

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Floristic composition, structure and diversity along an elevational gradient in an
Andean forest of Northern Ecuador

Disertación previa a la obtención del título de Licenciada
en Ciencias Biológicas

ROSA ADELINA JIMENEZ PAZ

QUITO, 2016

Certifico que la Disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la Srta. Rosa Adelina Jiménez Paz ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Ph.D. Renato Valencia

Director de la Disertación

Quito, 06 de Junio del 2016

Con cariño y gratitud a mis padres Nelly y Fernando
por brindarme todo su apoyo y amor
A mis hermanos Natalia y Diego y a mi sobrina Amelia
por sus consejos y amistad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a todas las personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Al Dr. Renato Valencia por su valiosa guía y motivación para la elaboración y culminación de la tesis; al MSc. Álvaro Pérez por su ayuda durante todas las fases de desarrollo de la tesis, y a la Dra. katya Romoleroux por su ayuda durante el proceso de identificación taxonómica y por sus valiosas correcciones. De igual manera al Dr. Kevin Burgess y al MSc. Alex Reynolds quienes colaboraron en la edición de la tesis.

A Washington Santillán y Nelson Ruiz por su ayuda incondicional en la fase de campo, a Nicolas Zapata, Nicolas Tinoco y Eduardo Atiencia por su ayuda en la fase de campo. A los profesores y compañeros que conforman el Herbario QCA por su apoyo durante la fase de identificación.

A mis amigas Mayra Nacimba, Karen Loaiza y Diana Bautista por acompañarme durante toda la carrera.

A la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador por el financiamiento como parte del proyecto “Fortalecimiento de la colección del herbario QCA mediante inventarios botánicos en áreas de vacío de información florística” (código K13-056).

A The Lovett School por aportar el financiamiento para el desarrollo de la fase de campo de la investigación. Y por permitir el desarrollo experimental en la Reserva Siempre Verde.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
1. RESUMEN.....	2
2. ABSTRACT.....	4
3. MANUSCRITO PARA PUBLICACIÓN.....	6
4. APPENDIX.....	43
5. NORMAS PARA PUBLICAR	52

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ANOSIM	Analysis of similarity
asl	Above sea level
β	Beta
BA	Basal Area
$^{\circ}\text{C}$	Celsius degrees
CT	Closed trail
dbh	Diameter at breast height (130 cm)
DCA	Detrended correspondence analysis
FIV	Family Important Value
H	Height
H'	Shannon diversity index
ha	Hectares
IVI	Species Important Value Index
m	Meters
N-MDS	Ordination Non-Metric Multidimensional Scaling
OT	Open trail
SV	Stand Volume
SVR	Siempre Verde Reserve
α	Alpha

LISTA DE FIGURAS

Figure 1. Location of study area	36
Figure 2. Difference in Species composition.....	37
Figure 3. Relationships between structural variables and altitude	38
Figure 4. The 10 most important species by altitude	39
Figure 5. The 10 most important families by altitude	40
Figure 6. Alpha diversity.	41
Figure 7. Beta diversity	42

LISTA DE TABLAS

Table 1. Structure and species values classified in three altitudinal zones	42
---	-----------

1. RESUMEN

Esta investigación examinó los cambios en diversidad, estructura y composición florística en un gradiente altitudinal de 900 m (2437–3334 m) en un bosque Andino nublado. El estudio se realizó en la Reserva Siempre Verde ubicada al norte del Ecuador, en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes. Se consideró todos los tallos con $dap \geq 5$ cm, y se establecieron 31 parcelas, divididas en dos transectos altitudinales separados por ~100 m entre sí. Se encontraron 1144 individuos (área basal total de $49.30 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$), agrupados en 42 familias, 68 géneros y 130 especies. Los transectos de estudio se dividieron en seis regiones altitudinales de 200 m, y a su vez se los clasificó en 3 franjas altitudinales de 300 m de acuerdo a la elevación: franja baja (2437–2700 m), media (2756–3052 m) y alta (3163–3334 m), para un mejor desarrollo de los análisis estadísticos. Dentro de cada franja, cada unidad de muestreo se consideró una réplica.

El estudio reveló tres cambios direccionales relacionados con la altitud: (1) la composición de especies varía significativamente entre cada franja altitudinal; por ejemplo, en zonas bajas (2400–2700 m) *Myrcianthes rhopaloides* fue la especie dominante; mientras que en zonas altas (3100–3400 m) fue *Weinmannia rollottii*; (2) la estructura forestal fue distinta en cada transecto y franja altitudinal. Se encontró un único patrón significativa en el transecto abierto en el cual se observó un decrecimiento del área basal con el incremento de la elevación y (3) la diversidad florística decreció con la elevación, mientras que el recambio de especies incrementó constantemente con la diferencia altitudinal entre parcelas (alta diversidad β): las parcelas más lejanas tuvieron pocas o ninguna especies

compartidas, mientras que las parcelas más cercanas compartieron hasta el 38% de las especies.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el gradiente altitudinal influye directamente en la composición y diversidad del bosque. La complejidad estructural del bosque parece relacionarse con la heterogeneidad ambiental como; topografía, suelo, temperatura, neblina e incluso impacto humano. Los cambios en la composición florística y la alta diversidad beta encontradas en el gradiente altitudinal, son una muestra de la complejidad biológica del bosque andino y ofrece argumentos para su conservación.

Palabras claves: gradiente altitudinal, bosque de neblina, Andes, estructura, composición, diversidad.

2. ABSTRACT

This research examined the changes in floristic diversity, structure and composition in an elevational gradient of 900 m (2437–3334 m) on Andean cloud forest. The study was carried out in the Siempre Verde Reserve located in northern western Ecuador in the western foothills of the Andes mountains. This research took data of all stems with ≥ 5 cm dbh, and we established thirty one 0.025 ha^{-1} plots in two altitudinal transects, at 100 m intervals. We reported 1144 stems (total basal area of $49.30 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$) grouped in 42 families, 68 genera and 130 species. The study transects were divided in six altitudinal regions of 200 m and we classified it into three altitudinal zones of 300 m according to elevation: low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m), for a better statistical analysis. Each altitudinal region has different numbers of sampling units.

The results showed three trends can be recognized in relation with altitudinal gradient: (1) in the forest composition we reported differences between the three altitudinal zones, we found limited species distribution, for example *Myrcianthes rhopaloides* is the most dominant and restricted species at low elevation (2400–2700 m), while *Weinmannia rollottii* is the dominant and restricted species at high elevation (3100–3400 m). (2) forest structure was different in each transect and altitudinal zones, and we found only one significant trend in open trail in which the basal area decrease with elevation and (3) in diversity we report negative trend in α diversity with increased of elevation, while species turn-over increased constantly with distance between plots (high β diversity): the most distant plots shared a few or any species, while the most nearest plots share ~38% of species.

The result showed that altitudinal gradient affect directly in forest composition, and diversity. The structural complexity of the forest can be related with the heterogeneity of environment as: topography, soil, temperature, fog and even human impact. The changes in floristic composition and the high β diversity are an example of the biological complexity of Andean forest, these studies offer arguments for its conservation.

Key words: altitudinal gradient, cloud forest, Andes, structure, composition, diversity.

3. MANUSCRITO PARA PUBLICACIÓN

REVISTA

Botanical Sciences

TITULO

Floristic composition, structure and diversity along an elevational gradient in an Andean forest of Northern Ecuador

AUTORES

Rosa Jiménez-Paz

Renato Valencia

Álvaro Pérez

Alex Reynolds

John Barone

Kevin Burgess

Author for correspondence: Renato Valencia

E-mail: lrvalencia@puce.edu.ec

Address: Laboratorio Ecología de Plantas, Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Av. 12 de octubre 1076 y Roca, Apdo. 17-01-2184, Quito, Ecuador.

1 **Floristic composition, structure and diversity along an elevational gradient in an**
2 **Andean forest of Northern Ecuador**

3

4 Rosa Jiménez-Paz¹, Renato Valencia^{1,5}, Álvaro J. Pérez², Alex Reynolds³, John
5 Barone⁴ and Kevin S. Burgess⁴

6

7 ¹Laboratorio de Ecología de Plantas, Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de
8 Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

9 ²Herbario QCA, Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y
10 Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

11 ³Director of Siempre Verde, The Lovett School, Atlanta.GA.

12 ⁴Department of Biology, College of Letters & Sciences, Columbus State University.

13

14 ⁵Corresponding autor: Renato Valencia

15 E-mail: lrvalencia@puce.edu.ec

16 Address: Laboratorio Ecología de Plantas, Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad
17 de Ciencias Exactas y Naturales. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Av. 12
18 de octubre 1076 y Roca, Apdo. 17-01-2184, Quito, Ecuador.

19

20 Rosa Jiménez-Paz collected and identified samples, analyzed the data and wrote the
21 paper.

22 Renato Valencia analyzed the data and reviewed drafts of the paper.

23 Álvaro Pérez designed methods, identified the samples and reviewed drafts of the
24 paper.

25 Alex Reynolds designed methods and reviewed drafts of the paper.

26 Kevin Burgess analyzed the data and reviewed drafts of the paper.

27 John Barone analyzed the data.

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51 **Resumen**

52 *Antecedentes:* Los bosques Andinos del norte del Ecuador son uno de los biomas con
53 mayor diversidad de plantas en relación a su área. Estos bosques crecen sobre relieves
54 fuertemente accidentados, con pendientes que con frecuencia superan el 80% y
55 grandes cambios altitudinales en distancias cortas. Por ejemplo, en el área de estudio,
56 en ~1 km se puede ascender 600 m altitudinales. Estos gradientes bruscos de altitud
57 han convertido a estos bosques en laboratorios naturales idóneos para comprender el
58 afecto de la elevación en la estructura, composición y diversidad del bosque.

59

60 *Métodos:* Se establecieron 31 parcelas (50 m × 5 m) divididas en dos transectos que
61 atraviesan un gradiente altitudinal de 900 m entre 2437 y 3334 m. Se midió el
62 diámetro y la altura de todos los árboles y helechos arborescentes con un dap \geq 5 cm.
63 Se examinó los cambios en diversidad mediante el exponencial del índice de Shannon
64 y la tasa de recambio de especies mediante el índice de Sorensen.

65

66 *Sitio de estudio y fechas:* El estudio se llevó a cabo entre 2014 y 2015 en un bosque
67 nublado ubicado en las estribaciones Andinas del norte del Ecuador en la Reserva
68 Siempre Verde.

69

70 *Especie en estudio / Descripción de datos:* Se clasificó a las parcelas de estudio según
71 su altitud en tres franjas de 300 m (franja altitudinales: baja (2437–2700 m), media
72 (2756–3052 m) y alta (3163–3334 m) para un mejor análisis estadístico, donde se
73 consideró la elevación como el factor independiente para nuestros análisis.

74

75 **Preguntas y/o hipótesis:** ¿Cómo varía la composición y estructura florística lo largo
76 de 900 m de elevación?

77 ¿Existen cambios direccionales en la diversidad alfa? ¿Las parcelas localizadas en
78 zonas bajas son más diversas?

79 ¿Cuál es la tasa de recambio de especies en las franjas altitudinales?

80

81 **Resultados:** Se encontraron tres cambios direccionales en el gradiente altitudinal: (1)
82 la composición de especies difiere significativamente entre cada franja altitudinal; por
83 ejemplo, en zonas bajas (2400–2700 m) *Myrcianthes rhopaloides* fue la especie
84 dominante; mientras que en zonas altas (3100–3400 m) fue *Weinmannia rollottii*, (2)
85 la estructura forestal fue distinta en cada transecto y franja altitudinal, y se encontró
86 un único patrón significativa en el transecto abierto en el cual se observó un
87 decrecimiento del área basal con el incremento de la elevación y (3) la diversidad
88 decreció con la elevación, mientras que el recambio de especies incremento
89 constantemente con la distancia altitudinal entre parcelas (diversidad β): las parcelas
90 más lejanas tuvieron pocas o ninguna especies compartidas, mientras que las parcelas
91 más cercanas compartieron hasta el 38% de las especies.

92

93 **Conclusiones:** Los resultados obtenidos en este estudio indican que el gradiente
94 altitudinal influye directamente en la composición y diversidad del bosque. La
95 complejidad estructural del bosque parece relacionarse con la heterogeneidad del
96 ambiente como; topografía, suelo e incluso impacto humano. Los cambios en la
97 composición florística y la alta diversidad beta encontradas en el presente estudio, son
98 una medida de la complejidad biológica del bosque Andino y ofrece un argumento
99 para su conservación.

100

101 *Palabras clave:* gradiente altitudinal, bosque de neblina, Andes, estructura,
102 composición, diversidad.

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125 **Abstract**

126 **Background:** The Andean Forest of northern Ecuador is known for its high levels of
127 plants diversity relative to its area. These forests grow on strongly rugged reliefs, with
128 slopes which often exceed 80 % and has strong altitudinal changes across short
129 distances. For example, in the study area, in ~1 km it can climb ~600 m altitude.
130 These rugged gradients are an excellent natural laboratory for understanding the
131 underlying effect of elevation on forest community diversity, structure and
132 composition.

133

134 **Methods:** We established thirty-one plots (50 m × 5 m) divided in two altitudinal
135 transects along of 900 m. All trees and tree ferns with diameter at breast height (dbh =
136 1.30 m) \geq 5 cm were measured by altitude and dbh. We examined the changes in
137 species diversity and was measured by exponential of Shannon index, and the rate of
138 species turn-over was measured by Sorensen index.

139

140 **Study site and years of study:** This study was conducted between 2014 and 2015 in a
141 cloud forest located in western foothills of Andes at north of Ecuador, in the Siempre
142 Verde Reserve.

143

144 **Studied species/ Data description:** The study transects were divided in six altitudinal
145 regions of 200 m and we classified it into three altitudinal zones of 300 m according to
146 elevation: low (2437–2700m), middle (2756–3052m) and high (3163–3334m),
147 because the elevation served as the primary independent factor for our analysis.

148

149 **Question:** How does forest composition and structure change along the 900 m
150 elevation gradient?

151 Are there directional changes in alpha diversity? Are low elevation plots more
152 diverse?

153 How much Beta diversity does it change along the gradient? Are plots located further
154 apart significantly less similar?

