

## Artículo científico

# Composición y estructura florística de dos remanentes de Bosque Andino Montano Alto en el volcán Ilaló, Ecuador

## Composition and floristic structure of two remnants of the Montano Alto Andean Forest in the Ilaló volcano, Ecuador

Santiago Curipoma<sup>1\*</sup>, Daniela Cevallos<sup>1</sup> & Álvaro J. Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Herbario QCA, Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Apartado 17-01-2184, Quito, Ecuador.

Autor de correspondencia: sgfivbmk@hotmail.com

doi: 10.26807/remcb.v39i2.648

Recibido 17-01-2018; Aceptado 25-08-2018

**RESUMEN.-** Se evaluó la composición y estructura florística de dos remanentes de Bosque Andino Montano Alto, localizados en la cima del volcán Ilaló (3 190 m). Estos pertenecen a las Comunas de San Francisco de Baños-La Merced y Tola Chica. En cada remanente se establecieron 10 cuadrantes de 10×10 m (0,2 ha); se censaron todos los individuos con un DAP  $\geq$  2,5 cm. Un total de 533 individuos fueron registrados y clasificados en 20 familias y 40 especies. Se observó una dominancia de *Oreopanax ecuadorensis* (38,3 % en el remanente 1 y 42,6 % en el remanente 2), seguido de *Vallea stipularis* y *Geissanthus pichincha* para ambos. La misma relación aparecieron en los valores más altos de área basal, donde *Oreopanax ecuadorensis* registró 0,85 y 0,62 m<sup>2</sup>; de igual forma con un IVI entre 17 % y 19 %. Los índices, alfa de Fisher, Shannon y Simpson, usados para medir la diversidad alfa, no reflejaron diferencias significativas para la conformación vegetal de los cuadrantes. Asimismo, los análisis de NM-MDS y ANOSIM empleados para medir la diversidad beta no revelaron diferencias significativas entre ambos; lo que sugirió una composición vegetal continua histórica. Estudios similares son importantes para conocer, entender y conservar la vegetación remanente en los Andes ecuatorianos.

**PALABRAS CLAVES:** Bosque Andino Montano Alto, ecología forestal, remanentes de vegetación, volcán Ilaló

**ABSTRACT.-** Floristic structure and composition of two High Montane Andean Forest remnants located on the summit of Ilaló volcano (3 190 m) were analyzed. These forest remnants belong to Comunas of San Francisco de Baños–La Merced and Tola Chica. Ten quadrants of 10 × 10 m (0,2 ha) were established in each remnant, and all individuals with DBH  $\geq$  2,5 cm were measured. A total of 533 individuals were censured and classified in 20 families and 40 species. We observed a clear dominance of *Oreopanax ecuadorensis* (38,3% in remnant 1 and 42,6% in remnant 2), followed by *Vallea stipularis* and *Geissanthus pichincha* for both remnants. This relationship was also found in the highest values of basal area, where *Oreopanax ecuadorensis* reached 0,85 and 0,62 m<sup>2</sup>, respectively, and in the same way with an IVI of 17% and 19% for each remnant. The Fisher's alpha, Shannon and Simpson index, used to measure alpha diversity, showed no significant differences for the floristic composition of quadrants. In the same way the NM-MDS (stress = 0,198) and ANOSIM (R = -0,029; p = 0,651) analysis, used to measure beta diversity, showed no significant differences between both remnants, suggesting a continuous historical plant composition. These types of studies are important to know, understand and preserve the remaining vegetation along the Ecuadorian Andes.

**KEYWORDS:** Forest ecology, forest remnants, High Montane Andean Forest, Ilaló volcano

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los 17 países mega diversos del mundo, la riqueza florística registrada es de 18 198 especies de plantas vasculares, de las cuales el 25 % son endémicas (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2016). Esta diversidad florística se distribuye en 91 ecosistemas vegetales en las tres regiones continentales e insular del Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador 2013).

Uno de estos ecosistemas es el bosque montano, el cual presenta una exquisita diversidad y endemismo de plantas; se han registrado cerca de 4 600 especies; lo que hacen de este ecosistema uno de los más diversos en el Ecuador (Paucar 2011). Por otra parte, esta diversidad se ve amenazada debido a que el Ecuador tiene la tasa más elevada de pérdida de bosques montanos por deforestación (1,89 %) a nivel regional (Garavito et al. 2012).

Los estudios florísticos del bosque montano en Ecuador son amplios (Aguirre et al. 2017; Bakker et al. 2008; Bussmann 2005; Castillo et al. 2017; Jiménez 2016); sin embargo, este tipo de estudios en el volcán Ilaló son escasos (Cerón 2015; Curipoma 2015; EMAAPQ 2006). El establecimiento de la flora y fauna en el Ilaló se dio gracias al retroceso de los glaciares hace 16 700 años a.C. (Salazar 1979; Sauer 1965; Vuilleumier 1971); una vez terminado este proceso, la vegetación pudo haber estado conformada por pajonales y parches de arbustos (Bonifaz 1979) de los géneros *Hedyosmum*, *Symplocos*, *Weinmannia*, *Clusia*, *Miconia* y piperáceas (Ulloa y Jørgensen 1995). Los animales venidos del gran intercambio biótico que se establecieron en el Ilaló y de los cuales hay restos fósiles son dos especies de mastodontes (*Cuvieronius hyodon* Fisher y *Stegomastodon waringi* Holland), perezosos (*Glossotherium wegneri* Spillmann y *Dasyurus* sp.), caballos (*Equus* [Amerhippus] *andium* Branco y *Equus* sp.), llamas gigantes (*Palaeolama reissi* Branco) y el tigre dientes de sable (*Smilodon fatalis* Leidy) (Román 2011).

El establecimiento de los humanos en las estribaciones del volcán Ilaló, es un hecho ampliamente reconocido. Algunos autores manifiestan la presencia del hombre en esta zona desde 45 500 años a.C. (Bonifaz 1979) o la más aceptada que data desde 12 000 a 10 000 años a.C. (Costales 2006; Salazar 1979); estos

asentamientos trajeron consigo cambios en la flora y fauna.

