

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Composición y estructura florística de una parcela de una hectárea de bosque  
nublado en las estribaciones noroccidentales de la Cordillera de los Andes

Tesis previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas

Edison Javier Rea Sancho

Quito, 2019

Certifico que la Disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas del Sr. Edison Javier Rea Sancho ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

---

Mgtr. Álvaro J. Pérez  
Director de Disertación  
Quito, 17 de Abril de 2019

## DEDICATORIA

A Dios

## AGRADECIMIENTOS

A mi madre, mi hermana por su amor;  
también a Álvaro Pérez, Daniela Cevallos por su confianza;  
Josué Franco, Mariana Duque, Nicolás Zapata por su amistad;  
Philippe Molins, Patricio Andrade por su financiamiento;  
Reserva Los Yaltes por su encanto;  
Sobre todo, a Dios.

## TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABLAS .....	IX
LISTA DE ANEXOS .....	X
1. RESUMEN .....	1
2. ABSTRACT .....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	3
3.1. La Cordillera de los Andes .....	3
3.2. Diversidad florística y endemismo en el Ecuador .....	4
3.2.1. Diversidad florística y endemismo en la región Andina .....	5
3.3. Los bosques nublados de los Andes .....	5
3.3.1. Amenazas .....	6
3.4. Biomasa .....	7
4. OBJETIVOS .....	10
4.1. Objetivo general .....	10
4.2. Objetivos específicos .....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
5.1. Área de estudio .....	11
5.1.1. Clima .....	11
5.1.2. Topografía y suelos .....	12
5.2. Establecimiento de la parcela .....	12
5.3. Toma de datos .....	12
5.4. Análisis de datos .....	13
5.4.1. Área basal (AB) .....	13
5.4.2. Densidad relativa (DR) .....	13
5.4.3. Dominancia relativa (D) .....	13
5.4.4. Índice de valor de importancia (IVI) .....	14
5.4.5. Distribución de clases diamétricas .....	14
5.4.6. Perfil de vegetación .....	14
5.5. Diversidad .....	14
5.5.1. Curva de acumulación de especies .....	14
5.5.2. Índice de Chao 1 .....	14
5.5.3. Alfa de Fisher ( $\alpha F$ ) .....	15

5.5.4. Índice Shannon-Wiener ( $H'$ ).....	15
5.5.5. Índice de Dominancia de Simpson ( $D_{SI}$ ).....	15
5.6. Estimación de biomasa aérea.....	16
5.6.1. Estimación de la altura.....	16
6. RESULTADOS.....	17
6.1. Composición florística.....	17
6.2. Índices ecológicos.....	17
6.2.1. Área basal.....	17
6.2.2. Densidad relativa.....	18
6.2.3. Dominancia Relativa.....	18
6.2.4. Índice de valor de importancia.....	19
6.2.5. Distribución de clases diamétricas.....	19
6.2.6. Perfil de vegetación.....	19
6.3. Diversidad.....	19
6.3.1. Curva de acumulación de especies.....	19
6.3.2. Índice de Chao 1.....	20
6.3.3. índices de diversidad.....	20
6.4. Estimación de la biomasa aérea.....	20
6.5. Estado de conservación.....	20
7. DISCUSIÓN.....	21
7.1. Composición y abundancia florística en el bosque Los Yaltes.....	21
7.2. Estructura en el bosque Los Yaltes.....	23
7.3. Diversidad en el bosque Los Yaltes.....	23
7.4. Biomasa en el bosque Los Yaltes.....	24
7.5. Conservación en el bosque Los Yaltes.....	26
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
10. FIGURAS.....	39
11. TABLAS.....	50
12. ANEXOS.....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Reserva Ecológica Los Yaltes. ....	40
Figura 2. Vista Panorámica de los remanentes boscosos de la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	41
Figura 3. Establecimiento de la parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	42
Figura 4. Composición florística la parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes. ....	43
Figura 5. Las cuatro especies con mayor valor de importancia IVI. ....	44
Figura 6. Diagrama de diámetros a la altura del pecho de la parcela Los Yaltes. ....	45
Figura 7. Perfil de Vegetación a partir de las alturas observadas en la parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes. ....	46
Figura 8. Curva de acumulación de especies en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	47
Figura 9. Índices de diversidad en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes .....	48
Figura 10. Resumen de las diez especies con mayor biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes. ....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diez especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) y biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	51
Tabla 2. Diez géneros con mayor índice de valor de importancia (IVI) y biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	52
Tabla 3. Diez familias con mayor índice de valor de importancia (IVI) y biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	53
Tabla 4. Índice de Chao 1 en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.....	54
Tabla 5. Lista de especies endémicas y su categoría de amenaza registradas en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes (continuación...)	55



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de las familias de la parcela Los Yaltes.....	58
ANEXO 2. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de los géneros de la parcela Los Yaltes.....	59
ANEXO 3. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de las especies de la parcela Los Yaltes.....	61

## 1. RESUMEN

En un bosque de neblina se determinó la composición florística de arbustos, árboles, palmeras y helechos arborescentes con DAP  $\geq$  5 cm en una parcela permanente de una hectárea (00° 17' 14" N - 78° 42' 20" O, 1400-1700 m) en la Reserva Ecológica Los Yaltes, provincia de Imbabura. Se registraron 1373 individuos, clasificados en 120 especies, 78 géneros y 41 familias. Las familias con mayor índice de valor de importancia (IVI) fueron: Lauraceae (44,21%), Urticaceae (6,01%), Myristicaceae (5,30%). Mientras que los géneros con mayor IVI fueron: *Ocotea* (15,28%), *Nectandra* (12,85%), y *Persea* (12,56%); por otra parte, las especies con mayor IVI fueron: *Nectandra purpurea* (11,57%), *Ocotea insularis* (8,93%), *Persea* cf. *rigens* (6,45%), *Persea pseudofasciculata* (5,94%), y *Otoba gordoniiifolia* (5,45%). Además, *Nectandra purpurea* es la especie más abundante en la parcela. El índice de Alfa de Fisher fue de 31,62; mientras el índice de Shannon arrojó un valor de 3,71 y la Dominancia de Simpson fue de 0,95. El área basal total del sitio de estudio fue de 29,96 m<sup>2</sup>/ha; las clases diamétricas siguen una distribución en forma de "J" invertida, donde los diámetros más abundantes (57%) están entre 5 – 10 cm de DAP. La biomasa aérea total fue de 149,8 ( $\pm$  5,72) Tm, siendo *Nectandra purpurea* (19,04 Tm) y *Ocotea insularis* (15,33 Tm) las especies que más contribuyeron debido a su abundancia dentro de la parcela, más no por su tamaño. Dentro del área se registraron 13 especies con una categoría de amenaza para su conservación. Estos resultados representan una línea base para el estudio de la dinámica forestal en los bosques de neblina de las estribaciones occidentales de los Andes en la región de Intag.

Palabras clave: Biomasa, bosque de neblina, diversidad florística, parcela permanente, Los Yaltes, Intag.

## 2. ABSTRACT

We studied the floristic composition of trees, palms and tree ferns with DBH  $\geq 5$  cm in a permanent one-hectare cloud forest plot at Los Yaltes Ecological Reserve, located at the Imbabura province ( $00^{\circ} 17' 14''$  N -  $78^{\circ} 42' 20''$  W, 1400-1700 m). We recorded a total of 1373 individuals, classified in 120 species, 78 genera and 41 families. Lauraceae (44.21%), Urticaceae (6.01%), and Myristicaceae (5.30%) were the families with the highest importance index value (IVI); whereas *Ocotea* (15.28%), *Nectandra* (12.85%), and *Persea* (12.56%) were the most representative genera; and at species level, *Nectandra purpurea* (11.57%), *Ocotea insularis* (8.93%), *Persea cf. rigens* (6.45%), *Persea pseudofasciculata* (5.94%), and *Otoba gordoniiifolia* (5.45%) were the most representative species. We found that our study plot presented an Alpha Fisher index of 31.62, while the Shannon index was 3.71 and the Simpson index 0.95. The total basal area of the plot was 29.96 m<sup>2</sup>. The distribution size for the DBH was represented with an inverse "J", where the highest density range was from 5 to 10 cm DBH. The total biomass of the plot was 149.8 ( $\pm 5.72$ ) Tm; *Nectandra purpurea* (19.04 Tm) and *Ocotea insularis* (15.33 Tm) attained that value due to their density. There were 13 species recorded with a conservation status category. This study represents a baseline for posterior analysis about forestry dynamics on the western slopes of the Andes at the Intag region.

Key words: Biomass, cloud forest, floristic diversity, permanent plot, Los Yaltes, Intag.