155

156 **Results:** Three trends can be recognized in relation with altitudinal gradient: (1) in the
157 forest composition we reported differences between the three altitudinal zones, we
158 found limited species distribution, for example *Myrcianthes rhopaloides* is the most
159 dominant and restricted species at low elevation (2400–2700 m); while *Weinmannia*
160 *rollottii* is the dominant and restricted species at high elevation (3100–3400 m), (2)
161 forest structure was different in each transect, and showed opposite patterns of basal
162 area and stand volume in relation with altitude and (3) in diversity we report negative
163 trend in α diversity with increased of elevation, while species turn-over increased
164 constantly with distance between plots (high β diversity): the most distant plots shared
165 a few or any species, while the most nearest plots share ~38% of species.

166

167 **Conclusions:** The altitudinal gradient affect directly in forest composition and
168 diversity. The structural complexity of the forest can be related with the heterogeneity
169 of environmental as: topography and soil and even human impact. The changes in
170 floristic composition and the high β diversity are an example of the biological
171 complexity of Andean forest, these studies offer arguments for its conservation.

172

173 **Key words:** altitudinal gradient, cloud forest, Andes, structure, composition, diversity.

174 **Introduction**

175 In Ecuador, previous studies on tropical forest diversity and composition have focused
176 on Coast and Amazon ecosystems. Conversely, there are relatively few studies that
177 investigate structural and diversity in Andean forests located at different localities
178 (Valencia and Jørgensen, 1992; Young and Keating, 2001; Homeier *et al.*, 2010).
179 Those studies show that Ecuadorian Andes harbor forest with high levels of plant
180 diversity per unit area (Valencia and Jørgensen, 1992). In fact, according to a country
181 wide Ecuadorian inventory, 64.4% of the total vascular plant species have been
182 recorded in the Andean region (Jørgensen and León-Yáñez, 1999). This region,
183 however, is still among the least studied in regard to the underlying effect of elevation
184 on forest diversity, structure and composition. Understanding these impacts is
185 essential for effective conservation and predicting the fate of Andean forest
186 biodiversity.

187

188 In Andean forest, diversity, structure and composition are strongly influence
189 by the environmental gradient (Lieberman *et al.*, 1996; Young and Keating, 2001;
190 Homeier *et al.*, 2010; Swenson *et al.*, 2011; Girardin *et al.*, 2013; Asner *et al.*, 2014).
191 Several studies show rapid and predictable changes of forest structure and diversity
192 over short altitudinal and geographic distances. These studies show some general
193 patterns of forest structure and diversity. Overall in tropical and in Andean forest in a
194 range between 100 to 1075 m and 1800 to 2600 m alpha diversity decreases with
195 increasing elevation (Gentry, 1988; Lieberman *et al.*, 1996; Homeier *et al.*, 2010),
196 whereas beta diversity is higher at higher elevations (Swenson *et al.*, 2011). In few
197 tropical and sup-tropical forest (between 100 to 800 m asl) the total tree beta diversity
198 within a forest plot decreased with increasing cell size, and increased with altitude,

199 tree species richness and the amount of topographic variability of the plot (De Cáceres
200 *et al.*, 2012). Similar to alpha diversity, basal area, stand volume and height tend to
201 decrease with elevation (Homeier *et al.*, 2010; Girardin *et al.*, 2013). Whereas forest
202 composition show regular changes along the altitudinal gradient, because most of the
203 species are restricted to narrow altitudinal ranges (Homeier *et al.*, 2010; Loza *et al.*,
204 2010; Chain-Guadarrama *et al.*, 2012). The causes and consequences of these patterns
205 due to multiple interaction of the species with environmental factors, such as:
206 humidity, temperatures and soil. The Andean forests grow on a heterogeneous
207 environment, which makes it an ideal ecosystem to study the forest diversity and its
208 drivers in such environmental gradients (Girardin *et al.*, 2013; Asner *et al.*, 2014).

209

210 Here we examine tree species changes along the 900 m of altitude in a north
211 Ecuadorian Andean forest. Specifically, we study the floristic diversity, forest
212 structure and species composition in an elevation range from 2437 to 3334 m, address
213 the following questions:

214

- 215 1. How does forest composition and structure change along the 900 m elevation
216 gradient?
- 217 2. Are there directional changes in alpha diversity? Are low elevation plots more
218 diverse?
- 219 3. How much Beta diversity does it change along the gradient? Are plots located
220 further apart significantly less similar?

221

222

223

224 **Materials and Methods**

225 *Study area:* The study was carried out in an Andean forest in northern western
226 Ecuador at the Siempre Verde Reserve (Figure 1) located in the western foothills of
227 the Cotacachi volcano (00°22'38"N, 78°25'37"W), in the valley of Intag. The SVR
228 covers an area of 330 h⁻¹ and ranges from 2300 to 3334 m asl. In 2014 we established
229 two transects in a total of 0.775 ha; one along an open well-traveled-trail (OT) which
230 include sixteen 50 m × 5 m plots at 100 m intervals from 2437 to 3334 m asl, while
231 the other transect was located along a closed, newly-developed-trail (CT) that
232 consisted of fifteen 50 m × 5 m plots at 100 m intervals from 2451 to 3052 m asl
233 (Siempre Verde Reserve, 2015). The study transects were divided in six altitudinal
234 regions of 200 m and we classified it into three altitudinal zones of 300 m according to
235 elevation: low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m). Each
236 altitudinal region has different numbers of sampling units (Table 1.)

237

238 *Climate:* The study area is moist, with an average of 2532 mm of annual rainfall. The
239 rainy season begins around October and ends in June. The dry season begins in June
240 and ends in October. The rainiest months are between January and April and driest
241 months are between July and September. The average temperature is ~15.11°C and
242 ranges from ~4.52°C to 18°C at the top of the mountain, and ~6.4°C to 24.2°C at the
243 intermediate elevation (Siempre Verde Reserve, 2015).

244

245 *Topography and soil:* The SVR has remained relatively intact due to its extreme
246 topography. According to the General Soil Map of Ecuador; the soil is “allophonic;
247 loam to silty loam; deeply rich in organic material; desaturated in bases; acidic pH
248 with low base saturation (20–100%); medium fertility; dark to very dark.” These soils

249 result from recent or slow weathering of volcanic ashes and glass, especially at high
250 elevations in the tropical Andes (Siempre Verde Reserve, 2015)

251

252 *Vegetation:* The vegetation of the study area changes along the environmental
253 gradient. According to Valencia *et al.* (1999) and Jørgensen *et al.* (1994), the study
254 area is a montane cloud forest. This vegetation type is characterized by remarkably
255 high species diversity, for tree species and herbaceous vegetation, especially epiphytes
256 (Gentry, 1995). Although, the alpha diversity of the tree species decreases with
257 elevation (Valencia *et al.*, 1999). Montane cloud forest are typically dominated by
258 species of *Weinmannia*, *Schefflera*, *Miconia* and *Myrcianthes* (Jørgensen and León-
259 Yáñez, 1999) and tend to be composed of twisted, multiple-stemmed individuals
260 (Valencia *et al.*, 1999).

261

262 *Data collection:* Within each plot, all trees and tree ferns with diameter at breast
263 height (dbh = 1.30m) \geq 5 cm were measured and permanently marked with a
264 numbered aluminum plate. Herbarium specimens were then collected from each tree
265 and all were identified and deposited at the Herbarium QCA at Pontificia Universidad
266 Católica del Ecuador.

267

268 Data Analysis:

269 *Forest Composition*

270 To identify difference in species composition across the three altitudinal zones and the
271 difference between Open Trail (OT) and Close Trail (CT), non-metric
272 multidimensional scaling (N-MDS) and ANOSIM were conducted (Loza *et al.*, 2010).
273 The exact altitude of each zone is: low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and

274 high (3163–3334 m), and for OT (2437–3334 m) and CT (2451–3052 m). For these
 275 analyses we used a matrix of Bray-Curtis dissimilarity, which was developed to
 276 compare regional floras. It is widely used to assess dissimilarity of plots and plant
 277 communities. These analyses were carried out using PAST version 3.

278

279 *Forest Structure*

280 To estimate the structure along the altitudinal transects we used measurements of dbh,
 281 height (H), basal area (BA) and stand volume (SV). We evaluated the forest structure
 282 for OT and CT and also for the three altitudinal zones. Basal area was calculated with
 283 following formula:

$$284 \quad BA = \pi * \frac{dbh^2}{4}$$

285 Stand volume was estimated for each plot using the formula for an untruncated
 286 cone:

$$287 \quad SV = \frac{1}{3} BA * H$$

288 Further, linear regression was applied to determine the relationship between
 289 structural factors and elevation.

290

291 To compare the most important species per plot across the three altitudinal
 292 zones: low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m), we
 293 calculated the relative and absolute frequency, density, dominance and diversity for
 294 each species. For all relative metric we calculated the important value index (IVI)
 295 developed by Curtis and McIntosh (1951). IVI and GIV were calculated as:

296 IVI = relative density + relative dominance + relative frequency; and

297 FIV = relative density + relative dominance + relative diversity.

298 All statistical analyses were performed with PAST version 3.

299

300 *Alpha Diversity*

301 We used simple species richness to see changes in species number per plot. For each
302 200 m altitudinal zones we estimated the mean number of species and the 95%
303 confidence intervals, by bootstrapping the individuals found in all the samples found
304 at a given altitudinal zone with replacement.

305

306 The correlation between diversity and elevation gradients was also evaluated
307 using a Shannon's index. Shannon index, the most commonly used index in ecological
308 studies, was used for identifying areas of high alpha diversity following the formula:

$$309 \quad H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

310 where, S is total number of species in the community (richness) and p_i is the
311 proportion of S made up of the i th species, and i is total number of individuals per
312 species (Lieberman *et al.*, 1996). We used exponential Shannon as it is a good
313 representation of the real species number and improve the comparison between plots.

314

315 Beta Diversity. It is a measure of general heterogeneity (Tuomisto, 2010) and is an
316 indicator of how many more species are represented in a collection of plots compared
317 to the overall site average. We estimated β diversity based on the Sorensen index,
318 which gives greater importance to species that are common to plots rather than those
319 species that are rare (Tuomisto, 2010). Based on pairwise comparison of plots, these
320 diversity coefficients range from 0 to 1, where the former indicates complete
321 difference among plots and the latter indicates that plots are identical or of the same

322 stand (Whittaker, 1960). If the number of share species in two plots is a, and the
323 number of species unique to each plot are b and c, then β diversity can be calculated
324 using the following formula:

$$325 \quad \beta = \frac{a + b + c}{(2a + b + c)/2} - 1 = \frac{2 + c}{2a + b + c}$$

326

327 Statistical analysis of beta and alpha diversity was conducted in R 3.2.2.

328

329 **Results**

330 *Forest composition.*

331 In 0.775 ha⁻¹ we reported a total of 1144 living stems; belonging to 42 families, 68
332 genera and 130 species (Appendix 1). We found that high and low elevation zones
333 share 8.5% of species, whereas high and middle elevation share 21.5%, and middle
334 and low elevation share 36.5%. The result of N-MDS showed a weak overlap among
335 three altitudinal zones with a stress level of 0.2, and ANOSIM showed a high
336 significant differences in species composition across all three elevational zones ($p \geq$
337 0.001). (Figure 2a).

338

339 Floristic composition was different between transects. They share just 41% of
340 the species, 63% of the genera and 71% of the families. The result of N-MDS showed
341 a weak overlap between plots of each transect with a stress level of 0.2, and ANOSIM
342 showed a high significant differences in species composition between transects ($p \geq$
343 0.002). (Figure 2b).

344

345 *Forest structure.*

346 We found significant differences in the physical structure between transects
347 (Appendix2). In the OT there was just one statistically significant relationship: basal
348 area decrease along the altitudinal gradient ($r^2= 0.52$; $p= 0.002$). The other structural
349 variables (stand volume and height) were not significant for both transects (Figure 3).

350

351 We also analyzed the forest structure for three altitudinal zones (low, middle
352 and high) but, we did not find any pattern. The structure and species values in the
353 three altitudinal zones are summarized in table 1.

354

355 *Ecological Importance Values.*

356 The most important families were Rubiaceae (11.6%), Melastomataceae (17.9%) and
357 Cunoniaceae (29.9%) at low, middle and high elevation, respectively. We found that
358 high and low elevation share 27% of families, high and middle elevation share 31% of
359 families and middle and low elevation share 41% of families (Figure 5).

360

361 Among the species, the most important was *Myrcianthes rhopaloides* with
362 9.8% of the IVI at low elevation, *Gordonia fruticosa* (11.9%) at mid-elevation and,
363 *Weinmannia rollottii* (17.3%) at higher elevations, these species being the most
364 diverse in those elevation (Figure 4). *Cyathea cf. frigida* had the greatest amplitude,
365 occurring along the altitudinal gradient.

366

367 *Dominance.*

368 In all study area the basal area for all individuals with ≥ 5 cm was $49.3 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. We
369 found that the lower basal area was in high altitude, and the low altitude was the most
370 density zone. (Table 1.)

371 *Forest diversity*

372 Alpha Diversity.

373 We found a significant trend for decreasing alpha diversity with increasing elevation
374 (Figure 6b and c). The highest α diversity in both transects was found in plots located
375 at 2600–2800 m. Such tendency was detected by the two diversity parameters used in
376 the analyses (species richness and exponential of Shannon) (Appendix 3). We did not
377 find significant difference for α diversity values between transects; exponential of H'
378 for OT= 45 and exponential of H' for CT= 50.

379

380 To know the tree diversity of the SRV is necessary take at least 30 individuals
381 randomly at some altitudinal zone (Appendix 4).

382

383 Beta Diversity.

384 Our results showed a decrease similarity between plots with increasing altitudinal
385 distances, from ~38% to <7% (Figure 7). Similarity between plots declines rapidly up
386 to a distance of 300 m, where plots share just 20% of the species. In plots located
387 >300 m apart similarity declines slowly from >20% to <2%.

388

389 **Discussion**

390 Our results show four trends across the elevational gradient: (1) basal area, stand
391 volume and height did not follow an obvious patterns, except in the open trail where
392 we found a significant statistical decrease in basal area with altitude; (2) species
393 composition was different between the three altitudinal zones; (3) alpha diversity
394 decreased with increasing elevation, and (4) beta diversity increased with altitudinal
395 distance. Below we discuss each of these major findings.