La importancia de conocer y conservar el entorno del volcán Ilaló radica en su funcionalidad física y biológica dentro del valle interandino. Este funciona como una barrera natural que impide el paso de vientos provenientes del oriente (Solís 1962); además es una zona de recarga para el acuífero del Valle de los Chillos (Baquero 2008; Olade 1980), al igual que el volcán Pasochoa y los cerros Lumbisí-Puengasí (Villareal 2006). Todo esto permite vislumbrar la importancia de este volcán a través del tiempo; a su vez procura dilucidar la trascendental relevancia de conservar sus relictos de bosque nativo (Barrera et al. 1993; Tadele et al. 2013; Villareal 2006).

En este sentido, el presente estudio analiza la composición y estructura florística de dos remanentes de bosque en la cumbre del volcán Ilaló.

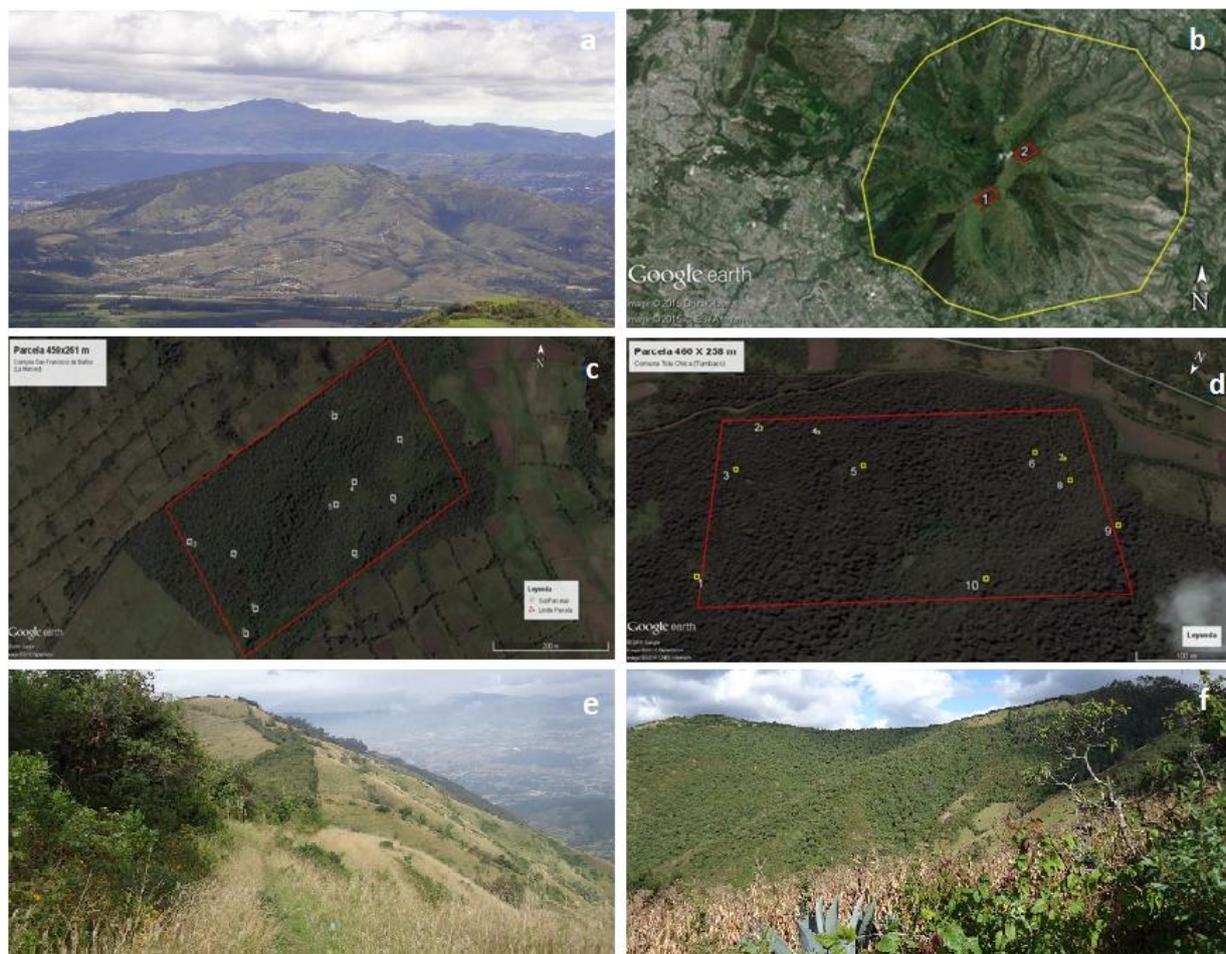
## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.-** El volcán Ilaló (3 190 m) es uno de los nueve volcanes que se encuentra ubicado dentro de la Hoya de Guayllabamba, la misma que ocupa un territorio aproximado de 6 270 km<sup>2</sup>, delimitado al norte por el nudo de Mojanda-Cajas (Cayambe-Pululahua), al oeste y este las Cordilleras Occidental y Oriental, respectivamente; al sur el nudo de Tiopullo (Cotopaxi-Ilinizas) (Marín y Martínez 2005). El volcán tuvo su origen en la época del Holoceno (Plio-Pleistoceno Inferior), hace aproximadamente 1,62 millones de años (Cornejo 1983; Salazar 1979; Sauer 1965; Vuilleumier 1971).

En la cumbre del volcán Ilaló se realizó la caracterización biológica de dos remanentes de bosque nativo intervenido. Estos están bajo el cuidado de las Comunas Tola Chica y San Francisco de Baños-La Merced (Figura 1).

El remanente 1 está ubicado en la Comuna San Francisco de Baños-La Merced, en la parte sur del volcán Ilaló, a una altura de 3 084 m s.n.m. y 00°16'2.82"S-78°25'20.34"O.