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1. LA CORDILLERA DE LOS ANDES

Durante el periodo Cretácico, Sudamérica se separó del megacontinente Gondwana, además el noroeste del continente emergió debido al alto movimiento tectónico. La subducción de la placa de Nazca en la placa Sudamericana dio lugar a la formación de la Cordillera de Los Andes a lo largo del oeste del continente, en donde las elevaciones no eran mayores a los 1 000 metros (Gentry, 1982; Steinmann, 1997). El aumento de las áreas montañosas se produjo durante el Mioceno tardío y el Plioceno; además, ocurrió la migración de especies entre América del Norte y América del sur a través del istmo de Panamá. Siendo en el Plioceno en donde las montañas tomaron la altura actual, debido a la alta actividad volcánica (Van der Hammen, 1989; Hofstede et al., 1998; Restrepo-Moreno et al., 2019). Pero en los Andes del norte y centrales del Ecuador y Colombia, la actividad volcánica no cesó durante el cuaternario, generando los altos picos, distintos a los Andes del sur (Jørgensen et al.,1999).

La extensión de los Andes sobrepasa los 4 000 km a lo largo de la costa Pacífica de América del sur, alcanzando los 7 000 m de altitud, con un área de 1´ 542 644 km<sup>2</sup> (Tejedor et al., 2012; Restrepo-Moreno et al., 2019). En el norte y centro del Ecuador los Andes forman dos cordilleras, una al oeste conocida como cordillera Occidental y al lado opuesto la cordillera Oriental o Real. Ambas cordilleras están compuestas por volcanes cuaternarios y glaciares, unidos por nudos montañosos y en medio de ellos valles interandinos; mientras en la zona austral se forma solamente una cordillera. La cordillera Oriental es más alta y antigua, compuesta por rocas metamórficas precámbricas, mientras que la cordillera Occidental tiene rocas volcánicas cretáceas y piroclásticas. La orografía de los Andes se extiende a las llanuras costeras y amazónicas, formando cordilleras de menor altitud y más erosionadas como: Mache Chindul, Chongón Colonche, Napo - Galeras, Cutucú, Cóndor (Steinmann, 1997; Hofstede et al., 1998; Jørgensen et al.,1999; Lavenu 2006).

Por otro lado, en Ecuador las variaciones de temperatura no cambian por más de 3°C a lo largo del año, pero en las zonas montañosas los valores diarios de temperatura pueden variar por 20°C o más. Los patrones de precipitación están influenciados por la zona de convergencia intertropical, cuya posición varía en los solsticios de verano e invierno, pasando de 10°N a 5°S. Esto genera dos épocas lluviosas y dos secas en el año. La estación lluviosa se presenta en los meses de marzo - abril y octubre, mientras la estación seca en los meses de julio - agosto y en un periodo corto en enero (Jørgensen et al., 1999).

### **3.2. DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ENDEMISMO EN EL ECUADOR**

Ecuador es uno de los 17 países megadiversos del mundo, con una riqueza florística registrada 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. Debido a las condiciones ambientales de los Andes, se presentan altas tasas de endemismo en el Ecuador, especialmente en los bosques de las estribaciones occidentales (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

En las últimas décadas, el registro de la diversidad florística en el Ecuador se ha limitado a listados breves e incompletos, en donde no se tenía claro el número de especies. Sin embargo, a partir del Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador se documentó 15 901 especies, y se estimó la existencia de 186 posibles nuevas especies por encontrarse (Jørgensen et al., 1999). Seis años después, se adicionó 1 246 especies, alcanzando 17 058 registros (Ulloa y Neill, 2005). Actualmente la diversidad florística en el Ecuador sobrepasa las 18 000 especies y tiene proyecciones a aumentar (Neill y Ulloa, 2011; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016). Estos listados han permitido conocer el estado de las poblaciones vegetales; a pesar de que el número de especies catalogadas con algún tipo de riesgo sigue en aumento desde evaluaciones previas de Valencia et al. 2000 y León et al. 2011, lo cual muestra que los planes de manejo y conservación no han tenido éxito.

### **3.2.1. DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ENDEMISMO EN LA REGIÓN ANDINA**

La alta diversidad de ecosistemas en el Ecuador se ha traducido en altos niveles de biodiversidad lo cual ha sido influenciado por: la cordillera de los Andes en diferentes estratos geológicos, y altitudinales provocando diversos procesos evolutivos. Además, de dos clases de corrientes marinas, Humboldt y del Niño, y de la convergencia con varias ecoregiones (León et al., 2011).

La mayor diversidad de plantas se encuentra en la región Andina con 9 865 especies, abarcando el 64,4% del total de especies registradas en el Ecuador (Jørgensen et al., 1999). A lo largo del gradiente altitudinal, la vegetación se clasifica de manera general en bosque tropical, bosque subandino, bosque andino, bosque andino alto y páramo abierto (Van der Hammen, 1989). Los patrones florísticos de diversidad siguen una forma de campana, en donde la mayor cantidad de especies se encuentra entre los 1 000 – 1 500 metros en las regiones húmedas con 4 303 representantes, correspondientes al 28,1% de la flora del Ecuador. Las familias más diversas en esta zona son: Araceae, Bromeliaceae, Asteraceae, Piperaceae y Dryopteridaceae, especies de hábito herbáceo y epífita, mientras la riqueza en las tierras bajas esta dominada por especies arbóreas, siendo las familias más representativas: Fabaceae, Moraceae, Melastomataceae, Lauraceae, Euphorbiaceae (Jørgensen et al., 1999; Kessler et al., 2011). El 78% de las especies endémicas del Ecuador se encuentran en alguna categoría de amenaza. La mayoría de las plantas endémicas tienen un corto rango de distribución, lo cual les ha hecho vulnerables a cambios mínimos en su ambiente. La mayor cantidad de especies endémicas son de hábito herbáceo epífita y terrestres, siendo las orquídeas las que presentan mayor número de especies endémicas (León et al., 2011)

### **3.3. LOS BOSQUES NUBLADOS DE LOS ANDES**

Los bosques de neblina se pueden encontrar en un rango altitudinal entre 500 a 3 200 m, ocupan 380 000 km<sup>2</sup> equivalentes al 0,26% en la superficie terrestre y el 2,5 % del área total de los bosques tropicales. En América, el área potencial de

estos bosques es de 96 394 km<sup>2</sup>, correspondiendo al 1,2% del área que comprende el bosque tropical en esta región (Bubb et al., 2004). La distribución de estos bosques varía en los trópicos, debido a la latitud, altitud, vientos, corrientes marinas, altura de las montañas en las que se encuentre (Bubb et al., 2004; Tejedor et al., 2012). Pero dentro de los 1,52 millones de km<sup>2</sup> aproximadamente entre los Andes del norte y centrales, los bosques de neblina ocupan 210 859 km<sup>2</sup>, a pesar de que existen parches con distintos grados de disturbio (Cuesta et al., 2009).

La flora al oeste del Ecuador es similar a los bosques del Chocó Colombiano, siendo parte de las ecorregiones más diversas (Myers, 1988; Olson y Dinerstein, 2002). En el Ecuador, los bosques de neblina se encuentran entre los 700 a 2 500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Estos bosques son característicos por presentar precipitaciones entre 500 – 6 000 mm/año, lo cual permite la presencia de abundantes plantas epífitas como helechos, briofitos, orquídeas, las cuales pueden almacenar agua dentro de sus estructuras y regular la cantidad de agua en las diferentes épocas del año (Hofstede et al., 1998; Bubb et al., 2004; Tejedor et al., 2012). Mientras tanto, los árboles llegan a tener alturas entre 10 - 35 m, pero disminuyen su altura a medida que se encuentran en altitudes mayores. Las familias: Lauraceae, Rubiaceae, Melastomataceae y Euphorbiaceae tienen los valores más altos de diversidad en las estribaciones de la cordillera. Entre los géneros más diversos de esta zona se considera a: *Clusia*, *Cyathea*, *Gustavia*, *Tovomita*, *Hyeronima*, *Chrysochlamys*, *Otoba*, *Inga*, *Miconia*, *Ocotea* y *Solanum* (Jørgensen et al., 1999; Bubb et al., 2004; Kessler et al., 2011; Tejedor et al., 2012). Mientras tanto, en las estribaciones orientales las especies comunes de los árboles de dosel son: *Ruagea glabra* Triana & Planch., *Ruagea pubescens* H. Karst., *Dussia lehmannii* Harms, *Meriania tomentosa* (Cogn.) Wurdack, *Cinchona pubescens* Vahl, *Roupala obovata* Kunth y *Nectandra acutifolia* (Ruiz & Pav.) Mez (Jørgensen et al., 1999).