396 *Forest structure*

397 In our study area, the lack of a clear pattern, in altitudinal gradient, reflect that the
398 forest structure could be influenced by a number of factors, as we mentioned bellow,
399 which obscure the effect of altitude. (1) Insufficient sampling: the size and number of
400 plots were not large enough to detect a pattern; (2) the human impact recent history of
401 SVR: the timber extraction of certain areas found at particular lower elevation (<2700
402 m) and the cleaning of all OT and a part of the CT (<2600 m). This event controlled
403 the growth of some seedling and the number of stems; and (3) changes in
404 microclimatic conditions as a consequence of variation in a set of interrelated
405 environmental factors (temperature, fog and humidity) and physic factors (different
406 patterns of light and shadow, soil, nutrients, slope and disturbance frequency)
407 (Lieberman *et al.*, 1996; Homeier *et al.*, 2010; Clark *et al.*, 2015). All of these factors
408 were reflected in both trails and in 3 different zones.

409

410 The overall patterns found in forest structure in SVR are similar to those
411 observed in other forests. Lieberman *et al.* (1996) in Costa Rica (between 100–2600
412 m) and Rodriguez (2011) in Ecuador (between 3960–4160 m) found increment in
413 basal area and stand volume with increased of altitude; whereas Homeier *et al.* (2010)
414 in southern Ecuador (between 1850 to 2570 m) and Girardin *et al.* (2013) in Hawai
415 (between 200 and 3060 m) found that basal area and stand volume decreased with
416 altitude. These researches reported that besides altitude, other factors modify the
417 structural characteristics of a forests, like we suggest in SVR.

418

419 *Forest composition.*

420 The species composition differed greatly between the three elevational zones in our
421 site. Notably, each elevational zone share just a small percentage of species, which it
422 suggests that elevation plays an important role in species composition and that the
423 species are restricted to specific sites in the forest. The result are in line with niche
424 assembly theory (Chain-Guadarrama *et al.*, 2012), whereby species composition is
425 determined by local environmental conditions and competition, instead of the
426 predominantly species dispersal capacity (Condit *et al.*, 2008; Homeier *et al.*, 2010).

427

428 The distribution of the species in SVR could be explained by significant
429 changes in the environmental factors like: humidity, cloud formation, fog, soil
430 composition and temperature. They change significantly with altitude. Such a
431 variations offers a multitude of microclimates and will inevitably result in species
432 composition shifts (Young, 2006; Girardin *et al.*, 2013). Because the altitude modify
433 the habitat. We also recorded species with relatively narrow distribution, for example
434 *Weinmannia rollottii*, *Freziera verrucosa*, *Escallonia myrtilloides*, *Weinmannia*
435 *pinnata* and *Ilex hualgayoca* were dominant and restricted species at high elevation.
436 *Myrcianthes rhopaloides* was dominant and restricted at low elevation (Jørgensen and
437 León-Yáñez, 1999; Rapp *et al.*, 2012). With these results we suggest that there are at
438 least two types of forest in the studied gradient. Low and middle altitudinal zones
439 (2400–3000 m) correspond to a “montane cloud forest” characterized by persistent
440 cloud cover, trees with gnarled trunks and dense branches (Baquero *et al.*, 2004). The
441 second forest type located at 3100–3400 m, corresponded to a “high montane cloud
442 forest”, which is similar to a montane cloud forest except by the presence of constant
443 and abundant fog and mosses on the ground and tree trunks. This forest is

444 characterized by twisted and multiple-stemmed individuals, abundant bryophytes,
445 lichens and ferns and less woody climbers (Baquero *et al.*, 2004).

446

447 The niche assembly theory used to support the species composition found in
448 our study area is further supported by Young and Keating (2001), Chain-Guadarrama
449 *et al.* (2012), Girardin *et al.* (2013) and León-Yáñez *et al.* (2011), who suggest that the
450 composition of Andean forests is a result of the species capacity to compete
451 successfully in different environmental conditions. Other studies carried out in
452 Andean forest in southern Ecuador suggest that there are unfavorable germination
453 conditions in specific sites in the forests and this maintains species distribution limited
454 (Homeier *et al.*, 2010). In conclusion, it is more probably that the limited species
455 distribution is due to the ability of species to adapt to microclimates specializations
456 rather than dispersal limitation between different zones.

457

458 *Forest diversity.*

459 The α diversity in SVR is higher (167 species per ha⁻¹ in a range between 2437 to
460 3334 m) than diversity found in others Ecuadorian Andean forest at higher elevations.
461 For example Young (2001) and Valencia (1992) at northern Andean forests reported
462 140 species in 1 ha⁻¹ in Cotacachi-Cayapas Ecological Reserve at 3330–3630 m and
463 32 species per ha⁻¹ in Volcán Pasochoa at 3300 m, respectively. And the same time,
464 the α diversity in SVR is also lower than diversity found in other forests at inferior
465 elevation. For instance in southern Ecuador, Homeier *et al.* (2010) reported 279
466 species (dbh>5 cm) in 1ha⁻¹ at 1850–2570 m in Estación Científica San Francisco. The
467 elevational difference between the study plots compared can probably not explained
468 the difference in α diversity found in SVR. Nonetheless, the results of these studies,

469 added to the result of SVR, are consistent with the prediction of Gentry (1995), who
470 suggest that α diversity of Andean forests decreases with altitude.

471

472 We suggest that the α diversity found in SVR could be explained by
473 evolutionary history, environmental conditions, altitude, ecological interactions and
474 human disturbances, explained below.

475

476 *Alpha diversity.*

477 The α diversity decreased with altitude, except at lowest elevation (plot at 2400 m),
478 which seems to be disturbed forest, as explained below. This result is consistent with
479 other studies carried out in Andean and tropical forest (Elgaard and Øllgaard, 1993;
480 Madsen and Øllgaard, 1994; Lieberman *et al.*, 1996; Young and Keating, 2001;
481 Homeier *et al.*, 2010 and Girardin *et al.*, 2013).

482

483 We did not collected enough data to identify drivers and processes behind
484 these patterns. However, we hypothesize two set of reasons that could explain them.
485 First, we suggest that the trend of diversity decrease with altitude is due to local
486 environmental conditions at different altitudinal zones, which can limit the available
487 pool of species (Sklenár and Ramsay, 2001). With increasing elevation the
488 temperature becomes less hospitable for a larger number of species, some studies
489 reported an overall decrease of 0.6°C per 100 m of elevation (Baquero *et al.*, 2004).
490 Furthermore, cloud formation and low temperatures at higher elevation are often
491 correlated with edaphic factors indicating that increases in soil water content and
492 subsequent reductions in nutrient supply. Increased water saturation of soil also
493 promotes nutrient leaching and acidity (Barone *et al.*, 2008; Homeier *et al.*, 2010;

494 Girardin *et al.*, 2013). As a consequence only few species are adapted and can survive
495 at higher altitudes where they still find a favorable microsite and the total vegetation
496 cover decreases (Vázquez and Givnish, 1998; Sklenár and Ramsay, 2001; Malhi *et al.*,
497 2011).

498

499 The second hypothesis suggest, the unexpected low diversity found at 2400 m
500 seems to be due to past anthropogenic disturbances. Prior to the 1990s the area where
501 these plots are located was cleared for farming and timber extraction. Not surprisingly,
502 many timber species usually found in these elevations are less common in our sample
503 plots located at 2300 to 2500 m. For example, species typically found at this elevation,
504 such as *Guarea kunthiana*, *Myrsine andina*, *Myrsine coriacea*, *Ruagea membranosa*,
505 and *Meliosma arenosa* (Jørgensen and León-Yáñez, 1999) are less abundant in our
506 plots. The relatively low abundance of these trees suggests that there are signs of the
507 logging that produce a secondary forest, now under protection of SVR.

508

509 *Beta diversity.*

510 We found a high beta diversity in the altitudinal gradient: the pair of plots located
511 altitudinally closer shared maximum ~38% of the species, whereas plots located
512 farther apart share few (2% of species) to no species. This finding is a clear signal that
513 Andean cloud forest harbored a number of habitats in relatively short distance and
514 offer a large number of niches for the species. It is also evident that the altitude are
515 associated with other drivers that determine the species composition of forest
516 preserved by SVR. The levels of floristic dissimilarity between plots that we found at
517 SVR is likely explained by these environmental factors in conjunction with
518 geographical distance (niche assembly theory) (Chain-Guadarrama *et al.*, 2012). The

519 SVR occurs in a very heterogeneous landscape where the environment vary across
520 short altitudinal distances, creating microclimates of varied temperatures (in the
521 lowest and highest elevations the range of mean annual temperature is expected to be
522 of 5.4°C) , increased formation of fog, enrichment of soil, to name a few. As a result,
523 it appears that a high number of species have adapted to a variety of environmental
524 conditions (Condit *et al.*, 2002), serving as a source of variation for the high β
525 diversity found in our site.

526

527 Although estimates for β diversity in other Andean Montane Cloud Forest are
528 lacking, our results do agree with those reported in tropical forest of Peru, Panama,
529 Costa Rica and Ecuador (Condit *et al.*, 2002; Swenson *et al.*, 2010). These studies
530 corroborate the idea that environmental factors and geographical distance promoted
531 high β diversity, in contrast to explanations based on species dispersal capacity
532 (Condit *et al.*, 2008).

533

534 **Conclusion**

535 We show evidence that elevation plays an important role in composition forest and
536 diversity in SVR. The patterns of species diversity and ecological importance are
537 driven by local environmental conditions and the altitudinal differences, rather than
538 species dispersal capacity. This may be a consequence of divergent microclimates,
539 topography and edaphic conditions and past disturbance.

540

541 This research contributes as baseline data for subsequent long-term studies,
542 which will help to predict the impacts of past disturbances and predicting the effects
543 of future global changes.

544 **Acknowledgements.**

545 We would like to thank Pontificia Universidad Católica del Ecuador- Herbario QCA
546 project “Fortalecimiento de la colección del Herbario QCA mediante inventarios
547 botánicos en áreas de vacío de información florística, código K13-056” and Siempre
548 Verde Cloud Forest Reserve and Lovett School for financial and logistic support.
549 We thank the Ministerio del Ambiente del Ecuador for authorized our research under
550 permit No 005-14-IC-FLO-DNB/MA.

551

552 Kevin S. Burgess generosity offer help and technical advice to Rosa Jiménez
553 at Columbus State University. Camille Delavaux kindly revised and earlier revision of
554 the manuscript. We also tank Washington Santillán, Nelson Ruiz, Nicolas Zapata,
555 Nicolas Tinoco, Eduardo Atiencia and Diana Bautista for field assistance.

556

557 **Literature cited**

558 Asner, G. P., Anderson, C. B., Martin, R. E., Knapp, D. E., Tupayachi, R., Sinca, F.,
559 and Malhi, Y. 2014. Landscape-scale changes in forest structure and functional traits
560 along an Andes-to-Amazon elevation gradient. *Biogeosciences*, **11**(3): 843–856.

561

562 Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Tipan, M., Espinosa, L., Rivera, M.B. and Soria
563 P. (eds.). 2004. La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los
564 mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento
565 predictivo con especies indicadoras. EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG
566 SIGAGRO/CDC. Jatun Sacha/ División Geográfica – IGM. Quito.

567

- 568 Barone, J.A., Thomlinson, J., Cordero, P.A. and Zimmerman, J.K. 2008.
569 Metacommunity structure of tropical forest along an elevation gradient in Puerto Rico.
570 *Journal of Tropical Ecology*. **24**:1-10.
571
- 572 Chain-Guadarrama, A., Finegan, B., Vilchez, S., and Casanoves, F. 2012.
573 Determinants of rain-forest floristic variation on an altitudinal gradient in southern
574 Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, **28**(05): 463–481.
575
- 576 Clark, D.B., Hurtado, J. and Saatchi, S.S. 2015. Tropical Rain Forest Structure, Tree
577 Growth and Dynamics along a 2700-m Elevational Transect in Costa Rica. *Plos one*.
578 1-18.
579
- 580 Condit, R., Pitman, N., Egbert, G.L.Jr., Chave, J., Terborgh, J., Foster, P., Aguilar, S.,
581 Valencia, R., Villa, G., Muller-landau, H. C., Losos, E. and Hubbell S.P. 2002. Beta-
582 Diversity in Tropical Forest Trees. *Science*. **295**: 666-669
583
- 584 Curtis, J. and McIntosh, R. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest
585 border region of Wisconsin. *Ecology* **32**: 476-496.
586
- 587 De Cáceres, M., Legendre, P., Valencia, R., Cao, M., Chang, L., Chuyong, G., Condit,
588 R., Hao, Z., Hsieh, C., Hubbell, S., Kenfack, D., Ma, K., Mi1, X., Noor, N., Rahman,
589 A., Ren, K., Su, S., Sun, I., Thomas, D., Ye, W. and He, F. 2012. The variation of tree
590 beta diversity across a global network of forest plots. *Global Ecology and*
591 *Biogeography*.
592

- 593 Elgaard, J. and Øllgaard, B. 1993. Floristic composition, structure, and dynamics of an
594 upper montane rain forest in Southern Ecuador. *Nordic Journal of Botany*, **14** (4): 403-
595 423.
- 596
- 597 Feeley, K. J., Davies, S.J., Perez, R., Hubbell S.P. and Foster, R.B. 2011. Directional
598 changes in the species composition of a tropical forest. *Ecology*, **92**(4): 871–82.
- 599
- 600 Girardin, C.A.J., Farfan-Rios, W., Garcia, K., Feeley, K.J., Jørgensen, P.M.,
601 Murakami, A.A., Pérez, L.C., Seidel, R., Paniagua, N., Fuentes, A.F., Maldonado, C.,
602 Silman, M., Salinas, N., Reynel, C., Neill, A.D., Serrano, M., Caballero, C.J., LA
603 Torre, M., Macías, J.M., Killen, T.J. and Malhi, Y. 2013. Sapatial patterns of above-
604 ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation
605 transects. *Plant Ecology & Diversity*.
- 606
- 607 Gentry, A.H. 1988. Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition
608 on Environmental and Geographical Gradients. *Missouri Botanical Garden*, **75**: 1-34.
- 609
- 610 Gentry, A.H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical
611 montane forest. *Biodiversity and Conservation of Neotropical montane forest*. The
612 New York Botanical Garden. 89-102.
- 613
- 614 Homeier, J., Bomeiereckle, S., Günter, S., Rollenbeck, R., and Leuschner, C. 2010.
615 Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical
616 Gradients in a Species Rich Ecuadorian Montane Rain Forest. *Biotropica*, **42**: 140–
617 148.