El remanente 2 está ubicado en la Comuna Tola Chica, en la parte norte del volcán Ilaló, a una altura de 3 072 m s.n.m. y 00°15'26.55"S-78°24'49.00"O.



**Figura 1.** Área de estudio en el volcán Ilaló. a) Vista Este-Oeste del volcán, Imagen tomada por la Familia Tobar-Zambrano © 2013, b) Imagen satelital del volcán Ilaló, c) Vista satelital Remanente 1 “San Francisco de Baños – La Merced” ©Google Earth 2015, d) Vista satelital Remanente 2 “Tola Chica” ©Google Earth 2015, e) Vista panorámica del Remanente 1, f) Vista panorámica del Remanente 2.

**Fase de campo y gabinete.-** En cada remanente de bosque se establecieron aleatoriamente 10 cuadrantes de 10×10 m (0,2 ha). Todos los árboles y arbustos con un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 2,5$  cm fueron marcados, medidos e identificados. Además, se procedió a medir la pendiente de la zona, como posible variable abiótica que puede determinar la composición de especies en los cuadrantes; se elaboró un perfil de vegetación, el cual consiste en la representación gráfica de una sección del bosque; así se tiene una concepción más amplia de la estratificación vertical de la vegetación.

La identificación taxonómica de las especies censadas se llevó a cabo en las instalaciones del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a través de la comparación con los especímenes depositados y el uso de literatura especializada.

**Análisis de la información.-** Se consideraron índices ecológicos como: la abundancia y frecuencia; también se empleó el Índice de Valor de Importancia (IVI), el cual permite comparar el peso ecológico de cada individuo dentro de un bosque (Alvis 2009; Balcázar y Montero 2002; Valencia 1988). En conjunto, estos datos proporcionaron una visión completa de la composición y dinámica del bosque (Alvis 2009).

La diversidad alfa fue calculada mediante el índice alfa ( $\alpha$ ) de Fisher, el índice de Shannon y el índice de Simpson (Orellana 2009). Mientras que para la diversidad beta se utilizaron el método de Ordenación de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NM-MDS) y el Análisis de Similitud (ANOSIM) (Lugo et al. 2013; Sánchez 2012).

Finalmente, se llevó a cabo un Análisis de Conglomerados (Cluster Analysis) para

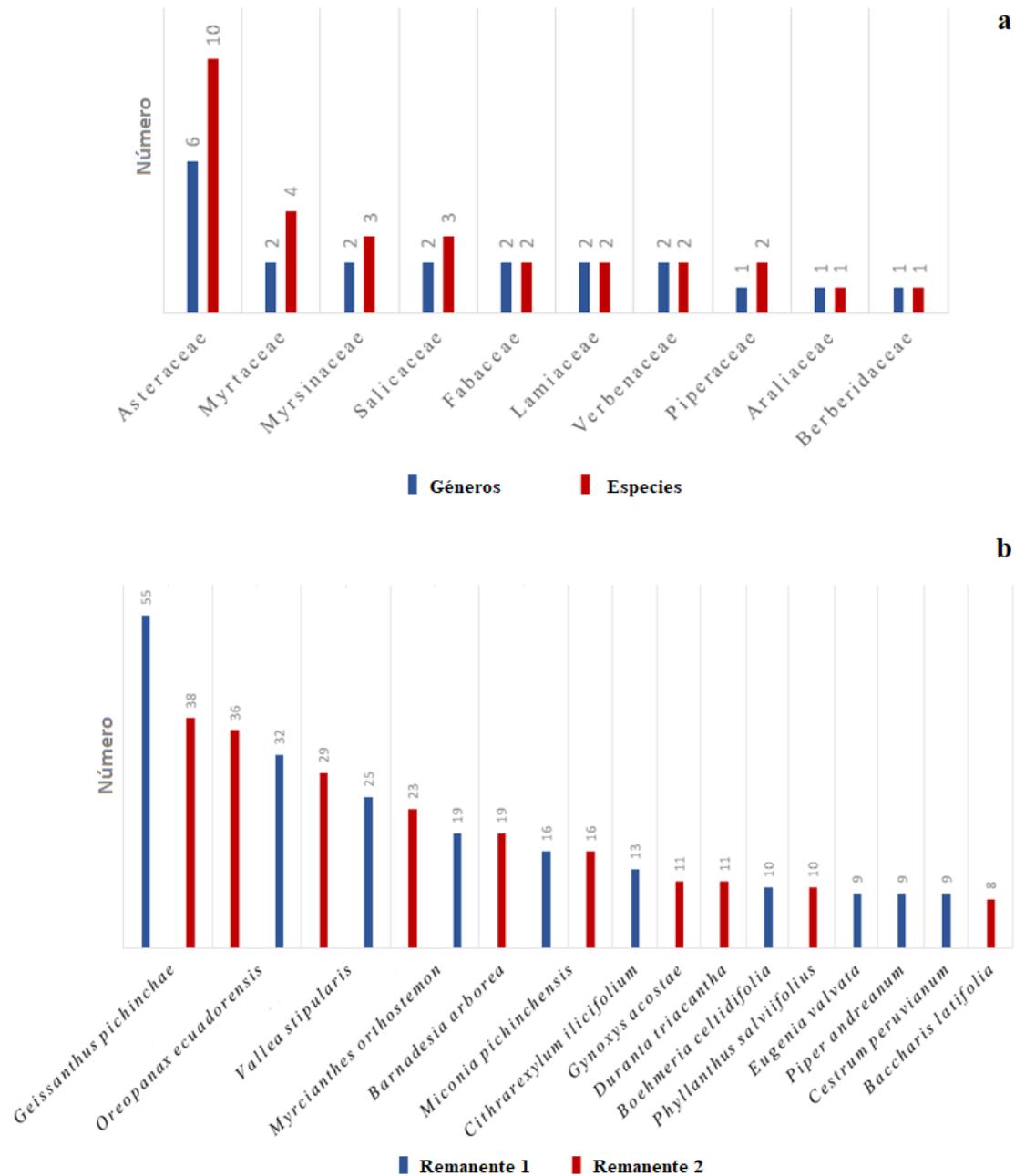
reorganizar entes parecidos y delimitarlos en grupos distintos (Sánchez 2012).