### 3.3.1. AMENAZAS

Los bosques nublados son ecosistemas amenazados por el aumento de la frontera agrícola, ganadería, extracción de madera, minería e introducción de especies exóticas invasivas. Gran parte de los bosques están fragmentados con

amplios parches de suelo descubierto, produciendo una rápida erosión (Myers, 1988; Hofstede et al., 1998; Bubb et al., 2004; Tejedor et al., 2012). En la zona andina se estima una tasa de deforestación de 2% anual, producto de la tala selectiva de especies maderables o que sirven de combustible como leña o carbón vegetal. Pero el aumento de la frontera agrícola ha sido catalogada como la principal causa de deforestación (Hofstede et al., 1998).

Cerca del área de estudio, los planes de minería a gran escala suman uno de los nuevos riesgos que afectarían la biodiversidad de la zona, a través del proyecto minero Llorimagua para la extracción de cobre y molibdeno (Garzón et al., 2002; Latorre et al., 2015; Sacher y Chopard, 2017). Desde 1981 se han desarrollado varias exploraciones geológicas en el cantón Cotacachi, Imbabura, marcando una área de concesión de 4 829 hectáreas, abarcando un rango altitudinal entre 1 500 a 3 000 msnm (Empresa Nacional Minera del Ecuador, 2017). Aunque varios movimientos en contra de la minería se han levantado, el desarrollo del proyecto aún continúa.

### **3.4. BIOMASA**

La biomasa arbórea se define como toda la materia orgánica viva o muerta que esta en el individuo y sobre el suelo, producto de la fijación de carbono a través de la fotosíntesis (Penman et al., 2003); distribuyéndose en las raíces el 21%, en la madera muerta el 9% y el 70% restante es biomasa viva (Houghton et al., 2001).

El estudio del almacenamiento de carbono ha sido de interés en las últimas décadas debido al impacto que tiene el dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) al cambio climático global (Matthews et al., 2018). Precisamente, los bosques tropicales han actuado como sumideros de carbono (C); el estudio de la dinámica de los bosques y el análisis de la fijación de C en la biomasa aérea aporta al conocimiento de esta problemática (Gibbs et al., 2007; Vásquez y Arellano, 2012; Houghton et al., 2015). Por este motivo, a nivel mundial se han desarrollado estrategias de reducción de CO<sup>2</sup>, como el protocolo de Kioto que establece la reducción de emisiones de gases que aportan al efecto invernadero y fomenta la protección los reservorios de estos



gases. Siendo una de las acciones la mitigación de CO<sup>2</sup> a través de la asignación de bonos comerciales mediante la reforestación o evitando la deforestación en países en desarrollo (Gibbs et al., 2007; Goetz et al., 2015).

Para calcular las estimaciones de biomasa y proyecciones de fijación de carbono se han diseñado modelos e instrumentos remotos, ya que hacerlo de manera directa implicaría la destrucción de todo el organismo. Existen estimaciones de la biomasa a nivel regional, las cuales resultan del promedio de varios meta-análisis, pero los valores son imprecisos debido a los diferentes gradientes bioclimáticos y estructuras geológicas. El mapa más reciente de biomasa aérea muestra valores cada 500 metros cuadrados (m<sup>2</sup>), siendo impreciso en las estribaciones de los Andes, por la variedad de microclimas (Goetz et al., 2015). Los sensores remotos han sido empleados en bosques boreales y en bosques templados; pero dentro de los bosques tropicales, su uso ha sido cuestionado debido a que estos bosques son más densos y los instrumentos de medición se saturan rápidamente (Gibbs et al., 2007), lo cual se sugiere emplearlos en escalas pequeñas o acompañados de modelos adicionales.

Los modelos de cálculo de biomasa están sujetos a variaciones regionales, debido a que la estimación puede estar influenciada por variables climáticas, topográficas y composición físico-química del suelo (Gurdak et al., 2014). Por ese motivo, se emplean ecuaciones alométricas, las cuales toman en cuenta los valores del diámetro a la altura del pecho (DAP=1,30 metros), densidad de la madera y la altura de los árboles. Pero en lugares donde se dificulta la toma de datos de la altura, se puede obtener el valor a partir de la relación que existe entre el diámetro y la altura adicionando variables ambientales locales (Brown et al., 1999; Chave et al., 2004; Feldpausch et al., 2012; Chave et al., 2014).

Feldpausch et al. (2012) estimaron en Centroamérica y Suramérica 108 Pg de carbono en biomasa en árboles vivos; mientras para el oeste de la Amazonia en Colombia, Ecuador y Perú estimaron un promedio de 18,3 Pg para un área de 1' 062 000 Km<sup>2</sup>. En el Neotrópico, este tipo de estudios se han centrado en los bosques amazónicos (Poorter et al., 2016) y en las regiones altoandinas o páramos (Castañeda-Martín et al., 2017); las cantidades de carbono aumentan conforme

pasan los años, mientras la tasa de fijación de carbono disminuye (Torres-Torres et al., 2017); sin embargo, los bosques de las vertientes de los Andes, en especial los bosques nublados, han sido pobremente estudiados a pesar de que juegan un rol importante en el ciclo del clima, suelo y agua (Wilson y Rhemtulla, 2016; Wilson y Rhemtulla, 2018).

En este sentido el presente trabajo de titulación aportará con información para entender la composición y diversidad florística de los bosques nublados. Además, el análisis de biomasa aérea, a partir de parcelas permanentes, contribuye a la conservación y a la toma de buenas decisiones en temas de aprovechamiento y políticas públicas.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Conocer sobre la diversidad, estructura y composición florística de los bosques nublados del Ecuador.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la composición y estructura florística de una parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes.
- Analizar la diversidad local de una parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes.
- Estimar la biomasa aérea y la cantidad de carbono fijado en una parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Ecológica Los Yaltes se ubica en el cantón Cotacachi, parroquia García Moreno, sector de Chontal Alto. Forma parte del ecosistema de Bosque siempreverde montano bajo de la Cordillera Occidental de los Andes (BsBn04) (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013); además la reserva está dentro de la provincia biogeográfica del Chocó, que es considerada un “hotspot” de diversidad y endemismo (Myers, 2000) y un área importante para la conservación biológica (Garzón et al., 2002). Se ubica en las coordenadas 00° 17' 38, 91"N - 78° 42'24,18" O, con elevaciones que oscilan entre 1 400 y 1 700 m.s.n.m (Figura 1). En Ecuador se registran 12' 631 198 hectáreas (ha) de bosque nativo, de las cuales Imbabura abarca 143 826 ha. Con el fin de preservar estos lugares, el gobierno ecuatoriano ha desarrollado el proyecto “Socio Bosque”; el cual cubre 1,6 millones de hectáreas en el país. El bosque montano se encuentra representado por 43 mil hectáreas y la Reserva Ecológica Los Yaltes se encuentran suscrita al programa con 114 ha (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018) (Figura 2).

Estos bosques de neblina mantienen un dosel cerrado con alturas entre los 20 a 30 m, con algunas especies emergentes sobre los 35 m. Es abundante la presencia de herbáceas epífitas, lianas, bejucos, briofitos y helechos. Las familias más representativas de este sitio son: Lauraceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Urticaceae y Arecaceae; representados en los géneros de árboles de dosel en: *Ocotea*, *Nectandra*, *Persea*, *Guarea*, *Carapa* e *Inga* y los géneros de subdosel: *Miconia*, *Palicourea*, *Cecropia* y *Psychotria*. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

#### 5.1.1. CLIMA

El área de estudio presenta una temperatura media de 10,4 °C y una precipitación media total de 1 569,3 mm, la precipitación dentro de estos bosques de neblina son neta y horizontal, la cual se adquiere de la neblina. El mes de abril

presenta la mayor precipitación (242,6 mm), con 85,2% de humedad relativa. En cambio, agosto es el mes menos lluvioso, (130,8 mm), con humedad relativa de 80%. El producto de la temperatura, precipitación y humedad relativa producen un alto nivel de nubosidad de manera constante (Hofstede et al., 1998; Entrix Américas S.A., 2018).

### **5.1.2. TOPOGRAFÍA Y SUELOS**

La topografía del sitio muestra pendientes conspicuas, las cuales son propensas a derrumbes, debido a la saturación del suelo por las altas precipitaciones. El sustrato es rocoso y sedimentario. Los niveles de boro (20 mg/kg), cobre (377 mg/kg), vanadio (94 mg/kg) y zinc (63 mg/kg) son altos, debido a que el sector es un yacimiento polimetálico (Entrix Américas S.A., 2018).

### **5.2. ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA**

En el bosque maduro de esta reserva se seleccionó un sitio para el establecimiento de una parcela de una hectárea, tomando en cuenta condiciones de accesibilidad y topografía (Figuras 1 y 3). El área de estudio estuvo dividida en 100 cuadrantes de 10 × 10 m, con una forma rectangular de 50 x 200 metros. El inicio de la parcela está en las coordenadas 00° 17' 14" N - 78° 42' 20" O, que corresponde al cuadrante 00-00 a una altura de 1 450 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

### **5.3. TOMA DE DATOS**

Se censaron todos los arbustos, árboles, palmas y helechos arborescentes con un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq$  5 cm. Todos los individuos fueron marcados (placas numeradas), medidos, georreferenciados e identificados (Figura 3).