- 618 Jørgensen, P.M. and Ulloa, C.U. 1994. Seed plants of the high Andes of Ecuador.
619 *Systematic Botany*. **34**: 443
620
- 621 Jørgensen, P.M. and S. León-Yanez. (eds.). 1999. Catálogo de Plantas Vasculares del
622 Ecuador. Missouri Botanical Garden. **75**:i-vii-1-1182.
623
- 624 Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. and Hartshorn, G.S. 1996. Tropical forest
625 structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal*
626 *of Ecology*. **84**: 137-152.
627
- 628 León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, L., Endara, C., Ulloa Ulloa y Navarrete, H.
629 (eds.).2011. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Segunda Edición. Quito.
630 Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
631
- 632 Loza, I., Moraes, M., and Jørgensen, P. 2010. Variación de la diversidad y
633 composición florística en relación a la elevación en un bosque montano Boliviano
634 (PNANMI Madidi). *Ecología En Bolivia*, **45**(2): 87–100.
635
- 636 Madsen, J.E. and Øllgaard, B. 1994. Floristic composition, structure, and dynamics of
637 an upper montane rain forest in Southern Ecuador. *Nordic Journal of Botanic*. **14**:
638 403-423
639
- 640 Malhi, Y., Doughty, C. and Galbraith, D. 2011. The allocation of ecosystem net
641 primary productivity in tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal*
642 *Society, B*, **366**(1582): 3225-3245.

- 643 Pennington, R. T., Lavin, M., Särkinen, T., Lewis, G. P., Klitgaard, B. B., & Hughes,
644 C. E. 2010. Contrasting plant diversification histories within the Andean biodiversity
645 hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*
646 *America*, **107**(31): 13783–13787.
- 647
- 648 Rapp, J. M., Silman, M. R., Clark, J. S., Girardin, C. A. J., Galiano, D., Tito, R., &
649 Doak, D. F. 2012. Intra- and interspecific tree growth across a long altitudinal gradient
650 in the Peruvian Andes. *Ecology*, **93**(9): 2061–2072.
- 651
- 652 Richter, M., Diertl, K.-H., Emck, P., Peters, T., & Beck, E. 2009. Reasons for an
653 outstanding plant diversity in the tropical Andes of Southern Ecuador. *Landscape*
654 *Online*, **12**: 1–35.
- 655
- 656 Rodríguez, M. 2011. Estudio De La Diversidad Florística a Diferentes Altitudes En El
657 Páramo De Almohadillas De La Comunidad Yatzaputzán, Cantón Ambato. Tesis de
658 Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos
659 Naturales Escuela de Ingeniería Forestal. Ecuador
- 660 Siempre Verde Reserve. 2015. Bosque y Vegetación. *The Lovett School*. 1-45
- 661
- 662 Sklenár, P., and Ramsay, P. M. 2001. Diversity of zonal páramo plant communities in
663 Ecuador. *Diversity and Distributions*, **7**(3): 113–124.
- 664
- 665 Swenson, N.G., Anglada-Cordero, P. and Barone, J.A. 2010. Deterministic tropical
666 tree community turnover: evidence from patterns of functional beta diversity along an
667 elevational gradient. *The Royal Society*. **278**: 877-884

- 668 Thinh, N.V., Mitlöhner, R. and Van Bich, N. 2015. Comparison of floristic
669 composition in four sites of a tropical lowland forest on the North-Central Coast of
670 Vietnam, *Journal of Nature and Science*. **1**(8).
- 671
- 672 Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone
673 awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity.
674 *Ecography*. **33**: 2–22.
- 675
- 676 Valencia, R. and Jørgensen P.M. 1992. Composition and structure of a humid
677 montane foresto on the Pasochoa volcano, Ecuador. *Nordic Journal of Botany* **12**:
678 239-247.
- 679
- 680 Valencia, R., Cerón, C.E., Palacios, W. and Sierra R. 1999. Los Sistemas de
681 clasificación de la Vegetación propuestos para el Ecuador. En: Propuesta preliminar
682 de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador continental. Ed. Sierra.
683 *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito*. 19- 28.
- 684
- 685 Vázquez, J.A., and Givnish, T.J., 1998. Altitudinal gradients in the tropical forest
686 composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology*.
687 **86**: 999–1020.
- 688
- 689 Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California.
690 *Ecological Monographs*. **30**: 279–338.
- 691

- 692 Young, K. R., and Keating, P. L. 2001. Remnant forests of Volcan Cotacachi,
693 northern Ecuador. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, **33**(2): 165–172.
694
- 695 Young, K.R. 2006. Bosques húmedos. En: Moraes *et al.*, (eds.). *Botánica Económica*
696 *de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Figures

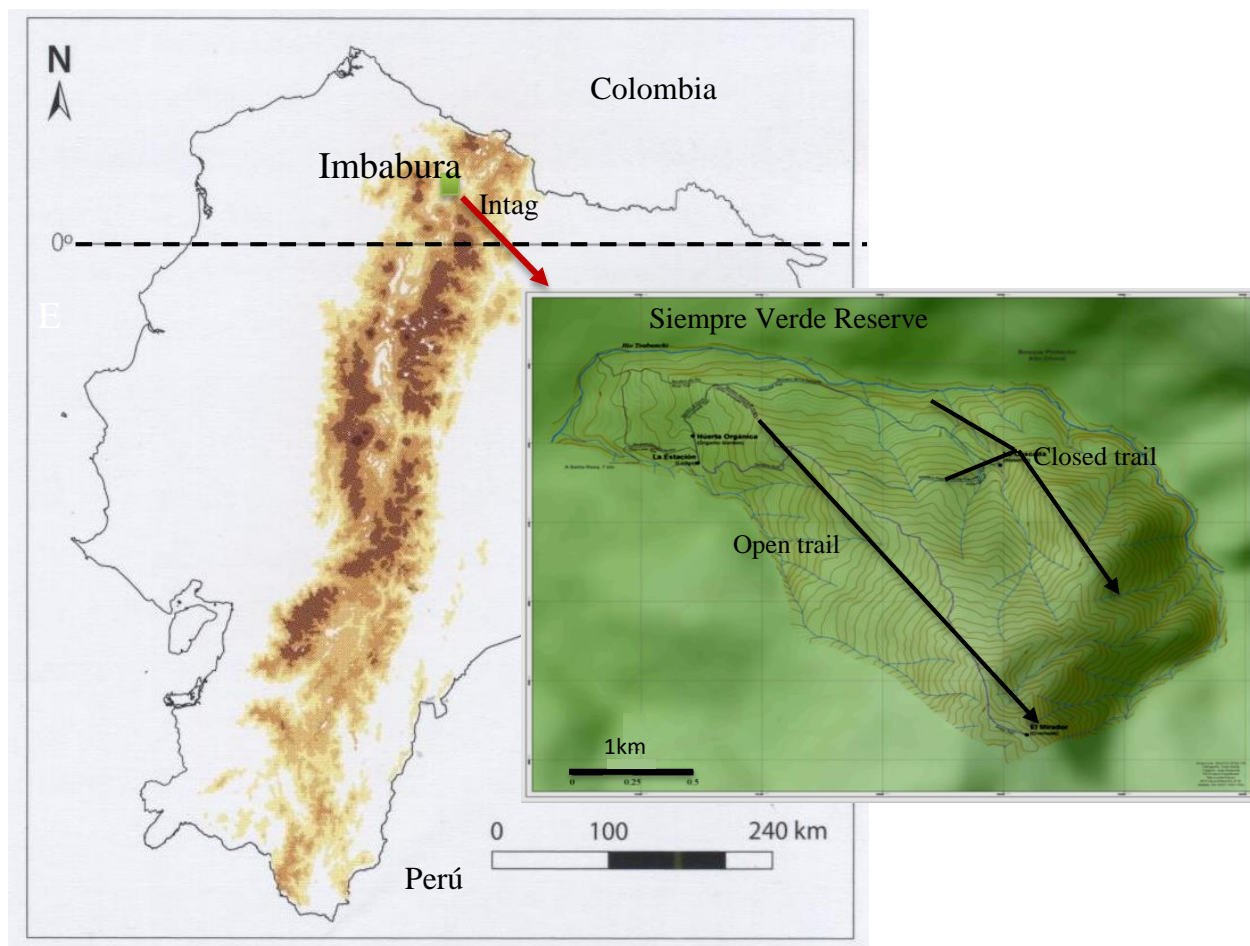


Figure 1. Location of the Siempre Verde Reserve and study area in the Ecuadorean Andes. Open trail (sixteen plots between 2437–3334 m asl) and closed trail (fifteen plots between 2451–3052 m asl).

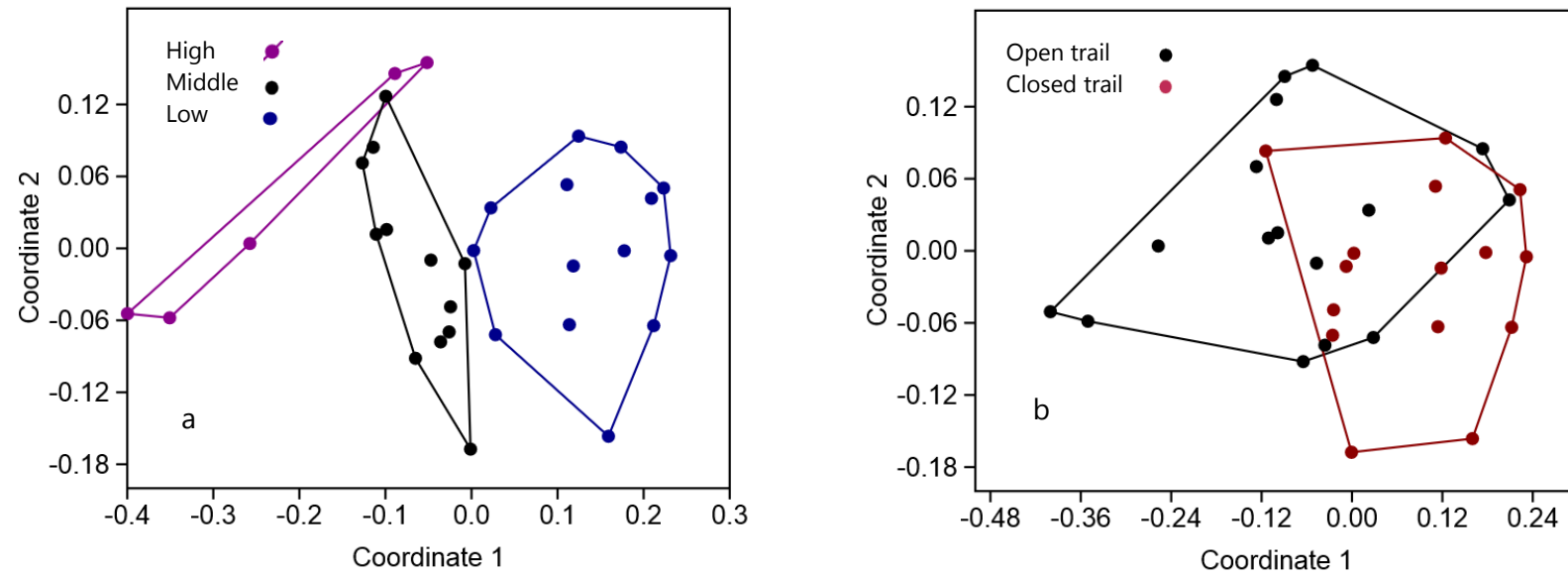


Figure 2. Non-Metric Multidimensional Scaling used a Bray-Curtis dissimilarity matrix with abundance data for all stems. a) Difference in species composition among three altitudinal zones; low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m). b) Difference in species composition between two transects: open trail (2437-3334 m) and closed trail (2451-3052 m).

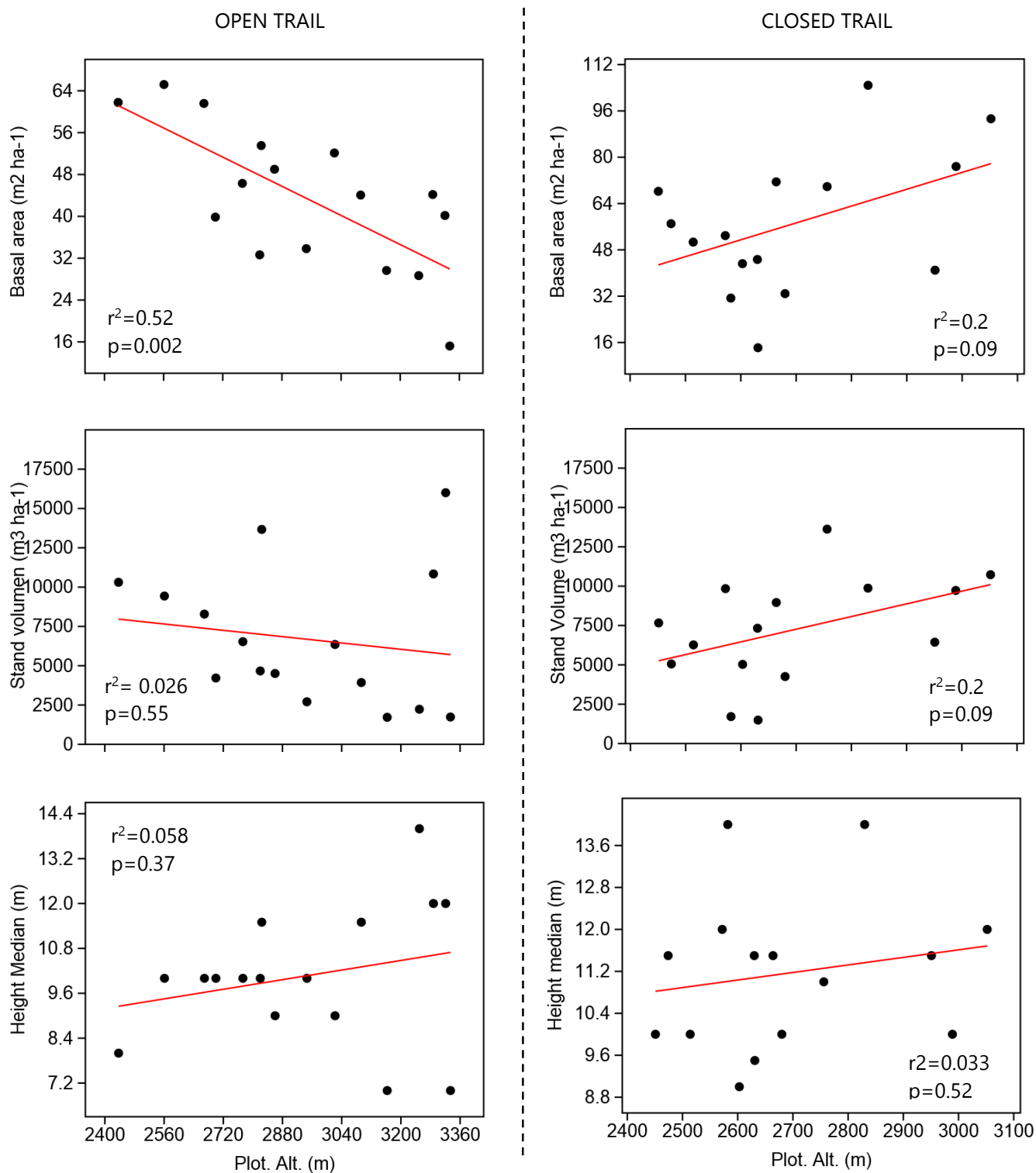


Figure 3. Relationships between structural variables and altitude by transects: Open trail (2437–3334 m) and Closed Trail (2451–3052 m).