## RESULTADOS

**Composición florística y dinámica forestal.-** Se registró un total de 533 individuos en el área de estudio (0,2 ha), los cuales fueron clasificados en 20 familias y 40 especies.

La familia Asteraceae presentó el mayor número de géneros, seis en total, seguido de Myrtaceae, Salicaceae, Myrsinaceae, Fabaceae, Lamiaceae y

Verbenaceae con dos géneros cada una. El resto de familias presentaron un género. Este último con mayor número de especies del género fue *Myrcianthes* con tres especies, seguido de *Geissanthus*, *Gynoxys*, *Piper* y *Casearia* con dos especies cada uno. Las especies *Geissanthus pichinchae* Mez, *Oreopanax ecuadorensis* Seem y *Vallea stipularis* L.f presentaron el mayor número de individuos para los dos remanentes estudiados (Figura 2).



**Figura 2.** Valores cuantitativos: a) Número de géneros y especies de las 10 familias más representativas de los dos remanentes. b) Número de individuos de las 10 especies más representativas de los dos remanentes.

Los índices ecológicos arrojaron que tanto en el remanente 1 como en el 2, las especies con mayor abundancia fueron *Geissanthus pichincha*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis* y *Myrcianthes orthostemon* (O. Berg) Grifo. Igual resultado se obtuvo con la dominancia de especies, para el remanente 1 y 2; las especies más constantes han sido: *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Miconia pichinchensis* Benth, *Geissanthus pichincha*, *Boehmeria celtidifolia* Kunth, *Myrcianthes orthostemon* y *Aegiphila ferruginea* Hayek & Spruce.

Al calcular el IVI al 100 %, se obtuvieron porcentajes superiores para *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis*, *Geissanthus pichincha*, mientras que *Miconia pichinchensis*, *Myrcianthes orthostemon* y *Barnadesia arborea* Kunth presentaron datos similares en los dos remanentes (Tabla 1).

En los dos remanentes se registraron ocho especies endémicas; de ellas, cinco especies (*Aegiphila ferruginea*, *Gynoxys acostae* Cuatrec., *Gynoxys hali* Hieron, *Oreopanax ecuadorensis* y *Salvia quitensis* Benth.) presentaron la categoría de Preocupación Menor (LC); dos especies (*Eugenia valvata* Mc Vaugh y *Geissanthus pichincha*) están bajo la categoría de Casi Amenazado (NT); y una especie (*Casearia mexiae* Sandwith) como En Peligro (EN) (León-Yáñez et al. 2011). (Tabla 2). El perfil de vegetación reveló una estructura en dos estratos, el primero constituido por especies de dosel de entre 12 a 15 metros de altura, encabezado por *Oreopanax ecuadorensis*; un segundo estrato

conformado por especies de sotobosque que no sobrepasan los 8 o 9 metros de altura, como *Vallea stipularis* y *Aegiphila ferruginea* (Figura 3).

**Diversidad alfa y beta.-** En el análisis de diversidad alfa de Fisher no existieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la composición de especies entre cada uno de los cuadrantes dentro de los dos remanentes. Para el Índice de Shannon, se encontró que no existen diferencias significativas con relación a la abundancia de especies entre los cuadrantes dentro de los dos remanentes. Para el Índice de Simpson, se evidenció que no existieron diferencias significativas de la dominancia dentro y entre cuadrantes (Figura 4).

El Análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NM-MDS) para la diversidad beta fue no significativo, ya que se evidenció un solapamiento entre las especies de los dos remanentes, con una medida de similaridad de distancia euclidiana y un nivel de *stress* de 0,198 (Figura 5).

Al realizar el Análisis de Similitud-ANOSIM se obtuvo un valor de  $R = -0,029$  y  $p = 0,6513$  en la comparación por especies entre los dos remanentes; se interpreta como una elevada similitud entre los remanentes, respaldado por el valor no significativo de  $p$ .

Al establecer una comparación entre los remanentes 1 y 2, los valores presentados por los índices de Fisher, Shannon, Exponencial de Shannon y Simpson, fueron no significativos

**Tabla 1.** IVI de las 10 especies más representativas de los dos remanentes.

Especies	Remanente 1		Remanente 2	
	IVI al 100%	Área Basal (m <sup>2</sup> )	IVI al 100%	Área Basal (m <sup>2</sup> )
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	17,97	0,855	19,71	0,622
<i>Vallea stipularis</i>	10,67	0,426	8,79	0,182
<i>Geissanthus pichincha</i>	10,24	0,186	8,04	0,101
<i>Miconia pichinchensis</i>	5,93	0,142	3,73	0,05
<i>Myrcianthes orthostemon</i>	4,28	0,072	6,05	0,094
<i>Cithrarezylum ilicifolium</i>	3,62	0,063	3,2	0,026
<i>Barnadesia arborea</i>	1,75	0,008	3,91	0,081
<i>Aegiphila ferruginea</i>	2,22	0,0009	3,91	0,052
<i>Phyllanthus salviifolius</i>	*	*	3,49	0,038
<i>Boehmeria celtidifolia</i>	3,45	0,057	1,98	0,013
<i>Gynoxys acostae</i>	2,55	0,063	3,3	0,03

**Tabla 2.** Lista de especies endémicas registradas en el área de estudio con su categoría de amenaza.

Especies	Código UICN	Distribución
<i>Aegiphila ferruginea</i>	LC	Páramo Arbustivo, Bosque Andino Alto, Vegetación Interandina Seca y Húmeda
<i>Casearia mexiae</i>	EN	Bosque Andino Alto
<i>Eugenia valvata</i>	NT	Bosque Andino Bajo y Vegetación Interandina Húmeda
<i>Geissanthus pichincae</i>	NT	Bosque Andino Bajo hasta Páramo Húmedo de Pajonal
<i>Gynoxys acostae</i>	LC	Bosque Andino Alto hasta Páramo Arbustivo
<i>Gynoxys hallii</i>	LC	Bosque Andino Alto
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	LC	Bosque Andino hasta Páramo arbustivo
<i>Salvia quitensis</i>	LC	Bosque Andino Bajo hasta Páramo Arbustivo

(Fuente: Jørgensen y León-Yáñez, 1999; León-Yáñez et al., 2011).

para entablar una relación de igualdad entre la vegetación de los remanentes.