La fase de gabinete se desarrolló en el Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. La identificación se realizó a través de comparaciones con especímenes determinados y depositados en las colecciones

del herbario, el uso de claves taxonómicas y de literatura especializada. También utilizamos herramientas virtuales, como imágenes de los tipos disponibles en JStor (<https://plants.jstor.org/>), herbarios virtuales (<https://plantidtools.fieldmuseum.org>, <http://sweetgum.nybg.org/science>), la base de datos Bioweb de la PUCE (<https://bioweb.bio/>) y otras bases de datos como: <http://www.tropicos.org>, <https://www.ipni.org/>.

## 5.4. ANÁLISIS DE DATOS

### 5.4.1. ÁREA BASAL (AB)

El Área basal (AB) corresponde al área del diámetro a la altura del pecho (DAP) del corte transversal del tronco. Se determinó con los diámetros de los individuos con DAP  $\geq 5$  cm (Zarco-Espinosa et al., 2010.):

$$AB = \left( \frac{\pi D^2}{4} \right)$$

Dónde:

D: Diámetro a la altura del pecho

$\pi$ : 3,1416

### 5.4.2. DENSIDAD RELATIVA (DR)

Corresponde la relación entre el número de individuos (abundancia) de una especie determinada y la abundancia de todas las especies (Zarco-Espinosa et al., 2010).

$$DR = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$$

### 5.4.3. DOMINANCIA RELATIVA (D)

La dominancia corresponde al espacio ocupado de una especie con relación al área total ocupada de todas las especies (Zarco-Espinosa et al., 2010).

$$D = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

#### 5.4.4. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)

Representa el valor de importancia de la especie, género, familia dentro de la composición de la comunidad. Es el resultado de la adición de la densidad relativa (DR) y dominancia relativa (D) (Campo y Duval, 2014).

$$IVI = DR + D$$

#### 5.4.5. DISTRIBUCIÓN DE CLASES DIAMÉTRICAS

Los valores de los diámetros a la altura del pecho (DAP) fueron clasificados en rangos cada cinco centímetros, con el fin de ver los más abundantes.

#### 5.4.6. PERFIL DE VEGETACIÓN

Para describir el perfil de la vegetación del área de estudio se dividió las alturas de los árboles en rangos cada dos metros. Se mostró las densidades de cada rango de altura y se tomó en cuenta la abundancia de las especies.

### 5.5. DIVERSIDAD

#### 5.5.1. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Se relacionó la abundancia de individuos presentes en el área de estudio (en el eje de la abscisa), con la diversidad de especies (en el eje de la ordenada).

#### 5.5.2. ÍNDICE DE CHAO 1

Estima el número de especies dentro de la comunidad, al considerar las especies representadas por un individuo “*singletons*” (Escalante, 2003).

$$Chao\ 1 = S + \frac{f_1^2}{2f_2}$$

Dónde:

S: Número de especies de la parcela

f1: Número de especies representadas por un individuo en la muestra

f2: Número de especies representadas por dos individuos en la muestra

### 5.5.3. ALFA DE FISHER ( $\alpha F$ )

Actúa de manera independiente del tamaño de las muestras para determinar la abundancia de las especies, acorde una serie logarítmica (Campo y Duval, 2014).

$$S = \alpha \ln \frac{1 + N}{\alpha}$$

Dónde:

S: Número de especies

N: Número total de individuos.

### 5.5.4. ÍNDICE SHANNON-WIENER ( $H'$ )

A partir del número de especies presentes y la abundancia relativa, se pudo representar la heterogeneidad de una comunidad. En donde los valores van entre cero, solo hay una especie, al logaritmo del total de especies presentes (Campo y Duval, 2014).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

$p_i$ : Representa la proporción de una especie con relación al total de individuos.

Los valores se interpretaron de acuerdo a Magurran, 1988.

### 5.5.5. ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON ( $D_{SI}$ )



Representa la probabilidad de encontrar al azar dos especies de una población y que sean similares. Muestra la relación entre riqueza y abundancia (Campo y Duval, 2014).

$$D_{SI} = \sum P_i^2$$

$P_i$ : Representa la proporción de una especie con relación al total de individuos.

## 5.6. ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA

Para determinar la biomasa aérea “*aboveground biomass*” (AGB) de cada individuo, se empleó la ecuación alométrica propuesta para bosques tropicales de Chave et al. (2014):

$$AGB = 0,0673 \times (\rho D^2 H)^{0,976}$$

$D$ : Diámetro

$H$ : Altura

$\rho$ : Densidad de la Madera

La densidad de la madera se obtuvo a partir de la función *getWoodDensity* región *South America (tropical)* del paquete *Biomass* de la plataforma R, asignamos la densidad de cada árbol de acuerdo con su nivel taxonómico disponible (Chave et al., 2009; Rejou-Mechain et al., 2018).

Además, el carbón fijado corresponde al 50% de la biomasa estimada (Brown, 1997).

### 5.6.1. ESTIMACIÓN DE LA ALTURA

Para estimar la altura de cada individuo empleamos dos valores, uno resultante de estimaciones visuales y otro estimado con un modelo de corrección de altura (Feldpausch et al., 2012), a partir de la relación existente entre el diámetro a la altura del pecho y la altura. Para esto, empleamos la función *modelHD*, método *log3*, del paquete *Biomass*, región *W-Amazonia*, de la plataforma R (Rejou-Mechain et al., 2018).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En la parcela permanente de una hectárea se registraron 1 373 individuos entre arbustos, árboles, palmeras y helechos arborescentes con DAP  $\geq$  5 cm, los cuales corresponden a 41 familias, 78 géneros y 120 especies. La Familia con mayor representatividad de especies fue Lauraceae (22), seguida de Moraceae (12), Melastomataceae (10), Myrtaceae (9), Fabaceae (7) y las demás familias con menos de cinco especies cada una (Figura 4, A; Anexo 1).

Los géneros más diversos fueron *Ficus* con ocho especies, seguido de *Miconia* con seis especies, *Eugenia* y *Nectandra* con cinco especies cada una, e *Inga*, *Ocotea* y *Persea* con cuatro especies cada uno. Los demás géneros estuvieron representados por menos de cuatro especies (Figura 4, B; Anexo 2). Mientras tanto, las especies más abundantes fueron *Nectandra purpurea* (Ruiz & Pav.) Mez con 149 individuos, *Ocotea insularis* (Meisn.) Mez (107), *Persea* cf. *rigens* C.K. Allen (85), *Persea pseudofasciculata* L.E. Kopp (84), *Alsophila erinacea* (H. Karst.) D.S. Conant (73) y *Prestoea acuminata* (Willd.) H.E. Moore (71) (Figura 4, C). Finalmente, se registraron 46 especies con un solo representante (Anexo 3).

### 6.2. ÍNDICES ECOLÓGICOS

#### 6.2.1. ÁREA BASAL

El área basal en la parcela de una hectárea fue de 29,96 m<sup>2</sup>/ha. Las especies con mayor área basal fueron: *Nectandra purpurea* (3,68 m<sup>2</sup>), *Ocotea insularis* (3,01 m<sup>2</sup>), *Persea* cf. *rigens* (2,01 m<sup>2</sup>), *Freziera grandiflora* D. Santam., D.A. Neill & Lagom. (1,33 %). Los individuos de *Otoba gordoniiifolia* (A. DC.) A.H. Gentry sumaron 2,13 m<sup>2</sup>, en donde el individuo más grande alcanzó 0,697 m<sup>2</sup>. El resto de las especies tuvieron valores inferiores a 2 m<sup>2</sup> (Tabla 1; Anexo 3). Por otra parte, los géneros con mayor área basal fueron *Ocotea* (5,47 m<sup>2</sup>), *Nectandra* (4,06 m<sup>2</sup>) y

*Persea* (3,77 m<sup>2</sup>); los demás géneros registraron áreas menores a 2 m<sup>2</sup> (Tabla 2; Anexo 2). Lauraceae fue la familia con mayor área basal (14,62 m<sup>2</sup>) en la parcela, seguido de Urticaceae (2,78 m<sup>2</sup>), Myristicaceae (2,13 m<sup>2</sup>), Pentaphylacaceae (1,33 m<sup>2</sup>) y Moraceae (1,11 m<sup>2</sup>). Las demás familias registraron áreas menores a 1 m<sup>2</sup> (Tabla 3; Anexo 1).