Species Important Value Index (IVI)

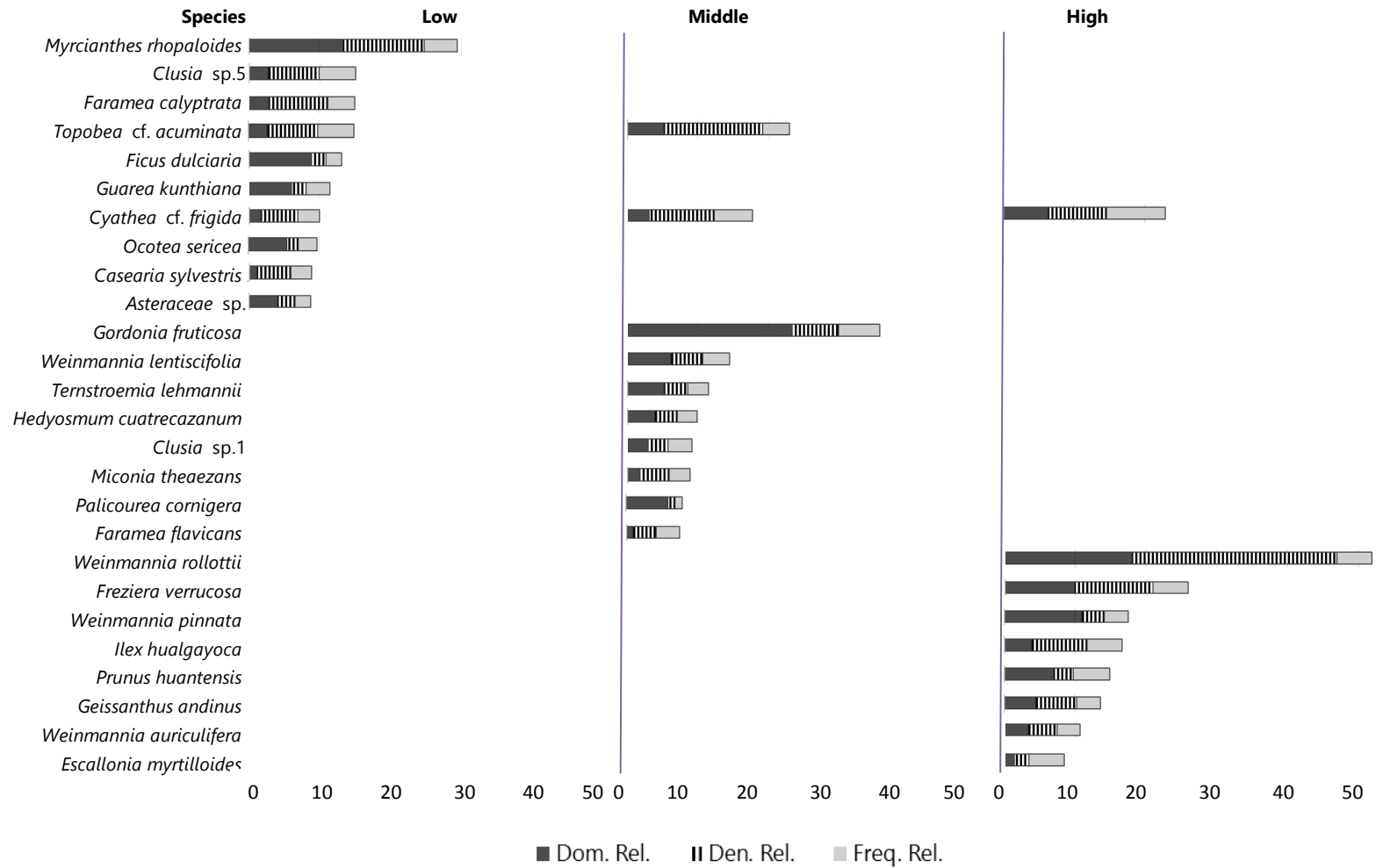


Figure 4. The 10 most important species arrange according to their ecological importance value in each altitudinal zones. Low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m).

Families Important Index (FIV)

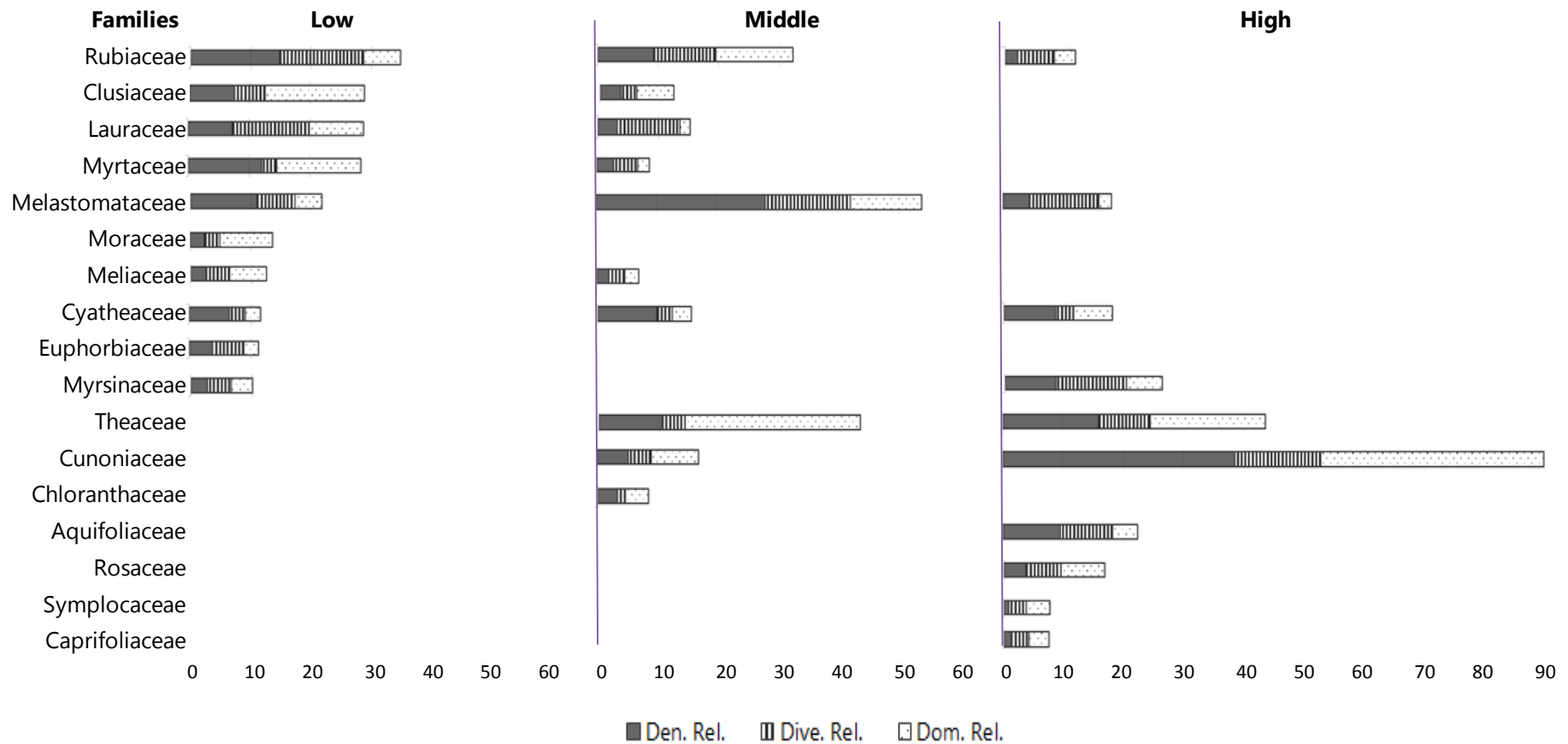


Figure 5. The 10 most important families arranged according to their ecological importance value in each altitudinal zones. Low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m).

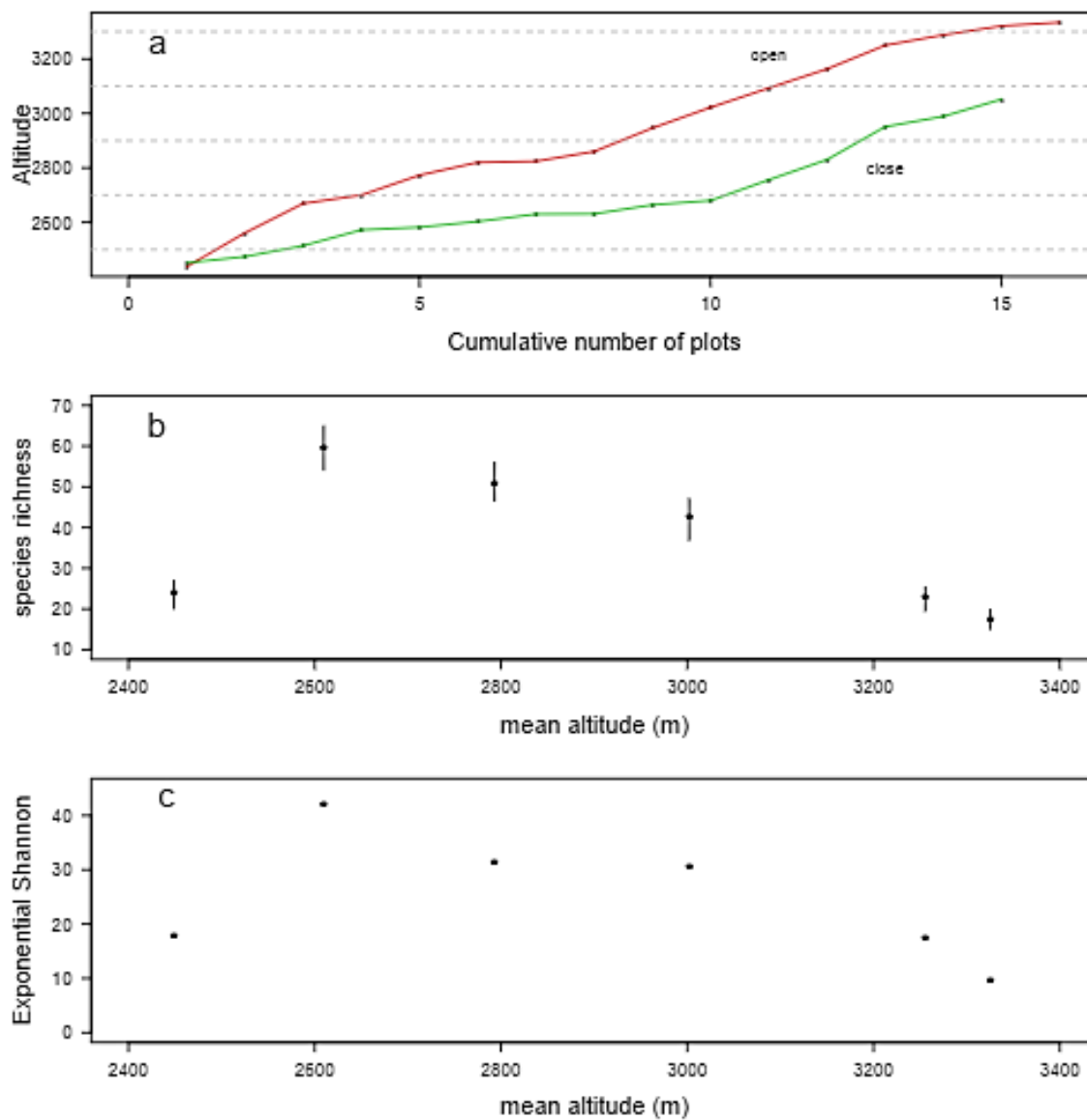


Figure 6. Altitudinal location of plots in the two transects, open and closed (a). Species richness (b) and species diversity (c) in six 200 m altitudinal zones. Vertical lines in b are 95% confidence intervals (b).

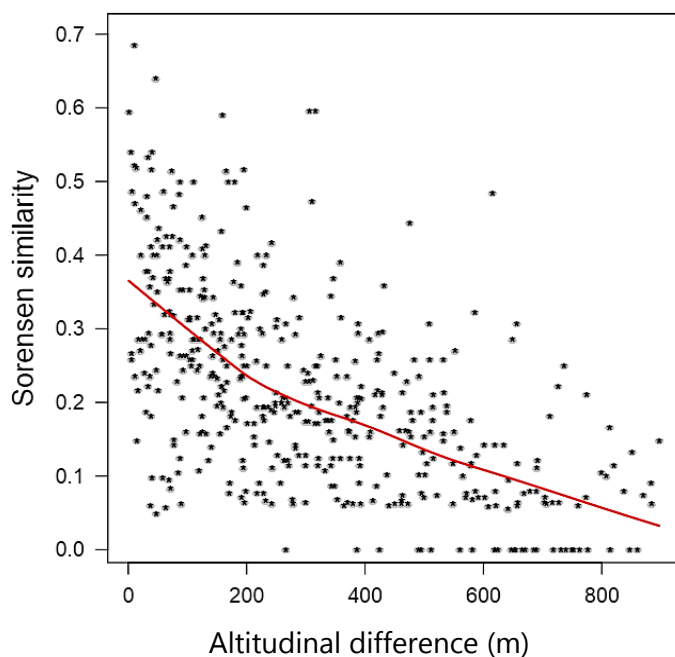


Figure 7. Comparison of species composition of plots. Similarity between plots as a function of altitudinal difference. Each dot represents a pair of plots. Solid line shows that similarity between plots declines with increasing altitudinal distance.