El Análisis Clúster permitió identificar cierta relación entre cuadrantes dentro de un remanente; pero no mostró diferencias significativas entre ellos. (Figura 5).

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

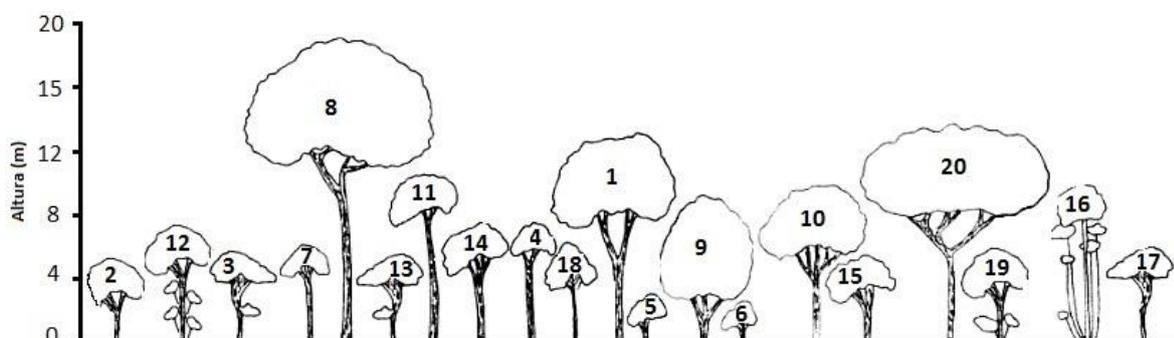
Las especies con mayor abundancia de individuos, en ambos remanentes, fueron *Geissanthus pichincae*, *Oreopanax ecuadorensis* y *Vallea stipularis*. Estos datos se asemejan a los encontrados en el estudio de la EMAAPQ en 2006; por otro lado también estos datos son congruentes con lo expuesto por el Dr. Carlos Cerón en su conferencia acerca de la Flora del Ilaló (com. pers. 2015), donde se menciona que estas dos especies son muy recurrentes en sus identificaciones.

Ambos remanentes presentan una composición florística muy similar; además coincidieron en el número de especies y familias censadas (30 especies/remanente). Este hecho también hace

suponer que la composición florística del volcán Ilaló, pudo haber sido similar y continua en la parte alta del volcán; incluso, esta continuidad vegetal puede extenderse hasta el Volcán Pasochoa, donde se ha registrado una composición florística similar (Valencia 1988).

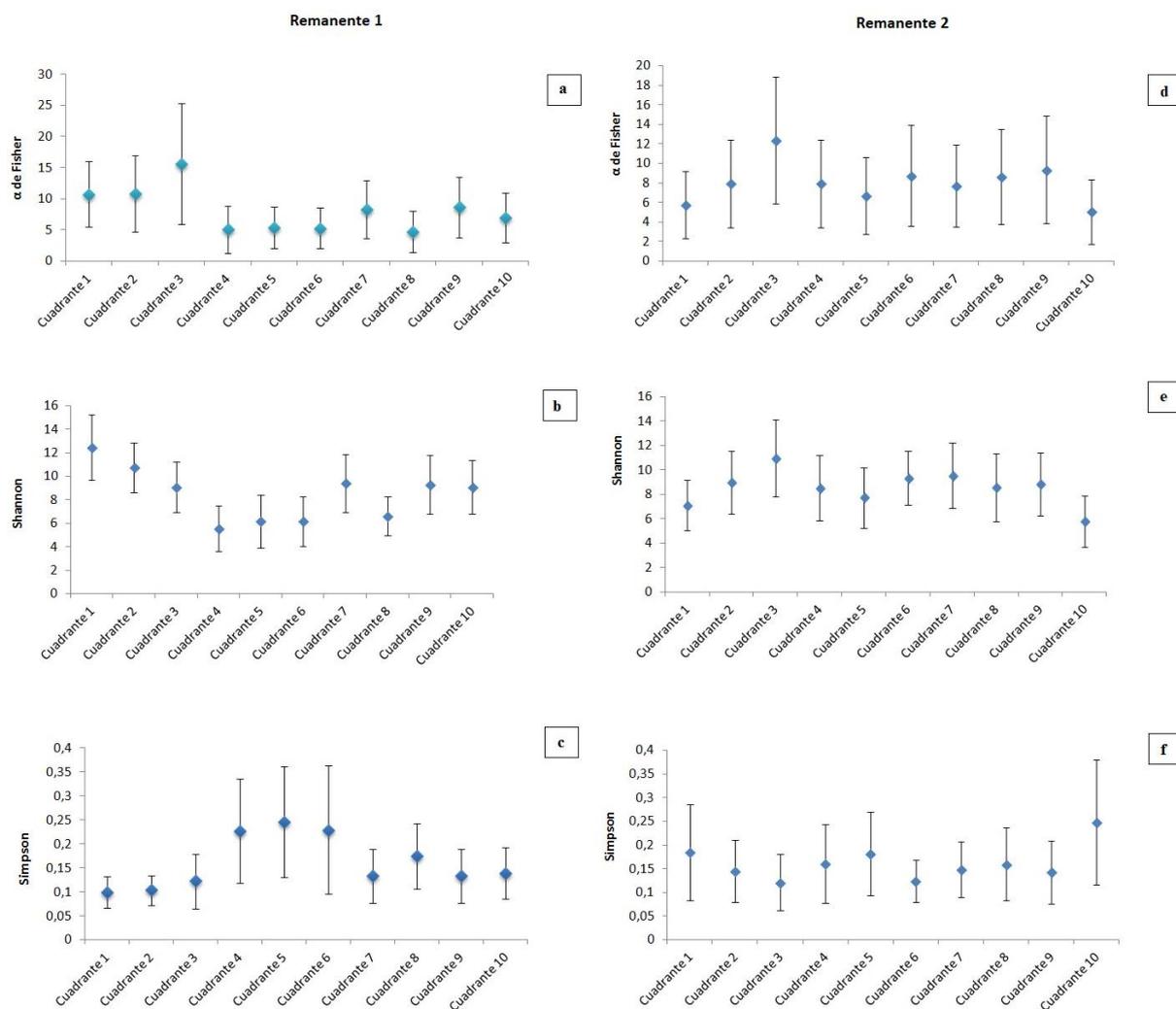
Un aspecto complementario a tomar en cuenta es que se encontraron ocho especies endémicas en ambos remanentes; dato que es congruente en algunas investigaciones, donde se recalca el hecho de que la región interandina al ser una zona aislada por los flancos este y oeste por la Cordillera Oriental y Occidental, respectivamente, presenta un alto grado de endemismo (Quintana 2015).