### 6.2.2. DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa de las especies con DAP  $\geq$  5 cm, muestra a *Nectandra purpurea* como la especie con mayor densidad relativa (10,85%), seguida de *Ocotea insularis* (7,79%), *Persea* cf. *rigens* (6,19%), *Persea pseudofasciculata* (6,12%), *Alsophila erinacea* (5,32%) y *Prestoea acuminata* (5,17%). Las demás especies presentaron valores menores a 5% (Tabla 1; Anexo 3). Las especies con un solo representante comprendieron el 3,35% de la densidad en la parcela. Por otro lado, los géneros con mayor densidad fueron *Persea* (12,53%), *Ocotea* (12,31%), *Nectandra* (12,16%), *Alsophila* (5,32%), *Prestoea* (5,17%) y *Faramea* (5,03%); los demás géneros tuvieron valores de densidad relativa menores a 5% (Tabla 2; Anexo 2). La familia con mayor densidad fue Lauraceae (41,73%), seguida de Rubiaceae (6,34%) y las demás familias con valores inferiores (Tabla 3; Anexo 1).

### 6.2.3. DOMINANCIA RELATIVA

Las especies con mayor dominancia relativa fueron *Nectandra purpurea* (12,29%), *Ocotea insularis* (10,06%), *Otoba gordoniiifolia* (7,12%), *Persea* cf. *rigens* (6,7%) y *Persea pseudofasciculata* (5,74%). Mientras el resto de las especies mantuvieron valores menores a 5%. (Tabla 1; Anexo 3). Además, los géneros con mayor dominancia fueron *Ocotea* (18,26%), *Nectandra* (13,54%), *Persea* (12,59%) y *Otoba* (7,12%); los demás géneros tuvieron valores menores a 5% (Tabla 2; Anexo 2). La familia con mayor dominancia fue Lauraceae con 46,75%, seguida de Urticaceae con 8,9%, y Myristicaceae con 6,82%, mientras que las demás familias presentaron valores menores a 5% (Tabla 3; Anexo 1).

#### 6.2.4. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

*Nectandra purpurea* presentó el mayor valor de importancia (IVI) (11,57%), seguida de *Ocotea insularis* (8,93%), *Persea* cf. *rigens* (6,45%), *Persea pseudofasciculata* (5,93%) y *Otoba gordoniiifolia* (5,45%) (Figura 5). Las demás especies tuvieron valores inferiores a 5% (Tabla 1; Anexo 3). Los géneros con mayor IVI fueron: *Ocotea* (15,28%), *Nectandra* (12,85%) y *Persea* (12,56%); y los demás géneros mostraron valores menores a 6% (Tabla 2; Anexo 2). La familia que presentó mayor valor fue Lauraceae (44,21%), seguida de Urticaceae (6,01%) y Myristicaceae (5,3%), Cyatheaceae (4,17%), Arecaceae (4,03%). Las demás familias presentaron índices menores a 4% (Tabla 3; Anexo 1).

#### 6.2.5. DISTRIBUCIÓN DE CLASES DIAMÉTRICAS

La distribución de los diámetros a la altura del pecho (DAP) mostraron una curva en forma de “J” invertida. El 57% de los individuos se encontró entre cinco a diez cm de DAP. Solamente 39 individuos, el 3% del total, superaron los 40 cm de DAP (Figura 6).

#### 6.2.6. PERFIL DE VEGETACIÓN

El perfil de vegetación mostró una heterogeneidad de alturas en la parcela, pero la mayor proporción de individuos (46,2%) tuvo una altura entre los 10 – 12 metros. Apenas cuatro individuos de las especies sobrepasaron los 16 metros, los cuales son: *Roupala monosperma* (Ruiz & Pav.) I.M. Johnst. (16,77 m), *Morus insignis* Bureau (16,67 m), *Nectandra* sp. 1 (16,24 m), Lauraceae sp. 3 (16,22 m) (Figura 7).

### 6.3. DIVERSIDAD

#### 6.3.1. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

La curva de la recta no forma una asíntota clara, pero tiene una tendencia a estabilizarse (Figura 8).

### 6.3.2. ÍNDICE DE CHAO 1

El índice de Chao 1 estima 214 especies, con intervalos de confianza de: 162,17- 329,63 (Tabla 4).

### 6.3.3. ÍNDICES DE DIVERSIDAD

El índice Alfa de Fisher en la parcela de una hectárea de bosque nublado fue de 31,63 (Figura 9, A). Mientras el valor del índice Shannon Wiener corresponde a 3,71, considerado como diversidad alta según Magurran, 1989 (Figura 9, B). Por otro lado, el valor del índice de dominancia de Simpson fue de 0,95, lo cual mostró dominancia (Figura 9, C).

## 6.4. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA

La biomasa en una hectárea de bosque de neblina, empleando el ajuste de alturas de Feldpausch et al. 2012 (AF) fue de 149,8 ( $\pm$  5,72) Toneladas métricas (Tm), representando 74,9 Toneladas de carbón (TmC). Mientras tanto, al utilizar las alturas a partir de mediciones visuales (MV), la biomasa fue de 145 (Tm), representando 72,5 (TmC). Las especies con mayor biomasa fueron *Nectandra purpurea* (AF:19,04 Tm; MV:18,7 Tm), *Ocotea insularis* (AF:15,33 Tm; MV:15,33 Tm), *Otoba gordoniiifolia* (AF:9,41 Tm; MV:9,6 Tm) (Figura 10; Tabla 1; ; Anexo 1, 2, 3).

## 6.5. ESTADO DE CONSERVACIÓN

Dentro del área de estudio se encontraron 13 especies bajo una categoría de amenaza según el Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador de León et al. 2011. En categoría de peligro crítico (CR): *Ocotea pachypoda*; en peligro (EN) se encontraron: *Blakea* cf. *lanuginosa*, *Daphnopsis grandis*, *Panopsis megistosperma* y *Pleurothyrium giganthum*; y en estado vulnerable (VU): *Banara regia*, *Miconia dapsiliflora* y *Miconia explicita* (Tabla 5).

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. COMPOSICION Y ABUNDANCIA FLORÍSTICA EN EL BOSQUE LOS YALTES

La composición y abundancia de arbustos, árboles, palmeras y helechos arborescentes en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes corresponde a lo encontrado en estudios previos dentro del bosques de neblina de la región biogeográfica del Chocó. Al tomar en cuenta solamente los individuos con  $DAP \geq 10$  cm y la misma área (1 ha), corresponde a 639 individuos. Los valores son equivalentes a lo registrado por Faber-Langendoen y Gentry, 1991 en Bajo Calima departamento del Valle del Cauca, Colombia (675), y Abadía et al. 2002 en Tutunendo departamento del Chocó, Colombia (763). Pero si se considera todos los individuos con  $DAP \geq 5$  cm del área de estudio (1373), es similar a la abundancia de los bosques montanos del sur del Ecuador en donde se encontró 1347 individuos (Homeier et al. 2010). La cantidad de familias (41) del bosque analizado son iguales a los registrados en las parcelas de Bajo Calima (45) (Faber-Langendoen y Gentry, 1991), Pie de Pató departamento del Chocó, Colombia (46) y Nauca, departamento del Chocó, Colombia (45) (Ramos et al., 2007).

La composición florística de las familias, Lauraceae, Melastomataceae, Fabaceae, Clusiaceae, Rubiaceae y Moraceae concuerda con lo descrito para la flora de la región biogeográfica del Chocó (Faber-Langendoen y Gentry, 1991; Homeier et al., 2005; Homeier et al., 2010; Ulloa et al., 2016). De forma similar a lo encontrado por Homeier et al. 2010 al sur del Ecuador, Lauraceae fue la familia con mayor número de especies (22). De hecho, según varios autores, Lauraceae es una familia característica de este tipo de bosques, a los 1500 m.s.n.m (Cuesta et al., 2009; Trujillo y Henao, 2018). Cabe notar que en la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes (RBAMB) en Costa Rica, considerada como húmedo tropical premontano, la cantidad de especies de Lauraceae es menor (11) (Homeier et al., 2005). En otras localidades, Rubiaceae es una de las familias con mayor cantidad de especies: 14 en la RBAMB (Homeier et al., 2005) y 21 en bosques montanos al sur del Ecuador (Homeier et al., 2010), pero dentro de la parcela

analizada en este estudio, solamente está representada por tres especies: *Faramea langlassei* Standl., *Faramea oblongifolia* Standl. y *Palicourea andrei* Standl.

A partir de los índices ecológicos (IVI), Lauraceae es la familia con mayor valor (44,21), debido a su alta abundancia dentro de la hectárea analizada (573 individuos). En Baja Calima, a pesar de estar dentro la misma región biogeográfica, pero a diferente altitud, la familia Lauraceae se ve relegada dentro de estos bosques. Los mayores IVI corresponde a las familias: Arecaceae, Sapotaceae, Myristicaceae y Clusiaceae; las cuales son propias de tierras bajas (Faber-Langendoen y Gentry, 1991).