Table 1. Structure and species values in three different altitudinal zones: low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m). Range values are indicated in parenthesis.

Altitude	Low	Middle	High
Elevational range (m)	2400-2700	2700-3100	3100-3400
No of plots	14	12	5
No of stems	481	411	252
No of species	79	78	35
No of genera	49	52	36
No of families	35	24	19
Total area (ha ⁻¹)	0.45	0.39	0.16
dbh mean	16.7(5, 78)	17.9(5, 92)	12.4(5, 52)
Height mean (m)	11.1(2, 32)	11.2(2.5, 35)	10.6(2.5, 24)
Total basal area (m ² h ⁻¹)	49.7	56.33	31.2
Total stand volume (m ³ h ⁻¹)	266.6	311.3	137.6

4. APPENDIXES

Appendix 1: Species list and density of stems in the three elevational zones (low 2437–2700 m, middle 2756–3052 m and high 3163–3334 m). Data of 1144 stems found in SVR by altitude and endemic species.

Families/ Genera/ Species	No of stems by altitude			Total	Endemic=E None= N
	Low	Middle	High		
Actinidiaceae	2	3		5	N
<i>Saurauia</i>	2	3		5	N
<i>Saurauia brachybotrys</i> Turcz.		1		1	N
<i>Saurauia tomentosa</i> (Kunth) Spreng.	2	2		4	N
Aquifoliaceae		2	24	26	N
<i>Ilex</i>		2	24	26	N
<i>Ilex hualgayoca</i> Loizeau & Spichiger		2	20	22	N
<i>Ilex myricoides</i> Kunth			3	3	N
<i>Ilex weberlingii</i> Loizeau & Spichiger			1	1	N
Araliaceae	12	5	1	18	N
<i>Oreopanax</i>	12	5	1	18	N
<i>Oreopanax grandifolius</i> Borchs.	1	3	1	5	E
<i>Oreopanax palamophyllus</i> Harms	10	2		12	N
<i>Oreopanax robustus</i> Borchs.	1			1	E
Asteraceae	12	4		16	N
Asteraceae	12	4		16	N
<i>Asteraceae</i> sp.	12	4		16	N
Brunelliaceae	1	2	1	4	N
<i>Brunellia</i>	1	2	1	4	N
<i>Brunellia acostae</i> Cuatrec.	1			1	N
<i>Brunellia tomentosa</i> Bonpl.		2	1	3	N
Caprifoliaceae		4	3	7	N
<i>Viburnum</i>		4	3	7	N
<i>Viburnum urbani</i> Graebn.		4	3	7	N
Cecropiaceae	4			4	N
<i>Cecropia</i>	4			4	N
<i>Cecropia andina</i> Cuatrec.	1			1	N
<i>Cecropia maxima</i> Snethl.	3			3	E
Celastraceae		3		3	N
<i>Maytenus</i>		3		3	N
<i>Maytenus macrocarpa</i> (Ruiz & Pav.) Briq.		3		3	N
Chloranthaceae	6	13		19	N
<i>Hedyosmum</i>	6	13		19	N
<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i> Occhioni	6	13		19	N

Clethraceae	4	5	6	15	N
<i>Clethra</i>	4	5	6	15	N
<i>Clethra fagifolia</i> Kunth	2			2	N
<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.			6	6	N
<i>Clethra revolute</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	2	5		7	N
Clusiaceae	36	14		50	N
<i>Clusia</i>	36	14		50	N
<i>Clusia</i> sp.1		11		11	N
<i>Clusia</i> sp.2	3			3	N
<i>Clusia</i> sp.3	1	3		4	N
<i>Clusia</i> sp.4	1			1	N
<i>Clusia</i> sp.5	31			31	N
Cunoniaceae	3	21	97	121	N
<i>Weinmannia</i>	3	21	97	121	N
<i>Weinmannia auriculifera</i> Hieron.		1	10	11	N
<i>Weinmannia lentiscifolia</i> C. Presl	3	18	3	24	N
<i>Weinmannia mariquitae</i> Szyszyl.			3	3	N
<i>Weinmannia pinnata</i> L.			8	8	N
<i>Weinmannia rollottii</i> Killip		2	73	75	N
Cyatheaceae	31	40	21	92	N
<i>Cyathea</i>	31	40	21	92	N
<i>Cyathea</i> cf. <i>Frigida</i> (H. Karst.) Domin	25	38	21	84	N
<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée	6	2		8	N
Dicksoniaceae	3	8		11	N
<i>Dicksonia</i>	3	8		11	N
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	3	8		11	N
Ericaceae			1	1	N
<i>Pernettya</i>			1	1	N
<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.			1	1	N
Escalloniaceae			5	5	N
<i>Escallonia</i>			5	5	N
<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.			5	5	N
Euphorbiaceae	18	6		24	N
<i>Hyeronima</i>	3	2		5	N
<i>Hyeronima macrocarpa</i> Müll. Arg.	1			1	N
<i>Hyeronima scabrida</i> (Tul.) Müll. Arg.	2	2		4	N
<i>Sapium</i>	15			15	N
<i>Sapium laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb.	10			10	N
<i>Sapium stylare</i> Müll. Arg.	5			5	N
<i>Tetrorchidium</i>		4		4	N
<i>Tetrorchidium macrophyllum</i> Müll. Arg.		4		4	N
Fabaceae	6			6	N
<i>Dussia</i>	3			3	N
<i>Dussia lehmannii</i> Harms	3			3	N

<i>Erythrina</i>	3		3	N	
<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	2		2	N	
<i>Erythrina schimpffii</i> Diels	1		1	E	
Flacourtiaceae	23	2	25	N	
<i>Banara</i>		2	2	N	
<i>Banara guianensis</i> Aubl.		2	2	N	
<i>Casearia</i>	23		23	N	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	23		23	N	
Lauraceae	35	13	48	N	
<i>Endlicheria</i>	1	1	2	N	
<i>Endlicheria</i> sp.1	1		1	N	
<i>Endlicheria</i> sp.4		1	1	N	
Lauraceae	2		2	N	
<i>Lauraceae</i> sp.2	1		1	N	
<i>Lauraceae</i> sp.3	1		1	N	
<i>Nectandra</i>	17	9	26	N	
<i>Nectandra</i> cf. <i>laurel</i> Klotzsch ex Nees	3	3	6	N	
<i>Nectandra</i> cf. <i>lineatifolia</i> (Ruiz & Pav.) Mez	3	3	6	N	
<i>Nectandra</i> cf. <i>obtusata</i> Rohwer	6	1	7	N	
<i>Nectandra</i> sp.1	5	2	7	N	
<i>Ocotea</i>	12	2	14	N	
<i>Ocotea pachypoda</i> Mez & Sodiro	4	1	5	E	
<i>Ocotea sericea</i> Kunth	8	1	9	N	
<i>Persea</i>	3	1	4	N	
<i>Persea</i> cf. <i>bullata</i> L.E. Kopp	3	1	4	E	
Melastomataceae	53	115	11	179	N
<i>Axinaea</i>		8	5	13	N
<i>Axinaea</i> cf. <i>sclerophylla</i> Triana		7		7	E
<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana			5	5	N
<i>Axinaea quitensis</i> Benoist		1		1	E
<i>Blakea</i>	4			4	N
<i>Blakea rotundifolia</i> D. Don	4			4	E
<i>Meriania</i>	3	1		4	N
<i>Meriania maxima</i> Markgr.		1		1	N
<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	3			3	N
<i>Miconia</i>	12	48	6	66	N
<i>Miconia barbeyana</i> Cogn.		1		1	N
<i>Miconia</i> cf. <i>sodiroi</i> Wurdack		11	3	14	E
<i>Miconia corymbiformis</i> Cogn.		7	1	8	N
<i>Miconia difficilis</i> Triana		2		2	N
<i>Miconia lasiocalyx</i> Cogn.	10	10		20	N
<i>Miconia</i> sp. 1			2	2	N
<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	2	17		19	N
<i>Tibouchina</i>		1		1	N

<i>Tibouchina gleasoniana</i> Wurdack		1		1	E
<i>Topobea</i>	34	57		91	N
<i>Topobea</i> cf. <i>acuminata</i> Wurdack	34	57		91	N
Meliaceae	12	8	1	21	N
<i>Guarea</i>	10	2		12	N
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	10	2		12	N
<i>Ruarea</i>	2	6	1	9	N
<i>Ruarea membranacea</i> W. Palacios	1			1	E
<i>Ruarea pubescens</i> H. Karst.		6	1	7	N
<i>Ruarea tomentosa</i> Cuatrec.	1			1	N
Mimosaceae	11			11	N
<i>Inga</i>	11			11	N
<i>Inga</i> cf. <i>insignis</i> Kunth	11			11	N
Moraceae	11	1		12	N
<i>Ficus</i>	10	1		11	N
<i>Ficus dulciaria</i> Dugand	10	1		11	N
<i>Morus</i>	1			1	N
<i>Morus insignis</i> Bureau	1			1	N
Myrsinaceae	13	7	21	41	N
<i>Cybianthus</i>			1	1	N
<i>Cybianthus</i> sp.			1	1	N
<i>Geissanthus</i>	9	7	20	36	N
<i>Geissanthus andinus</i> Mez			15	15	N
<i>Geissanthus ecuadorensis</i> Mez	9	7	2	18	E
<i>Geissanthus vanderwerffii</i> Pipoly			3	3	E
<i>Myrsine</i>	4			4	N
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	3			3	N
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	1			1	N
Myrtaceae	58	11		69	N
<i>Myrcianthes</i>	58	11		69	N
<i>Myrcianthes orthostemon</i> (O. Berg) Grifo	3	4		7	N
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh	55	6		61	N
<i>Myrcianthes</i> sp.1		1		1	N
Piperaceae	15	1		16	N
<i>Piper</i>	15	1		16	N
<i>Piper puraceanum</i> Trel. & Yunck.		1		1	N
<i>Piper sodiroi</i> C. DC.	15			15	E
Primulaceae		3		7	N
<i>Ardisia</i>		3		3	N
<i>Ardisia</i> sp. 1		3		3	N
Rosaceae	7	3	9	19	N
<i>Hesperomeles</i>			2	2	N
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.			2	2	N
<i>Prunus</i>	7	3	7	17	N

<i>Prunus huantensis</i> Pilg.	7	3	7	17	N
Rubiaceae	71	38	5	114	N
<i>Cinchona</i>	3	1	2	6	N
<i>Cinchona pitayensis</i> (Wedd.) Wedd.	2	1	2	5	N
<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	1			1	N
<i>Faramea</i>	41	27		68	N
<i>Faramea calyptrate</i> C.M. Taylor	40			40	N
<i>Faramea</i> cf. <i>ovalis</i> Standl.		13		13	N
<i>Faramea flavicans</i> (Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.) Standl.	1	14		15	N
<i>Gonzalagunia</i>		1		1	N
<i>Gonzalagunia</i> sp.		1		1	N
<i>Guettarda</i>	5	2		7	N
<i>Guettarda dependens</i> (Ruiz & Pav.) DC.	1			1	N
<i>Guettarda hirsute</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	4	2		6	N
<i>Palicourea</i>	22	7	3	32	N
<i>Palicourea amethystine</i> (Ruiz & Pav.) DC.	7	2	3	12	N
<i>Palicourea</i> cf. <i>stipularis</i> Benth.	6	1		7	N
<i>Palicourea cornigera</i> C.M. Taylor		4		4	E
<i>Palicourea lineata</i> Benth.	2			2	N
<i>Palicourea lyristipula</i> Wernham	5			5	N
<i>Palicourea stenosepala</i> Standl.	2			2	E
Rutaceae		1		1	N
<i>Zanthoxylum</i>		1		1	N
<i>Zanthoxylum andinum</i> Reynel		1		1	N
Sabiaceae	12	9	2	23	N
<i>Meliosma</i>	12	9	2	23	N
<i>Meliosma arenosa</i> Idrobo & Cuatrec.	1	4		5	N
<i>Meliosma frondosa</i> Cuatrec. & Idrobo	9	5	2	16	N
<i>Meliosma</i> sp.1	2			2	N
Sapindaceae		5		5	N
<i>Allophylus</i>		5		5	N
<i>Allophylus excelsus</i> (Triana & Planch.) Radlk.		1		1	N
<i>Allophylus floribundus</i> (Poepp.) Radlk.		4		4	N
Siparunaceae		1	1	2	N
<i>Siparuna</i>		1	1	2	N
<i>Siparuna pilosolepidota</i> Heilborn		1	1	2	E
Solanaceae	8	4	1	13	N
<i>Cestrum</i>			1	1	N
<i>Cestrum humboldtii</i> Francey			1	1	N
Solanaceae	6	3		9	N
<i>Solanaceae</i> sp.2	6	1		7	N
<i>Solanaceae</i> sp.3		2		2	N
<i>Solanum</i>	2	1		3	N
<i>Solanum</i> sp.1	2			2	N

<i>Solanum</i> sp.2		1		1	N
Staphyleaceae	2	3		5	N
<i>Turpinia</i>	2	3		5	N
<i>Turpinia heterophylla</i> (Ruiz & Pav.) Tul.	1	3		4	N
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	1			1	N
Styracaceae	1	4		5	N
<i>Styrax</i>	1	4		5	N
<i>Styrax heterotrichus</i> Perkins	1	4		5	N
Symplocaceae	3	4	2	9	N
<i>Symplocos</i>	3	4	2	9	N
<i>Symplocos quitensis</i> Brand	3	1		4	N
<i>Symplocos subandina</i> B. Ståhl		3	2	5	E
Theaceae	6	43	40	89	N
<i>Freziera</i>		2	29	31	N
<i>Freziera reticulata</i> Bonpl.		2	1	3	N
<i>Freziera verrucosa</i> Kobuski			28	28	N
<i>Gordonia</i>	3	27	11	41	N
<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H. Keng	3	27	11	41	N
<i>Ternstroemia</i>	3	14		17	N
<i>Ternstroemia lehmannii</i> (Hieron.) Urb.	3	14		17	N
Thymelaeaceae	1			1	N
<i>Schoenobiblus</i>	1			1	N
<i>Schoenobiblus panamensis</i> Standl. & L.O. Williams	1			1	N
Urticaceae		1		1	N
<i>Boehmeria</i>		1		1	N
<i>Boehmeria celtidifolia</i> Kunth		1		1	N
Verbenaceae	1	4		5	N
<i>Aegiphila</i>	1	4		5	N
<i>Aegiphila bogotensis</i> (Spreng.) Moldenke	1	2		3	N
<i>Aegiphila</i> cf. <i>panamensis</i> Moldenke		2		2	N
Total	481	411	252	1144	19

Appendix 2: Stand physical structure in 31 plots established in two transects.