Respecto a la dominancia, *Oreopanax ecuadorensis* es la especie que predomina en el área, aun, esta misma especie tiene una gran importancia ecológica dentro de cada remanente; esto se lo evidencia con el IVI observado para ambos remanentes, también refleja la importancia de esta especie para el equilibrio dinámico de los remanentes.



**Figura 3.** Perfil de Vegetación: 1: *Aegiphila ferruginea*; 2: *Casearia mexiae*; 3: *Duranta triacantha*; 4: *Gynoxys acostae*; 5: *Geissanthus pichincae*; 6: *Miconia pichinchensis*; 7: *Hesperomeles obtusifolia*; 8: *Oreopanax ecuadorensis*; 9: *Buddleja cf. incana*; 10: *Phyllanthus salviifolius*; 11: *Barnadesia arbórea*; 12: *Berberis hallii*;

13: *Myrcianthes myrsinoides*; 14: *Myrcianthes rhopaloides*; 15: *Myrcianthes orthostemon*; 16: *Cithrarexylum ilicifolium*; 17: *Tournefortia fuliginosa*; 18: *Salvia quitensis*; 19: *Cestrum peruvianum*; 20: *Vallea stipularis*.

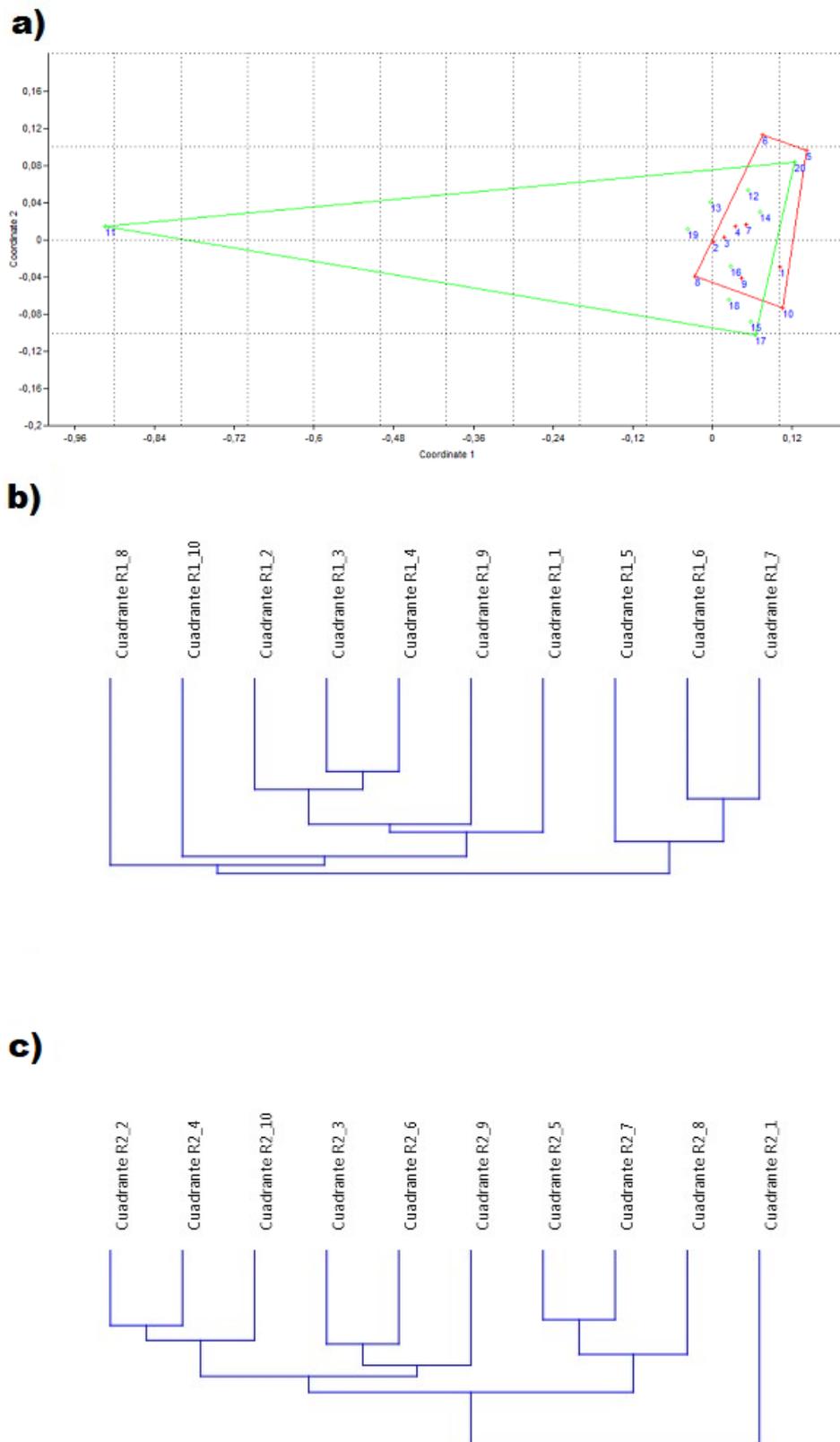


**Figura 4.** Índices de diversidad. Remanente 1: a) Índice Alfa de Fisher. b) Índice de Shannon. c) Índice de Simpson. Remanente 2: d) Índice Alfa de Fisher. e) Índice de Shannon. f) Índice de Simpson.