Además, la familia Lauraceae presenta la mayor área basal, 14,62 m<sup>2</sup>/ha, correspondientes al 48,79% del total acumulado. Pero el registro del área basal del total (29,96 m<sup>2</sup>/ha) es de valor medio, comparado con los bosques registrados en Bajo Calima 22,5 – 25 m<sup>2</sup>/ha (Faber-Langendoen y Gentry, 1991), Parque Nacional Jaú, Manaus en Brazil, 37,1 m<sup>2</sup>/ha (Ferreira y Prance, 1998), RBAMB 32,5 - 36,9 m<sup>2</sup>/ha (Homeier et al., 2005), Nauca 24,3 m<sup>2</sup>/ha (Ramos et al., 2007); pero es más alto al valor registrado en la concesión minera del área aledaña, Llurimagua, Imbabura, 11,033 m<sup>2</sup>/ha (Entrix Américas S.A., 2018), a pesar que el estimado para los bosques siempre verdes de los Andes de Ecuador es de 24,5 m<sup>2</sup>/ha (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018).

La especie *Nectandra purpurea*, de la familia Lauraceae, presentó el valor de IVI más alto debido a su alta abundancia, densidad y dominancia. Esta especie es conocida vernacularmente como laurel o aguacatillo y tiene un amplio rango de distribución en los bosques húmedos piemontanos (Rieger y Fournier, 1987; Calle et al., 2014). Otra especie de interés fue la presencia de *Freziera grandiflora* (10 individuos en una hectárea) conocida como Yalte rojo, la cual ha sido descrita recientemente como nueva especie distribuyéndose en las provincias de Pichincha y Carchi (Santamaría-Aguilar et al., 2016). A partir de este estudio se amplía su rango de distribución para la provincia de Imbabura, además se esperaría encontrar más representantes en los bosques nublados del departamento de Nariño, al sur de Colombia. Santamaría-Aguilar et al. 2016 han catalogado a esta especie como

Vulnerable, debido a sus reducidas poblaciones. En las comunidades cercanas al área de estudio, las poblaciones del Yalte rojo han diezmado, ya que la especie es valorada como madera fina.

## 7.2. ESTRUCTURA EN EL BOSQUE LOS YALTES

La estructura del bosque de Los Yaltes es similar a los estudios previos en las zonas tropicales, en donde la mayor cantidad de individuos se encuentra en las clases diamétricas inferiores; mientras que, los individuos con valores altos de DAP, en los que se acumula la mayor parte de la biomasa, son menos abundantes (Ferreira y Prance, 1998; Ramos et al., 2007). Pero dentro de esta área de estudio, también son evidentes los claros de bosque por los disturbios generados por derrumbes y precipitaciones. Evidencia de esto, es la densidad de *Cecropia gabrielis* (2,48%) a lo largo de la parcela como indicadores de disturbio (Zalamea et al., 2012). Además, el sitio se encuentra en un proceso de regeneración natural, siendo el bosque mixto, sin un dosel ni sotobosque marcado, llegando a una altura entre 6 a 17 m con apenas pocas especies emergentes. El estrato inferior y sotobosque de la parcela siguen lo descrito para los bosques de neblina, en donde están compuestos principalmente por lianas, bejucos, briofitos y epífitas (Garzon, 2002; Cuesta et al., 2009)

## 7.3. DIVERSIDAD EN EL BOSQUE LOS YALTES

Al comparar la diversidad de especies ( $n=120$ ) con el índice de Chao 1 ( $n=214$ ), el área de estudio abarcó el 56% del total de especies estimadas. Al aumentar la cobertura del sitio de estudio se podría completar la diversidad estimada de Chao 1, a pesar de la dominancia en el área ( $D_{si}= 0,95$ ); representadas con altas densidades de pocas especies como: *Nectandra purpurea* (10,85%), *Ocotea insularis* (7,79%) *Persea cf. rigens* (6,19%) y *Persea pseudofasciculata* (6,12%). Por otro lado, la alta diversidad ( $\alpha F = 31,62$ ) se debe a las abundantes especies, representadas por un solo individuo "singletons" (46) en la parcela. La presencia de varias especies con un individuo y pocas especies con abundantes individuos en el área de estudio, pueden deberse a que la comunidad se encuentra en un proceso de sucesión, lo cual se podría verificar con futuros monitoreos



(Ministerio del Ambiente et al., 2007; Matthews y Whittaker, 2015). Pero también, este patrón se podría explicar a través de la distribución de abundancia de especies que ocurre en las comunidades de las regiones tropicales, Parque Nacional del Manu (Perú) 253 *singletons* de 829 morfoespecies (Pitman et al., 1999), Parque Nacional del Manu 176 *singletons* de 693 morfoespecies (Pitman et al., 2001), Parque Nacional Yasuní (Ecuador) 274 de 1017 morfoespecies (Pitman et al., 2001).

El índice de Shannon registrado en el área de estudio (3,71) fue alto, en relación a estimaciones realizadas en estudios previos en áreas del Chocó biogeográfico, en donde Shannon varía entre 3,09 en Guadalupe, Quibdó (García et al., 2004) y 4,43 en Nauca, Pie de Pató, ambos en Colombia (Ramos et al., 2007). A nivel local en la provincia de Imbabura, en Intag se han realizado transectos de 0,8 ha, con 26 especies y 109 individuos con DAP > 10 cm (Garzón et al., 2002), mostrando pocas especies para la región. Pero, en un remanente de 0,1 ha, cerca de la Cordillera de Toisan (Imbabura), se han registrado entre 56 a 68 especies de árboles con DAP > 2,5 cm (Cerón y Yáñez, 2001), pero estos números podrían incrementar al aumentar el área de muestreo. En cambio, al sur de la región del Chocó andino, se encontraron 159 especies en parcelas de igual dimensión (Ulloa et al., 2016) correspondiendo a los valores estimados en el presente estudio.

#### **7.4. BIOMASA EN EL BOSQUE LOS YALTES**

La biomasa registrada en este estudio (AF:149,8 Tm/ha; MV: 145 Tm/ha) es baja en relación a la registrada para otros bosques de la región, como Bajo Calima departamento del Valle del Cauca, Colombia (210 Tm/ha, Faber-Langendoen y Gentry, 1991), Salero departamento del Chocó, Colombia (179,17 Tm/ha, Quinto Mosquera y Moreno Hurtado, 2011), Calandria Monteverde, Costa Rica (159 Tm/ha, Tanner et al., 2016), pero está por encima del valor difundido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018 para los Bosques siempre verdes Andino Pie de Montes (122,77 Tm/ha).

Esta estimación de biomasa se puede deber a que el bosque estudiado se encuentra en recuperación, sin intervención antrópica desde hace 20 años (P.

Andrade comunicación personal, 12 enero de 2019). Además, la disminución de biomasa también podría deberse a la abundante cantidad de neblina y la alta abundancia de epífitas, que cierran el dosel y disminuyen el paso de luz hacia el bosque. La baja incidencia de luz reduce las tasas de fijación de carbono por fotosíntesis, lo que a su vez, disminuye la productividad primaria bruta (PPB, cantidad de energía solar captada), y la productividad primaria neta (NNP, resultado de la sustracción de la respiración celular y la PPB) y por ende también, la cantidad de biomasa almacenada en los árboles (Gurdak et al., 2014; Malhi et al., 2017).

La estimación de la biomasa a partir de las alturas estimadas de manera visual frente a las alturas ajustadas a través del modelo de Feldpausch et al. 2012 calcula una diferencia de 4,8 Toneladas (AF:149,8 Tm/ha; MV: 145 Tm/ha). Aún es incierto emplear solamente modelos matemáticos que extrapolen o traten de cubrir variables que son el producto de la suma de varios factores. El emplear la ecuación de Feldpausch et al. 2011 para obtener el valor de las alturas en función de los diámetros del fuste y densidades de madera genera errores en el cálculo de la biomasa. La biomasa aérea del sitio de estudio habría sido 231 Tm/ha, debido a que las alturas de las clases diamétricas fueron sobreestimadas. Es por eso que el modelo de Feldpausch et al. 2011 no se debería utilizar para generalizar relaciones entre el DAP y la altura de los árboles, aún menos en zonas poco conocidas y que pueden tener diversas estrategias fisiológicas a lo largo del ciclo de vida, donde puede ser influenciada la densidad o el desarrollo por diferentes variaciones climáticas o genéticas (Chave et al., 2009; Feldpausch et al., 2012).

