patterns of vascular plant diversity and endemism. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 192-203.
- Jost, L. & J. A. González-Oreja.** 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del Índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana* 56 (1-2): 3–14.
- Krebs, C. J.** 1999. *Ecological Methodology*. Addison. [https://www.scrip.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1890718](https://www.scrip.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1890718)
- León-Yáñez, S., R. Valencia; N. Pitman; L. Endara; C. U. Ulloa & H. Navarrete.** 2019. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/ListaEspeciesPorFamilia/500330>
- León-Yáñez, S., R. Valencia; N. Pitman; L. Endara; C. Ulloa & H. Navarrete.** 2011. Libro Rojo de Las Plantas Endémicas Del Ecuador, Segunda Edición. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. http://gesneriads.ua.edu/pdf/Gesneriaceae_%20Libro%20Rojo%20Ecuador%202011.pdf
- Luzuriaga, C. X.** 2011. Inventario Florístico Del Bosque Que Rodea A La Laguna En La Estación Biológica Pindo Mirador Pastaza-Ecuador. *Tsafiqui-Revista Científica en Ciencias Sociales*, (6), 15-25. <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/tsafiqui/article/view/228>
- Luzuriaga, C.; C. Cuasapaz & G. Quichimbo.** 2011. Inventario forestal en la estación Pindo mirador. *Tsafiqui-Revista Científica en Ciencias Sociales*, (2), 83-107. <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/tsafiqui/article/view/211>
- Magurran, A. E. & B. J. McGill.** (Eds.). 2011. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador.** 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. 253 pp.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador.** 2015. Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito, Ecuador. 180 p. <https://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/library/poverty/quinto-informe-nacional-para-el-convenio-sobre-diversidad-biolog.html>
- Notaría del Cantón Mera.** 2001. Testimonio de la Escritura de compra-venta de derechos y acciones hereditarias. Clave 160250510102345000. 9 p.
- Patiño, J.; et al.** 2015. Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(2):166-214. <https://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/218/0>
- Pennington, T. D., C. Reynel & A. Daza.** 2004. *Illustrated guide to the Trees of Peru*. David Hunt. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20053049087>
- Sánchez Villacís, H.; G. Y. García Quintana; G. Geada López; Y. Arteaga Crespo; J. Rios Obregon & J. Guerero Rubio.** 2017. Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios fragmentados bosque siempreverde piemontano. *CEFORES*. mayo – agosto. 2017 Vol. 5(2):172-180. <http://cfores.upr.edu.ec/index.php/cfores/article/view/266/html>
- Sánchez Villacís, H; G. Y. García Quintana; G. Geada López; Y. Arteaga Crespo; J. Rios Obregon & J. Guerero Rubio.** 2017. Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios

fragmentados bosque siempreverde piemontano. CEFORES. mayo – agosto. 2017 Vol. 5(2):172-180. <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/266/html>

Secretario Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica. 1999. Estrategia para implementar las recomendaciones de la propuesta de Pucallpa sobre el desarrollo sostenible del bosque secundario en la Región amazónica. Proyecto FAO GCP/RLA/128/NET, 164 pp.

Torres, B.; L. Vasseur; R. López; P. Lozano; Y. García; Y. Arteaga; ... & A. García. 2019. Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems*, 1-11. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10457-018-00342-8.pdf>

Vásquez, R., & G. Rojas.. 2004. Rocío Del Pilar. Plantas de la Amazonía peruana: Clave para identificar las familias de Gymnospermae y Angiospermae. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=QUV.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=003717>

Anexo

Tabla 1. Lista de las especies por familias que fueron determinadas en el inventario realizado en el bosque secundario, Estación Biológica Pindo Mirador. Se indican los acrónimos (Acron) asignados a cada especie, las endémicas (Endem) y las que poseen categoría de amenaza (Amena).

No.	Familia/Especie	Acron	Endem	Amena
	ACTINIDIACEAE			
1	<i>Saurauia aequatoriensis</i> Sprague	Sae	X	X
2	<i>Saurauia prainiana</i> Buscal	Spr		
	ANACARDIACEAE			
3	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tgui		
	ANNONACEAE			
4	<i>Guatteria decurrens</i> R.E.Fr.	Gde		
5	<i>Guatteria</i> sp.	Gsp		
	ASTERACEAE			
6	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Pdis		
	BIGNONIACEAE			
7	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Jco		
	CLUSIACEAE			
8	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Sgl		
	CORDIACEAE			
9	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Cal		
10	<i>Cordia nodosa</i> Lam.	Con		
	CYATHEACEAE			
11	<i>Cyathea bipinnatifida</i> Copel.	Cbi		
	EUPHORBIACEAE			
12	<i>Alchornea latifolia</i> Swartz	Ala		
13	<i>Hyeronima oblonga</i> (Tul.) Müll. Arg.	Hob		
14	<i>Hyeronima scabrida</i> (Tul.) Müll.	Hsc		
	FABACEAE			
15	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Dgu		
16	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	Ain		
17	<i>Inga acreana</i> Harms.	Iacr		
	HYPERICACEAE			
18	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Vba		
19	<i>Vismia pozuzoensis</i> Engl.	Vbi		
	LACISTEMATACEAE			
20	<i>Lozania klugii</i> (Mansf.) Mansf.	Lkl		

	LAURACEAE			
21	<i>Nectandra coeloclada</i> Rohwer.	Nco	X	X
22	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez	Ocer		
	MALVACEAE			
23	<i>Matisia soegengii</i> Cuatrec.	Mso		
	MELASTOMATACEAE			
24	<i>Bellucia pentamera</i> Naudin.	Bpe		
25	<i>Miconia affinis</i> Macfad. ex Griseb	Maff		
26	<i>Miconia calvoescens</i> DC.	Mcal		
27	<i>Miconia pilgeriana</i> Ule.	Mpi		
28	<i>Miconia quadripora</i> Wurdack.	Mqua		
29	<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	Mspl		
30	<i>Miconia trinervia</i> (Sw.) D. Don ex Loudon	Mtri		
	MELIACEAE			
31	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Ccan		
32	<i>Trichilia rubra</i> C. DC.	Tru		
	MORACEAE			
33	<i>Ficus trigona</i> Suppl. Pl.	Ftri		
	MYRISTICACEAE			
34	<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	Vel		
35	<i>Ardisia guianensis</i> (Aubl.) Mez	Agu		
	MYRTACEAE			
36	<i>Eugenia multiramosa</i> McVaugh.	Emu		
37	<i>Eugenia muricata</i> DC.	Emur		
38	<i>Myrcia aliena</i> McVaugh.	Mali		
	RUBIACEAE			
39	<i>Alibertia edulis</i> A.Rich. ex DC.	Aed		
40	<i>Palicourea gomezii</i> C.M. Taylor	Pgo		
41	<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	Pgui		
	RUTACEAE			
42	<i>Zanthoxylum formiciferum</i> (Cuatrec.) P. G. Waterman	Zfor		
	SALICACEAE			
43	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Car		
	STAPHYLACEAE			
44	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Tocc		
	URTICACEAE			
45	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Pgl		

46	<i>Cecropia angustifolia</i> Trécul	Can		
	VIBURNACEAE			
47	<i>Viburnum ayavacense</i> Kunth	Vay		
48	<i>Viburnum toronis</i> Killip & A.C. Sm.	Vto		
	VOCHYSIACEAE			
49	<i>Vochysia braceliniae</i> Standl.	Vbra		