No se evidenciaron diferencias significativas en los valores de diversidad alfa entre los dos remanentes. Además, el NM-MDS demostró solapamiento de ambas poblaciones con un Stress de 0,198; es decir de acuerdo con este análisis, la separación geográfica entre ambos remanentes no ha producido ningún cambio en la composición vegetal; hecho corroborado al realizar el Análisis de Similitud ANOSIM, en el cual se obtuvo un  $R=0,07$ , que confirma una similitud entre ambos; pero cabe mencionar que existieron especies que, únicamente, fueron encontradas en uno de ellos, como: *Dasyphyllum popayanense* (Hieron.) Cabrera, *Llerasia hypoleuca* (Turcz.) Cuatrec., *Tournefortia fuliginosa* Kunth, *Croton abutiloides* Kunth, *Myrsine andina* (Mez) Pipoly, *Piper barbatum* Kunth, *Casearia cf. quinduensis* Tul. y *Gynoxys*

*halli* en el remanente 1; mientras que *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers, *Cacosmia rugosa* Kunth, *Berberis halli* Hieron., *Dalea coerulea* (L.f.) Schinz & Thell., *Casearia mexiae*, *Otholobium brachystachyum* (Spruce ex Diels) J.W. Grimes, *Geissanthus andinus* Mez, *Myrcianthes rhopaloides* Kunth, *Hesperomeles obtusifolia* (Pers.) Lindl. y *Casearia mexiae* se registraron en el remanente 2.

Todos estos datos afirman que hace varios años atrás, por lo menos, la cima del volcán Ilaló estuvo cubierta por una densa capa de vegetación nativa, donde predominaban especies como *Oreopanax ecuadorensis*, *Vallea stipularis* y varias especies del género *Myrcianthes* (Figura 6).



**Figura 5.** a) Escalamiento Multidimensional No Métrico (NM-MDS) reveló un solapamiento de los cuadrantes del remanente 1 (rojo) con los cuadrantes del remanente 2 (en verde); b) Análisis Clúster del Remanente 1, b) Análisis Clúster del Remanente 2.



**Figura 6.** Especies representativas de los dos remanentes. a) *Myrcianthes* sp.; b) *Aegiphila ferruginea*; c) *Oreopanax ecuadorense*; d) *Geissanthus pichincha*; e) *Vallea stipularis*; f) *Boehmeria celtidifolia*.

Es conocido que existen ciertas especies que proliferan cuando las condiciones de desarrollo y/o crecimiento son favorables; estas especies, a su vez, pueden brindar información acerca del estado de conservación de un lugar. De esta manera y tomándose en consideración la presencia de individuos de *Chusquea scandens* Kunth, una especie pionera, en los dos remanentes, es teóricamente factible deducir las circunstancias de intervención antrópica (deforestación y erosión) por las cuales han pasado los remanentes. Otros sucesos, como los incendios forestales son una posible causa para el establecimiento y dominancia de esta especie.

Además, no se encontraron en el interior de los remanentes especies exóticas y/o invasivas dentro de la composición vegetal.

Dos especies de importancia ecológica e histórica se registraron en los remanentes: *Salvia quitensis* es una de las siete especies endémicas para la ciudad de Quito; la otra, *Myrcianthes rhopaloides*, localizada en la parte alta del volcán Ilaló, conocida en el lugar como “Huila o El Árbol del Señor”, que es un árbol patrimonial para la ciudad de Quito, debido a su antigüedad y su valor cultural.

Esta información sugiere que el Ilaló aloja algunas especies vegetales con un altísimo valor de conservación y, a su vez, de riqueza cultural, no solo para los comuneros de la zona, sino también para toda la ciudad de Quito.

Por último, los procesos de degradación y fragmentación de los bosques remanentes en el volcán Ilaló deben terminar. Se hace necesario el inicio de procesos de restauración ecológica para poder proteger a los últimos remanentes boscosos y las especies que algún día dominaron todo el volcán; también conservar los remanentes de bosque, ya que ofrecen servicios ecosistémicos que benefician a las poblaciones circundantes.

### AGRADECIMIENTOS

Al Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por las facilidades brindadas, durante la fase de identificación de muestras y análisis. Al Ministerio del Ambiente por emitir el permiso de investigación N° 03-2015-IC-FLO-DPAP-MA. A los directivos y comuneros de las comunas Tola Chica y San Francisco de Baños-La Merced por permitir el acceso a sus remanentes boscosos. A los revisores anónimos, sus sugerencias dieron realce a este trabajo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre Z, Reyes B, Quizhpe M, Cabrera A. 2017. Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa* 24(2): 543-556.

Alvis J. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayán: Facultad de Ciencias Agropecuarias, grupo de Investigación TULL. Universidad del Cauca. Vol 7 No. 1 Enero- junio. p 115-122.

Bakker J, Moscol M, Hooghiemstra H. 2008. Holocene environmental change at the upper forest line in northern Ecuador. *The Holocene* 18,6: 877-893.

Balcázar J, Montero J. 2002. Estructura y Composición florística de los Bosques en el sector de Pando-Informe II. Documento técnico 108/2002. Contrato USAID: 511-C-00-93-00027 Chemomics International Inc. USAID/Bolivia. p. 54.