Los errores de estimación se pueden reducir a través de radares y luces laser, los cuales son mecanismos rápidos de evaluación de biomasa a través de estimaciones más reales de la estructura vegetal y altura de los árboles. Estos métodos emplean varias imágenes aéreas de alta resolución captadas en tiempo real y no excluyen las mediciones dasométricas. Sin embargo, la información satelital multiespectral, solo detecta las copas de los árboles omitiendo la información vertical, dificultándolo aún más las mediciones cuando hay neblina (González-Jaramillo et al., 2018).

## 7.5. CONSERVACIÓN EN EL BOSQUE LOS YALTES

La conservación no solo debería verse como una estrategia para mantener intacto un lugar, sino que también debería considerar las retribuciones no monetarias que la naturaleza ofrece como la síntesis de productos, regulación de sistemas abióticos y bióticos, valores culturales (Bubb et al., 2004; Wallace, 2007). Estos procesos y bienes, conocidos como servicios ecosistémicos, se desarrollan de manera natural y benefician directa o indirectamente al ser humano. Dentro del área de estudio estos servicios de regulación del clima, erosión, ciclo del agua, fijación de carbono, reservorios genéticos, recreación y ecoturismo se han visto amenazados por la extracción de madera. De hecho, en el último análisis se calculó que en el periodo 2014 - 2016 la tasa de deforestación fue de 0,74 % y en la provincia de Imbabura y el área deforestada llegó a ser de 1 770 ha (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018). Sin embargo, a partir de los nuevos planes económicos del gobierno ecuatoriano, la extracción de cobre y molibdeno cerca del área de estudio se han sumado a las amenazas, siendo la deforestación y el uso de químicos para la minería, los causantes de la disminución de la cantidad y calidad de los recursos hídricos. La captación de agua se ve condicionada por la abundancia de árboles, mientras el uso de productos corrosivos al mezclarse con el agua genera soluciones complejas de separar (Roy et al., 2018; Silveira et al., 2017).

Se estima que del 10% al 20% de la flora de los *hotspot* de América aún no ha sido descrita (Ulloa et al., 2016). Lauraceae es uno de los taxones mayormente representados dentro del área de estudio, pero las revisiones sobre su taxonomía y sistemática han sido reducidas, debido a la baja disponibilidad de muestras fértiles y a la poca cantidad de colecciones. Un mayor estudio de los bosques nublados podría ayudar a resolver las diferentes politomias y complejo de especies de la región (van der Werff, H, 2002; Nishida y van der Werff, 2011; van der Werff, 2012; van der Werff, 2013; van der Werff, 2014; van der Werff, 2017).

Para que se conserven estos bosques de neblina, se han desarrollado estrategias de conservación en Intag, provincia de Imbabura por más de 20 años, a través de ecoturismo, cultivo de cacao; además, ha existido el apoyo de varios

aristas nacionales e internacionales (Larrea, 2002; Silveira et al., 2017; Roy et al., 2018). El actual Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) mantiene áreas aisladas, pero al realizar análisis complementarios para identificar las áreas prioritarias de conservación, se encontró que se debería fomentar sitios de protección en la región del Chocó (Cuesta et al., 2015). Hay varios bosques protectores en la zona de concesión minera (Imbabura) de carácter comunitario y privado en la zona de Intag, que sirven de corredores biológicos hacia la Cordillera de Toisan y la Reserva Ecológica Los Yaltes es una de ellas, pero al no ser consideradas parte del PANE son vulnerables a ser explotados (Roy et al., 2018).

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En una parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaltes se registraron 1373 individuos de 120 especies de arbustos, árboles, palmeras y helechos arborescentes. Estos resultados representan una línea base para estudios posteriores. Los inventarios biológicos en los bosques montanos han sido pocos, dejando varias incógnitas sobre su diversidad taxonómica, ecología y dinámica frente al cambio climático. Las parcelas permanentes son buenas unidades representativas de los ecosistemas, facilitando la comprensión de los cambios en las comunidades vegetales. Estudios complementarios sobre las tasas de reclutamiento, mortalidad, biomasa aportarán a la comprensión de los flujos de carbono.

La ecuación descrita por Chave et al, 2014, las densidades obtenidas a través de *getWoodDensity* de la región *South America (tropical)*, junto a las mediciones dasométricas y la altura estimada visualmente y ajustada son buenas variables para la estimación de la biomasa dentro de esta zona. Las ecuaciones alométricas permiten la estimación de biomasa, sin recurrir a ningún método destructivo de los individuos. Aun así, se mantiene un rango de error que se puede disminuir con la adición de covariables ambientales locales de topografía, composición química del suelo y clima. El diseño de un modelo de estimación local para los bosques noroccidentales de las estribaciones de los Andes del norte ayudaría a comprender mejor la realidad de la dinámica de estos bosques.

Dentro de los Andes, los bosques nublados son los que han recibido mayor atención de conservación, debido a su alta diversidad, endemismos y servicios ecosistémicos. Además, una hectárea de estos bosques también puede almacenar 149,8 Tm de carbono. Lo cual puede tener retribuciones económicas, al valorizar los servicios ecosistémicos de conservación de la biodiversidad, fijación y almacenamiento de carbono, la captura y acumulación de agua a partir de la condensación de las nubes y neblina.

El bosque de la Reserva Ecológica Los Yaltes se encuentra en un proceso de regeneración, prevalecen especies dominantes y varias raras, además, se

registró 16 especies con algún tipo de amenaza. En la comunidad forestal se encuentran varios representantes de la familia Lauraceae, 22 especies. Los patrones de distribución de especies dentro de estos bosques de neblina han sido influenciados por la extracción selectiva de madera. A través de revisiones taxonómicas, análisis filogenéticos, estudios etnobotánicos, se podría comprender de mejor manera la biología de las especies dentro de las comunidades cercanas al sitio de estudio como: Junín, Chontal Alto, Charguayacu Alto, Charguayacu Bajo, Chontal Bajo. Los planes de forestación sostenible serían una herramienta de producción económica y de conservación de estos bosques.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadía, A., Molina, C., Palacios, M., y Palacios, F. (2002). *Evaluación de la diversidad florística y análisis estructural, del bosque húmedo tropical de la estación biológica ambiental de Tutunendo-Quibdó, Chocó*. (Disertación de pregrado). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. *Food y Agriculture Org.*134.
- Brown, S. L., Schroeder, P. y Kern, J. S. (1999). Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management*, 123 (1), 81-90.
- Bubb, P., May, I. A., Miles, L., y Sayer, J. (2004). *Cloud forest agenda*. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/48027797.pdf>
- Calle, Z., Giraldo, E., Giraldo, A., Tafur, O. y Bolívar, J. A. (2014). Gustos, percepciones y conocimiento local de los habitantes rurales de la cuenca media del río La Vieja (cuenca del río Cauca, Colombia), sobre 60 especies nativas de árboles, arbustos y palmas. *Biota Colombiana*, 15 (Supl. 2).
- Campo, A. M. y Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 34 (2), 25.
- Castañeda-Martín, A. E. y Montes-Pulido, C. R. (2017). Carbon stock in andean paramo. *Entramado*, 13 (1), 210-221.
- Cerón, C.E. y Yáñez, M.W. (2001). Diversidad y especies frecuentes en los remanentes de la parte baja de la cordillera de Toisan, implicaciones para su conservación y manejo. *Cinchonia* (2), 66-82.
- Chave, J., Condit, R., Aguilar, S., Hernandez, A., Lao, S. y Perez, R. (2004). Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 359 (1443), 409-420.
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G. y Zanne, A. E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology letters*, 12 (4), 351-366.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. y Henry, M. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, 20 (10), 3177-3190.