Open trail (OT)

Plot	Plot. Alt. (m)	No. of stems	Height (m)			d.b.h			Basal area m ² ha ⁻¹	Stand volume m ³ ha ⁻¹
			Max.	Median	Mean	Max.	Mean	Median		
15	2437	53	24	8	9.44	57	14.7	9.8	61.78	10307
14	2561	42	22	10	10.33	61.5	16.8	11.8	65.2	9432.3
13	2669	33	32	10	12.22	64.5	18.9	12.6	61.58	8282.5
12	2700	29	20	10	10.95	56.5	16.8	12.8	39.85	4217.5
11	2773	39	20	10	10.85	44.5	16.3	14	46.3	6528.3
10	2820	44	20	10	9.75	30.7	13.9	12.7	32.64	4667.5
31	2824	58	24	11.5	13.2	42.5	14.4	9.8	53.53	13668
9	2860	23	30	9	11.99	68.5	20.8	14.5	49	4504.7
8	2946	24	16	10	10	36	19.6	17.8	33.82	2705.6
7	3022	35	25	9	10.44	48	18	12	52.12	6350
6	3093	21	35	11.5	12.75	59	20.5	15	44.07	3931
5	3163	21	16	7	8.29	52	17.8	13.5	29.65	1719.7
4	3250	17	16	14	13.75	41.5	21.6	18	28.67	2231.5
3	3288	63	24	12	11.68	36	13.6	12.5	44.17	10836.4
1	3321	100	20	12	11.96	26	10.7	11	40.16	16003.8
2	3334	51	11	7	6.72	20	9	8	15.21	1736.5

Closed trail (CT)

Plot	Plot. Alt. (m)	No. stems	Height (m)			d.b.h			Basal area m ² ha ⁻¹	Stand volume m ³ ha ⁻¹
			Max.	Median	Mean	Max.	Mean	Median		
28	2451	31	20	10	10.8	65	21	14	68.22	7663.4
29	2474	22	20	11.5	12	61	23.9	15.5	57.04	5057.5
30	2514	35	20	10	10.6	65	16.7	10	50.68	6267.4
27	2572	48	20	12	11.6	39	16	13	52.92	9843.1
26	2582	13	20	14	12.6	46	24.5	22	31.33	1712.7
25	2603	34	20	9	10.2	61	15.9	11	43.23	5029.1
24	2630	40	25	11.5	12.3	57	15.2	11.5	44.67	7325.9
23	2631	32	16	9.5	9.8	26	10.9	10	14.18	1488.9
22	2664	32	22	11.5	11.7	78	18.4	10.3	71.49	8960.1
21	2680	37	20	10	10.5	49	14	10	32.87	4256.7
20	2756	48	24	11	12.1	80	16.8	12	69.85	13620.8
19	2830	20	22	14	14.1	92	31.9	28	104.85	9873.4
18	2951	42	20	11.5	11.2	40	14.9	10.8	40.97	6439.1
17	2989	31	23	10	10.5	69	19.5	12.5	76.8	9728
16	3052	26	22	12	12.8	79	23.9	15	93.29	10728.4

Physical structure in the 3 elevational zones: low (2437–2700 m), middle (2756–3052 m) and high (3163–3334 m)

Altitude	Low	Middle	High
Elevational range (m)	2400-2700	2700-3100	3100-3400
No of plots	14	12	5
Total area (ha ⁻¹)	0.35	0.3	0.125
No of stems in ha ⁻¹	1374	1370	2016
dbh mean	16.7	17.9	12.4
Height mean (m)	11.1	11.2	10.6
Total basal area (m ²)	17.4	16.9	3.9
Total stand volume (m ³)	93.3	93.4	17.2

Appendix 3: Stand density and species diversity in 31 plots established in two transects.

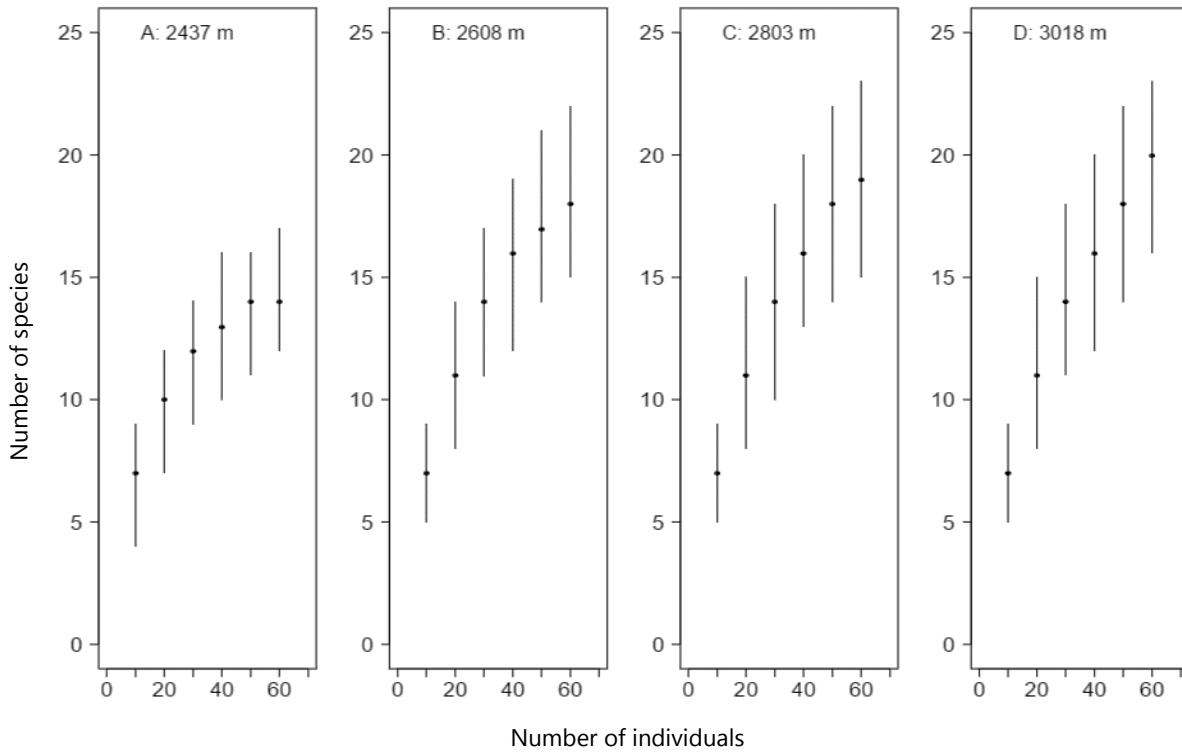
Open trail (OT)

Plot	Plot. Alt. (m)	No. of stems	No. of species	Shannon's diversity (species)	No. of families	Shannon's diversity (families)	Mean species per family	Mean individual per species
15	2437	53	17	11.744	13	9.478	1.89	3.31
14	2561	42	14	8.425	10	6.101	1.56	2.63
13	2669	33	17	12.165	12	9.133	1.89	2.06
12	2700	29	18	15.299	14	10.627	2	1.81
11	2773	39	14	10.005	11	6.985	1.56	2.44
10.1	2820	44	23	18.947	16	12.644	2.56	2.75
10.2	2824	58	24	17.695	16	9.5	2.67	3.63
9	2860	23	14	11.722	12	9.813	1.56	1.44
8	2946	24	15	13.179	10	7.34	1.67	1.5
7	3022	35	15	11.202	10	6.216	1.67	2.19
6	3093	21	10	7.518	9	7.038	1.11	1.31
5	3163	21	11	10.071	10	9.195	1.22	1.31
4	3250	17	8	6.83	8	6.83	0.89	1.06
3	3288	63	14	9.096	9	5.809	1.56	3.94
1	3321	100	16	8.305	9	4.552	1.78	6.25
2	3334	51	11	6.08	8	5.105	1.22	3.19

Closed trail (CT)

Plot	Plot. Alt. (m)	No. of stems	No. of species	Shannon's diversity (species)	No. of families	Shannon's diversity (families)	Mean species per family	Mean individual per species
28	2451	31	17	14.816	14	11.821	1.89	1.94
29	2474	22	11	8.478	10	7.96	1.22	1.38
30	2514	35	17	14.35	11	8.575	1.89	2.19
27	2572	48	18	14.5	15	11.228	2	3
26	2582	13	8	7.327	8	7.327	0.89	0.81
25	2603	34	17	13.688	13	11.276	1.89	2.13
24	2630	40	20	13.836	13	9.527	2.22	2.5
23	2631	32	17	14.088	13	10.321	1.89	2
22	2664	32	20	15.073	16	12.267	2.22	2
21	2680	37	24	19.163	19	14.403	2.67	2.31
20	2756	48	23	17.474	15	10.036	2.56	3
19	2830	20	15	13.421	10	8.374	1.67	1.25
18	2951	42	21	15.017	16	11.677	2.33	2.63
17	2989	31	17	11.777	16	10.605	1.89	1.94
16	3052	26	16	13.712	12	8.367	1.78	1.63

Appendix 4: Random number of individuals at different altitudes. The high confidence coefficients explained the high variation in SVR. To know the tree diversity of the SRV is necessary take at least 30 individuals randomly at some altitudinal zone.



5. NORMAS PARA PUBLICAR

INTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Esta es una guía dirigida a las personas interesadas en publicar en *Botanical Sciences*, órgano oficial de la Sociedad Botánica de México. *Botanical Sciences* es una revista científica especializada de botánica cuyo objetivo principal es publicar trabajos de investigación originales en las diferentes áreas de las ciencias vegetales. La revista publica artículos originales de investigación, de revisión, así como revisiones de libros de interés botánico. Se publican trabajos en inglés con resúmenes en español.

Todos los manuscritos serán revisados por dos pares independientes antes de que cualquier decisión sea tomada sobre la aceptación de su manuscrito y de los cambios requeridos.

Costo de las Publicaciones

El costo por publicación para socios de la Sociedad Botánica de México es de \$100 USD.

El costo por publicación para los no socios es de \$150 USD.

Para mayores informes sobre costos de publicación y de membresía a la *Sociedad Botánica de México* contactar a la **Dra. Mariana Hernández- Apolinar** (Tesorera)

inscripciones_sbm@yahoo.com.mx

Instrucciones

Antes de someter un manuscrito a *Botanical Sciences*, es indispensable que los autores se cercioren de que éste haya sido elaborado de acuerdo con las normas editoriales.

a. Enviar el manuscrito en forma electrónica a través del sistema OJS de la página de Botanical Sciences (www.botanicalsciences.com.mx) junto con la **CARTA DE PRESENTACIÓN** que debe incluir el número de palabras en el manuscrito.

En la carta de presentación, los autores pueden sugerir revisores potenciales (no incluir a coautores o colaboradores, ni deben tener ningún otro conflicto de interés). Si los autores desean solicitar la exclusión de revisores particulares también deberán incluir la información.

b. El texto y los cuadros del manuscrito deben enviarse en formato “DOC” o “RTF”. Las figuras deben enviarse en archivos separados, nunca embebidas en el texto, las de formato de vectores en “PDF” o “EPS” y las de mapas de bits con resolución mínima de 300 ppp (dpi) en “TIFF” o “JPG”.

c. Todo el manuscrito (incluyendo el resumen y las referencias) debe tener interlineado doble y tipo de letra *Times* de 12 puntos.

d. Los márgenes a los cuatro costados deben ser de 2.5 cm.

e. La línea inicial de los párrafos debe tener una sangría de tres espacios, excepto al inicio de una sección.

f. Todas las cuartillas deberán terminar con palabras enteras (párrafo con alineación no justificada).

h. Las cuartillas de texto corrido deberán estar numeradas progresivamente.

i. Los cuadros y los pies de las figuras deben colocarse después de la literatura citada, en ese orden.

Estructura del artículo

Los artículos originales no deberán exceder 6,000 palabras. El número de palabras no incluye la página del título, resumen (s), literatura citada, cuadros, figuras, o apéndices. El material suplementario se publicará on-line. Las revisiones no deberán exceder 8,000 palabras y las reseñas de libros incluirán menos de 1,500 palabras.

Las comunicaciones breves se reservan para hallazgos sobresalientes y se publicarán en un tiempo mucho menor al de los artículos regulares.

Los artículos de revisión sólo se aceptan por invitación del Editor Especial de Revisiones. Los números Especiales se publicarán previo acuerdo con el Editor en Jefe.

Artículos regulares y de revisión

1. Título y autor(es).

a. Título. Debe ser breve, conciso y reflejar el contenido del artículo. Escribirlo en altas y bajas, centrado; si contiene nombres científicos de taxa, destacarlos con cursivas, sin el autor del taxón.

b. Nombre de los autores y adscripción. El nombre del (los) autor(es) deberá escribirse completo, nombre de pila en altas y bajas, apellidos en altas y bajas, alineados al centro. Los autores hispanoparlantes que deseen usar sus dos apellidos deben unirlos necesariamente con un guión. A continuación se anotará el (los) lugar(es) de adscripción y/o el lugar donde se realizó la investigación.

c. Incluir cuáles son las contribuciones de cada uno de los autores.

d. Información adicional. Incluir números telefónicos, de fax y correo electrónico para facilitar la comunicación entre los editores y el (los) autor(es).

e. Cornisa. El autor debe sugerir una cornisa (máximo ocho palabras) que resuma el título del trabajo, si éste es muy extenso. El editor se reserva el derecho de modificarlo en caso necesario.

EJEMPLO CARÁTULA:

Paper's title

Paulina Hernández Soto^{1,*}, Miguel Lara-Flores¹, Lourdes Agredano-Moreno¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán, México.

*Corresponding author

Corresponding author's e-mail address: xxxxxxxx@cieco.edu.mx

Author Contributions

Paulina Hernández Soto conceived and designed the experiments, wrote the paper.