Baquero M. 2008. Determinación de hierro y manganeso en agua subterránea en zonas de las parroquias del Distrito Sur Rural: Alangasí, la merced y el Tingo por medio de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Disertación previa a la obtención del título de Licenciatura en Ciencias Químicas, especialidad Química Analítica. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. p. 126.

Barrera C, Maldonado A, Mena P, Larrea F. 1993. Bosques nativos andinos y sus comunidades – Caracterización e identificación de la problemática en Ecuador. Cooperación para el desarrollo y la ayuda humanitaria (DDA-Suiza) Intercooperation y Unión Mundial para la naturaleza (UICN) Tomo I. Quito: Adoum Ediciones. p. 104.

Bonifaz E. 1979. Cazadores Prehistóricos del Ilaló. Quito-Ecuador: Varela 90. p. 115.

Bussmann R. 2005. Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Rev. Peru. Biol.* 12(2): 203-216.

Castillo D, Carrasco J, Quevedo L, Ricaurte C, Gavilanes A, Bornz S. 2017. Diversity, composition and structure of Andean High Forest in Ecuador, South America. *Transilvania: University of Brasov. Series II.* 10 (59).

Cerón C. 2015. Novedades Botánicas en los remanentes del Volcán Ilaló. En: Conferencias Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Cornejo R. 1983. Estudio Geotérmico en el Valle de los Chilllos. II Fase Los Volcánicos Ilaló. INE-Escuela Politécnica Nacional. Anexo 2: Vera Ramón. Características Petrográficas y Paleogeográficas del Conglomerado Chiche en los alrededores del Ilaló. p. 4.

Costales A. 2006. Ilaló, la montaña luminosa. Comunicaciones OCP Ecuador SA. Ecuador. p. 132.

Curipoma S. 2015. Ecología forestal de dos remanentes de Bosque Andino Montano Alto en el Volcán Ilaló, Pichincha, Ecuador. Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. p. 95.

EMAAPQ. 2006. Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable-PSA. Programa de Saneamiento Ambiental. Plan de Manejo del Cerro Ilaló. p. 45.

- Garavito T, Álvarez N, Arango, Araujo E, Murakami A, Blundo C, Espinosa T, La Torre Cuadros M, Gaviria J, Gutiérrez N, Jørgensen P, León B, López R, Malizia L, Millán B, Moraes M, Pacheco S, Benayas R, Reynel C, Timaná de la Flor M, Ulloa C, Vacas O, Newton A. 2012. Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas* 21(1-2). p. 148-166.
- Jiménez R. 2016. 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. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. p. 63.
- León-Yáñez S, Valencia R, Pitman L, Endara C, Ulloa U, Navarrete H. 2011. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. Segunda Edición. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. p. 957.
- Lugo D, Aguilar V, Casotto M, Laurentin A, Gómez A. 2013. Aplicabilidad de estadística multivariada para estudios nutricionales: bioensayo con el gorgojo de arroz (*Sitophilus oryzae* L). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol.63 N°3. p. 232-239.*
- Marín L, Martínez I. 2005. Algunas reflexiones sobre el Ecuador prehispánico y la Ciudad Inca de Quito. Quito. Centro de Estudios Quito-Ecuador: Editorial Junta de Andalucía. p. 200.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. p. 32.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2016. *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030*, Primera edición. [Internet]. Quito, Ecuador. [citado 24 julio 2018]. Disponible: <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>
- Olade (Organización Latinoamericana de energía). 1980. Proyecto de Investigación Geotérmica de la República del Ecuador. Quito: Estudio de reconocimiento. Informe Hidrogeológico. p. 362.
- Orellana L. 2009. Determinación de Índices de diversidad Florística Arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del Valle de Sacta. Facultad de Ciencias Agrícolas, Forestales y Veterinarias. Escuela de Ciencias Forestales. Trabajo elaborado para la obtención del título de técnico superior forestal. Cochabamba-Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. p. 90.
- Paucar M. 2011. Composición y estructura de un bosque montano, sector Licto, cantón Patate, Provincia de Tungurahua. Tesis para obtener el título de Ingeniera Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba, Ecuador. p. 57.
- Quintana C. 2015. Diversity and ecological ranges of plant species from dry inter-Andean valleys. PhD Thesis. Department of Bioscience. Denmark: Aarhus University. p. 1-117.
- Román JL, Lara P. 2011. Ecuador Fósil. Nuestros Animales Prehistóricos. Quito-Ecuador: Editorial Pablo-Lara. Paleovisual. p. 38.
- Salazar E. 1979. El Hombre Temprano en la Región del Ilaló Sierra del Ecuador. Departamento de Difusión Cultural de la Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. Talleres Gráficos. p. 112.
- Sánchez J. 2012. Introducción a la estadística no paramétrica y al análisis multivariado. Quito: Digital innovación. . p. 276.
- Sauer W. 1965. Geología del Ecuador. Quito: Talleres Gráficos del Ministerio de Educación. p. 383.
- Sierra R. 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Quito-Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. p. 194.
- Solís A. 1962. Fitogeografía y Vegetación de la Provincia de Pichincha. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México. Plan Piloto del Ecuador. Sección de Geografía. p. 191.
- Tadele D, Luleka E, Damtie D, Assefa A. 2013. Floristic diversity and regeneration status of woody plants in Zengena Forest, a remnant montane forest patch in northwestern Ethiopia. *Journal of Forestry Research* 25(2): 329-336.
- Ulloa C, Jørgensen P. 1995. Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Ed. 2. Quito: Ediciones Abya-Yala. p. 264.

Valencia R. 1988. Composición y Estructura de un Bosque Andino en el Volcán Pasochoa, Ecuador. Tesis previa a la obtención del título de licenciado en Ciencias Biológicas. Quito-Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. p. 90.

Villareal V. 2006. Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero

del Valle de los Chillos en base de parámetros hidrogeológicos. Tesis de grado previa la obtención del título de ingeniera geóloga. Escuela de Ingeniería en Geología. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Vuilleumier B. 1971. Pleistocene changes in the fauna and flora of South America. *Science* 173:771-780.