Miguel Lara-Flores conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, reviewed drafts of the paper.

Lourdes Agredano-Moreno conceived and designed the experiments.

Running head: A running head should not exceed 75 characters and spaces.

2.- Resumen.

El resumen debe informar al lector sobre la pregunta que buscó responder su trabajo, los pasos que se siguieron para responder dicha pregunta y lo que se demostró o descubrió (en no más de 250 palabras). Debe estar escrito en inglés (abstract) y en español.

El resumen debe contar con el siguiente formato:

Antecedentes (**Background**)

Preguntas y/o hipótesis (**Question / Hypothesis**)

Especie en estudio / Descripción de datos / Modelo matemático (**Studied species/ Data description/ Mathematical model**)

Sitio de estudio y fechas (**Study site and years of study**)

Métodos (**Methods**)

Resultados (**Results**)

Conclusiones (**Conclusions**)

Cada punto deberá escribirse en párrafos separados. Comenzar cada párrafo con uno de los títulos mencionados arriba.

3.- Palabras clave (key words). Sirven para identificar los temas principales del trabajo y serán cinco como máximo; la frase Palabras clave (o su equivalente en inglés) y los vocablos que le suceden se escribirán debajo de la última línea de cada resumen, alineadas a la izquierda del texto, en minúsculas, separadas entre sí por comas.

4.- Introducción (sin encabezado). Indicar en forma breve el contexto del tema que se trate, la importancia del problema, oportunidad o necesidad y la justificación del trabajo. Se incluirán los antecedentes bibliográficos y de otro tipo, así como los fundamentos de las hipótesis y objetivos planteados.

5. Materiales y métodos. Materiales empleados, procedimientos utilizados, medida de variables, tratamientos estadísticos, información pertinente y base de datos de investigación (si procede). Esta sección debe contener la información necesaria y suficiente para la corroboración y evaluación adecuada de los diseños experimentales y de los métodos en general por parte de otros investigadores.

6. Resultados. Anotar únicamente los hechos observados, derivados de la aplicación de los métodos, presentados de manera lógica y objetiva, con ayuda de cuadros y figuras, sin repetir información en los últimos.

7. Discusión. Es una presentación de la interpretación del autor acerca de los resultados obtenidos, discusión de su significado y evaluación de las hipótesis en función del conocimiento teórico acumulado hasta el momento de la publicación. Esta sección debe incluir la enumeración categórica de las aseveraciones resultantes de las hipótesis sometidas a prueba y de los planteamientos generales surgidos de la integración de hallazgos particulares.

8. Agradecimientos. Los créditos deben ser lo más breves posible, indicando patrocinio, número de registro (si existe), lugar de donde se obtuvo el financiamiento. No se debe anotar los grados académicos de las personas agradecidas.

9. Literatura citada. Lista completa de las fuentes de información impresa o en formato electrónico que se hayan mencionado en el texto, en estricto orden alfabético y de acuerdo con las siguientes normas:

a. Artículos en revistas periódicas. Primer autor: apellido(s), seguido de la(s) inicial(es) del nombre (no dejar espacio entre las iniciales). Si hay más autores, se pondrán sus datos separados por comas, en el siguiente orden: apellido(s), inicial(es) de nombre. En seguida año de la publicación, título del artículo, nombre completo oficial de la revista en itálicas, volumen o fascículo en negritas, páginas. Si los autores citados usaron sus dos apellidos en sus publicaciones, ambos apellidos deben aparecer en la referencia, unidos por un guión. Es muy importante anotar los apellidos de los autores citados como aparecen en sus respectivas publicaciones. Ejemplos:

Rzedowski J. 1981. Un siglo de la botánica en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **65**:79-89.

Vázquez-Yanes C. y Orozco-Segovia A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics* **24**:69-87.

b. Boletines técnicos u otras publicaciones seriadas pero no periódicas. Ejemplo:

Arnauld M.C. 1994. La Cuenca de Zacapu en una secuencia de 8000 años. Evolución de los diferentes paisajes y primeros desmontes. Cuadernos de Estudios Michoacanos, CEMAC, México, D.F.

c. Libros. Ejemplos:

Cox C.B. y Moore P.D. 1996. *Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach*. Blackwell Science, Oxford.

Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F.

d. Capítulos en libros. Ejemplos:

Gentry A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. En: Putz F.E. y Money H.A. Eds. *The Biology of Vines*, pp. 1-49, Cambridge University Press, Cambridge.

Wendt, T. 1993. Composition, floristic affinities, and origins of the canopy tree flora of the Mexican Atlantic slope rain forest. In: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. Eds. *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*, pp. 595-680, Oxford University Press, New York.

e. Tesis y similares. Ejemplos:

Ortega-Guerrero B. 1992. Paleomagnetismo, magnetoestratigrafía y paleoecología del Cuaternario tardío en el Lago de Chalco, Cuenca de México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 161 pp.

f. Documentos electrónicos disponibles en línea. Anotar los autores, si los hay, con el formato establecido arriba. A continuación anotar, si se menciona, el año en el que se generó el documento; de no existir no incluir esta información. Título del documento, organización que lo respalda o patrocina, si ésta se indica. En un renglón a parte se anota el Localizador Uniforme de Recursos (URL), de forma completa, entre los siguientes signos < > (URL incompletos no son aceptables). Anotar la fecha o el periodo de consulta al menos con meses, pero de preferencia con día del mes. Ejemplo:

Colwell R.K. 2009. Estimate_S v. 8.2.0: statistical estimation of species richness and shared species from samples. <viceroj.eeb.uconn.edu/EstimateS> (consultado 7 octubre 2009).

10.- Apéndices. Los materiales demasiado extensos, y que su inclusión en el texto no sean adecuada, se publicarán a manera de apéndices y se colocarán al final del escrito, debidamente ordenados.

11.- Notas de pie de página. Se usará en caso estrictamente necesario (en la mayoría de los casos la información se puede incorporar al texto). Deben numerarse progresivamente con

números índices; su redacción deberá ser sucinta. El Comité Editorial se reserva el derecho de eliminar las notas que considere inadecuadas.

12.- Encabezados. Tienen diversos órdenes y su posición señala la jerarquía correspondiente a cada parte del artículo.

a. Encabezado de primer orden. El único encabezado de este tipo es el título del artículo (ver indicaciones).

b. Encabezado de segundo orden. Corresponde a las diferentes secciones: **Resumen, Abstract, Materiales y métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura citada.** Deben ir en altas y bajas, en negritas.

c. Encabezado de tercer orden. Se escribe en altas y bajas, alineados en el margen izquierdo, a dos espacios del último renglón y en itálicas. Se inicia en el mismo renglón el texto separado por un punto.

d. Encabezado de cuarto orden. Se escribe en altas y bajas, alineado a la izquierda. Se inicia en el mismo renglón el texto separado por un punto y un guión.

e. Encabezado de menor jerarquía. Si se llega a requerir, se pueden emplear incisos o literales.

13. Citas bibliográficas en el texto. Todas las citas incluidas en el texto deberán aparecer al final en la sección **Literatura citada.**

a. Se escribirá el (los) apellido(s) del autor, exactamente igual que en Literatura citada, y el año de publicación antecedido por una coma. Si un autor hispanoparlante citado firmó su trabajo con dos apellidos, ambos deben anotarse, unidos con un guión.

b. En caso de dos autores, apellido(s) de cada uno separados por la conjunción y, seguidos del año.

c. En caso de tres o más autores, se escribirá completo el apellido del primer autor, seguido de *et al.* en itálicas y el año de publicación.

d. En caso de citarse varios trabajos a la vez, se ordenarán cronológicamente.

e. Cuando el nombre del autor(es) participe en la oración, se colocará el (los) apellido(s) y el año entre paréntesis. Ejemplo: Carranza-González y Medina-García (2008) y Valdés-Reyna *et al.* (2009).

f. Cuando la cita se agrega al final de la oración, se coloca el (los) apellido(s) y el año, separados por una coma y entre paréntesis. Ejemplo: (Carranza-González y Medina-García, 2008; Valdés-Reyna *et al.*, 2009).

g. Si se citan dos o más trabajos de un mismo autor o grupo de autores que hayan sido publicados en el mismo año, sus referencias se complementarán con letras junto al año (a, b, c, d) para distinguirlas

h. Las comunicaciones personales se citarán en el texto como si fueran una publicación, incluyendo la inicial del autor. Ejemplo, (P. Dávila, com. pers.).

i. Citas textuales. Estarán entre comillas; si se extienden más de una línea, se escribirán con sangrías en ambos lados citando el (los) autor(es), año y página.

j. Las citas indirectas (es decir trabajos citados a través de otro trabajo) sólo se justifican al tratarse de trabajos muy antiguos de difícil acceso.

14. Cuadros y figuras. Se emplean para reemplazar al texto, o porque su uso constituye un importante ahorro de espacio. Deben ser claros, simples y concisos, y se debe evitar en lo posible las gráficas en tercera dimensión. No podrán ser mayores que el tamaño carta. En el encabezado del cuadro se incluirán las llamadas numéricas pertinentes. En ningún caso debe presentarse la misma información en cuadros y figuras. Los cuadros y las figuras deberán numerarse consecutivamente. Los títulos de las columnas deberán escribirse altas y bajas. En el caso de fotomicrografías y microfotografías deberá indicarse en la leyenda el aumento correspondiente de la toma. Todos los cuadros y las figuras deberán estar citadas en el texto. Se recomienda consultar la siguiente página de Internet, donde se presentan valiosos consejos para la preparación de figuras en formato electrónico:

<http://authorservices.wiley.com/submit_illust.asp>

15. Fórmulas. Deberán ser escritos en el mismo tipo de letra, dejando una línea entre ellas; los subíndices y supraíndices estarán bien ubicados y legibles, se debe diferenciar claramente entre los números 0 y 1 y las letras O e I, respectivamente.

a. Ecuaciones. Deberán enumerarse consecutivamente entre paréntesis al lado derecho.

b. Letras griegas y símbolos. Se deberán explicar inmediatamente después de usarse por primera vez (excepto las de dominio universal)

c. Fracciones. Se usará la forma lineal, con exponentes negativos para los denominadores.

d. Abreviaturas o siglas. Se explicarán la primera vez que se citen dentro del texto.

16. Nomenclatura. Se debe sujetar a las reglas de nomenclatura internacional indicadas en el Código Internacional de Nomenclatura Botánica. Los nombres científicos de las especies estarán escritos correctamente y de acuerdo con las reglas de nomenclatura señaladas en el Código Internacional de Nomenclatura Botánica. En caso necesario se sujetarán al Código Internacional de Nomenclatura de Bacterias y al Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. Sugerimos consultar la página del “International Plant Name Index” <www.Ipni.org>, de preferencia el Gray Card Index (GCI)

Todos los seres vivos (plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) que sean tema central del trabajo, se identificarán por su nombre científico la primera vez que se citen, escritos con cursiva. También deben escribirse con cursivas otros términos latinos (*e.g.*, *i.e.*, *sensu*, *circa*) y en otras lenguas extranjeras (*Canonical Correspondence Analysis*).

Descripción de nuevos taxa y otros tratamientos taxonómicos

Deberán derivar de estudios profundos de revisión taxonómica de grupos, géneros, o de análisis filogenéticos, entre otras. Un ejemplo del tipo de artículos sobre nuevas especies que *Botanical Sciences* publica, está representado por el trabajo de Martínez-González et al. 2015. *Opuntia leiascheinvariana*, una nueva especie de Cactaceae del estado de Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 93:517-529. DOI: 10.17129/botsci.247

a. El nombre de cada taxón que se describe está alineado a la izquierda, con letra negrita, sin itálicas ni subrayado y va acompañado del nombre del autor(es), por ejemplo: **Sicyos motozintlensis** Lott et Fryxell sp. nov. (Figura 1).

b. El protólogo comienza con una breve diagnosis en latín y está escrita en un párrafo separado después del nombre del taxón.

c. La cita del tipo está escrita en un párrafo separado después de la diagnosis en latín.

d. El orden de los datos del tipo son TIPO: País, estado, localidad, altitud, hábitat, características de la planta, fecha, iniciales y apellido del colector y número de colecta (negritas), acrónimo del herbario (paréntesis), por ejemplo: TIPO: México, estado de México, Cerro Sincoque, alt. 2,300 m, terrenos erosionados, planta femenina, 10/05/1981. J. Rzedowski 37253. (Holotipo: ENCB; Isotipos; MEXU, NY, ZEA).

e. La descripción completa, es decir, incluye todas las estructuras de la planta e inicia en un nuevo párrafo.

f. En caso de que se describan dos o más taxa, las descripciones siguen el mismo orden.

g. Después de la descripción se presenta un nuevo párrafo intitulado “Distribución y ecología” que incluye datos de distribución geográfica y altitudinal, tipos de vegetación, etcétera.

h. Si se presentan nombres comunes y/o usos, los datos se incluyen en un nuevo párrafo.

i. En caso de presentarse observaciones particulares, por ejemplo a quién se dedica la especie, estos datos se presentan en un nuevo párrafo.

j. La lista de ejemplares examinados se presenta en un nuevo párrafo intitulado “Ejemplares adicionales examinados” en donde se citan todos los ejemplares vistos por el autor o autores. Los datos que se incluyen son los mismos que para el caso del holotipo y están ordenados alfabéticamente por país, estado y localidad, colector y número de colecta (en cursivas).

k. No se utiliza “!” para los ejemplares botánicos que revisó.

Reseña bibliográfica

Es la apreciación analítica de obras científicas de interés amplio; deberá estar bien fundamentada y con una extensión máxima de seis cuartillas. Su propósito debe ser la orientación objetiva de la comunidad científica. Su estructura y formato son libres.

ISSN: 2007-4476

PARA GRADOS ACADÉMICOS DE LICENCIADOS (TERCER NIVEL)
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

DECLARACION Y AUTORIZACION

Yo, Rosa Adelina Jiménez Paz, C.I. 1718374802 autora del trabajo de graduación titulado: "COMPOSITION AND STRUCTURE OF A HIGH ANDEAN FOREST ALONG THE ALTITUDINAL GRADIENT IN NORTH OF ECUADOR, IMBABURA, INTAG IN SIEMPRE VERDE RESERVE", previa a la obtención del grado académico de **LICENCIADA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en la Facultad de **Ciencias Exactas y Naturales**:

- 1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENECYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 06 de Junio del 2016

Srta. Rosa Jiménez

C.I. 1718374802