- Cuesta, F., Peralvo, M., Valarezo, N., y ECOBONA-Intercooperation, P. R. (2009). *Los bosques montanos de los Andes Tropicales*. Quito: Programa Regional ECOBONA-Intercooperation.
- Cuesta, F., Peralvo, M., Baquero, F., Bustamante, M., Merino, A., Muriel, P., Freile, J. y Torres, O. (2015). *Áreas prioritarias para la conservación del Ecuador continental*. Quito: Ministerio de Ambiente, CONDESAN, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, GIZ.
- Entrix Américas S.A. (2018). Estudio Complementario al Estudio de Impacto Ambiental ExAnte y Plan de Manejo Ambiental para la fase de exploración avanzada de minerales metálicos del Área Minera LLURIMAGUA. Recuperado de <http://www.enamiep.gob.ec/?p=2505.doi:403001>
- Empresa Nacional Minera del Ecuador. (2017). Proyecto Llorimagua. Recuperado de <http://media.rspp.ru/document/1/e/e/eeb76a77bfdb4690b52b645bffdce9d7.pdf>
- Escalante, T. (2003). ¿ Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos Ciencia y Cultura*, 10, 53-55.
- Faber-Langendoen, D. y Gentry, A. H. (1991). The structure and diversity of rain forests at Bajo Calima, Choco Region, Western Colombia. *Biotropica*, 2-11.
- Feldpausch, T. R., Banin, L., Phillips, O. L., Baker, T. R., Lewis, S. L., Quesada, C. A., Affum-Baffoe, K., Arets, E. J. M. M., Berry, N. J., Bird, M., Brondizio, E. S., de Camargo, P., Chave, J., Djangbletey, G., Domingues, T. F., Drescher, M., Fearnside, P. M., França, M. B., Fyllas, N. M., Lopez-Gonzalez, G., Hladik, A., Higuchi, N., Hunter, M. O., Iida, Y., Salim, K. A., Kassim, A. R., Keller, M., Kemp, J., King, D. A., Lovett, J. C., Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., Lenza, E., Marshall, A. R., Metcalfe, D. J., Mitchard, E. T. A., Moran, E. F., Nelson, B. W., Nilus, R., Nogueira, E. M., Palace, M., Patiño, S., Peh, K. S.-H., Raventos, M. T., Reitsma, J. M., Saiz, G., Schrod, F., Sonké, B., Taedoumg, H. E., Tan, S., White, L., Wöll, H. y Lloyd, J. (2011). Height-diameter allometry of tropical forest trees, *Biogeosciences*, 2011 (8), 1081-1106.
- Feldpausch, T. R., Lloyd, J., Lewis, S. L., Brienen, R. J. W., Gloor, M., Monteagudo Mendoza, A., Lopez-Gonzalez, G., Banin, L., Abu Salim, K., Affum-Baffoe, K., Alexiades, M., Almeida, S., Amaral, I., Andrade, A., Aragão, L. E. O. C., Araujo Murakami, A., Arets, E. J. M. M., Arroyo, L., Aymard C., G. A., Baker, T. R., Bánki, O. S., Berry, N. J., Cardozo, N., Chave, J., Comiskey, J. A., Alvarez, E., de Oliveira, A., Di Fiore, A., Djangbletey, G., Domingues, T. F., Erwin, T. L., Fearnside, P. M., França, M. B., Freitas, M. A., Higuchi, N., E. Honorio C., Iida, Y., Jiménez, E., Kassim, A. R., Killeen, T. J., Laurance, W. F., Lovett, J. C., Malhi, Y., Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., Lenza, E., Marshall, A. R., Mendoza, C., Metcalfe, D. J., Mitchard, E. T. A., Neill, D. A., Nelson, B. W., Nilus, R., Nogueira, E. M., Parada, A., Peh, K. S.-H., Pena Cruz, A., Peñuela, M. C., Pitman, N. C. A., Prieto, A., Quesada, C. A.,



- Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H., Reitsma, J. M., Rudas, A., Saiz, G., Salomão, R. P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J. E., Silveira, M., Sonké, B., Stropp, J., Taedoumg, H. E., Tan, S., ter Steege, H., Terborgh, J., Torello-Raventos, M., van der Heijden, G. M. F., Vásquez, R., Vilanova, E., Vos, V. A., White, L., Willcock, S., Woell, H. y Phillips, O. L. (2012). Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences*, (9), 3381-3403.
- Ferreira, L. V. y Prance, G. T. (1998). Species richness and floristic composition in four hectares in the Jaú National Park in upland forests in Central Amazonia. *Biodiversity y Conservation*, 7 (10), 1349-1364.
- García, F., Moreno, M., Robledo, D., Mosquera, L., y Palacios, L. (2004). Composición y diversidad florística de los bosques de la cuenca hidrográfica del río Cabí, Quibdó-Chocó. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 20, 13-23.
- Garzón, C., Aguirre, J., Chamorro, W. y Reyes, M. (2002). Diagnóstico preliminar biótico en Loma Redonda y La Primavera, Reserva Alto Choco, Fundación Zoobreviven, sector intag. Recuperado de <http://www.zoobreviven.org/DIAGNOSTICO%20PRELIMINAR%20.pdf>
- Gentry, A. H. (1982). Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69 (3), 557-593.
- Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O. y Foley, J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2 (4), 045023.
- Goetz, S. J., Hansen, M., Houghton, R. A., Walker, W., Laporte, N. y Busch, J. (2015). Measurement and monitoring needs, capabilities and potential for addressing reduced emissions from deforestation and forest degradation under REDD+. *Environmental Research Letters*, 10 (12), 123001.
- González-Jaramillo, V., Fries, A., Zeilinger, J., Homeier, J., Paladines-Benitez, J. y Bendix, J. (2018). Estimation of Above Ground Biomass in a Tropical Mountain Forest in Southern Ecuador Using Airborne LiDAR Data. *Remote Sensing*, 10 (5), 660.
- Gurdak, D. J., Aragão, L. E., Rozas-Dávila, A., Huasco, W. H., Cabrera, K. G., Doughty, C. E. y Malhi, Y. (2014). Assessing above-ground woody debris dynamics along a gradient of elevation in Amazonian cloud forests in Peru: balancing above-ground inputs and respiration outputs. *Plant Ecology & Diversity*, 7(1-2), 143-160.
- Hofstede, R. G. M., Lips, J. M. y Jongsma, W. (1998). Geografía, ecología y forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura. Recuperado de

[https://www.portalces.org/sites/default/files/references/036\\_Hofstede%20et%20al%201998.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/036_Hofstede%20et%20al%201998.pdf)

Homeier, J., Dalitz, H. y Breckle, S. W. (2005). Tree species composition and forest structure of the premontane rain forest in the Reserva Biológica Alberto Brenes, Costa Rica. *Ökologische Forschung im globalen Kontext*, 143-145.

Homeier, J., Breckle, S. W., Günter, S., Rollenbeck, R. T. y Leuschner, C. (2010). Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42 (2), 140-148.

Houghton, R. A., Byers, B. y Nassikas, A. A. (2015). A role for tropical forests in stabilizing atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature Climate Change*, 5 (12), 1022.

Jørgensen, P. M. y León-Yáñez, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador*. Missouri: Missouri Botanical Garden.

Kessler, M., Grytnes, J. A., Halloy, S. R., Kluge, J., Krömer, T., León, B., Macía, M. y Young, K. R. (2011). Gradients of plant diversity: local patterns and processes. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes*, 204-219.

Larrea, C. (2002). Análisis Multicriterial sobre las alternativas de desarrollo en Íntag: Escenarios prospectivos para las opciones de turismo-agricultura y minería. Recuperado de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3818/1/PI-2012-02-Larrea-Intag%20Multicriterial.pdf>

Latorre, S., Walter, M. y Larrea, C. (2015). *Íntag, un territorio en disputa: evaluación de escenarios territoriales extractivos y no extractivos*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.

Lavenu, A. (2006). Neotectónica de los Andes entre 1 N y 47 S (Ecuador, Bolivia y Chile): una revisión. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 61 (4), 504-524.

León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. 2ª edición. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Magurran, A. E. (1988). *Diversidad ecológica y su medición*. Barcelona, España: Vedral.

Malhi, Y., Girardin, C. A., Goldsmith, G. R., Doughty, C. E., Salinas, N., Metcalfe, D. B., Huaraca Huasco W., Silva-Espejo J., Aguilla-Pasquell J., Farfan Amézquita F., Aragão L., Guerrieri R., Yoko Ishida F., Bahar N., Farfan-Rios W., Phillips O., Meir P. y Silman M. (2017). The variation of productivity and its allocation along a tropical elevation gradient: a whole carbon budget perspective. *New Phytologist*, 214 (3), 1019-1032.

- Matthews, T. J., y Whittaker, R. J. (2015). On the species abundance distribution in applied ecology and biodiversity management. *Journal of Applied Ecology*, 52 (2), 443-454.
- Matthews, H. D., Zickfeld, K., Knutti, R. y Allen, M. R. (2018). Focus on cumulative emissions, global carbon budgets and the implications for climate mitigation targets. *Environmental Research Letters*, 13 (1), 010201.
- McGill, B. J., Etienne, R. S., Gray, J. S., Alonso, D., Anderson, M. J., Benecha, H. K., Dornelas, M., Enquist, B. J., Green, J.L., He, F., Hurlbert, A. H. Magurran, A. E., Marquet, P. A., Maurer, B. A., Ostling, A., Soykan, C.U., Ugland, K. I. y White, E. P. (2007). Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology letters*, 10 (10), 995-1015.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. Recuperado de [http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-COSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-COSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2016). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030*. Primera edición. Recuperado de [http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia a%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf](http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2018). *Estadísticas del Patrimonio Natural del Ecuador Continental*. Segunda edición. Recuperado de <http://sinias.ambiente.gob.ec:8099/proyecto-sinias-web/publicaciones.jsf>
- Monsalve, D. (2012). *Persea rigens* [fotografía]. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx>
- Myers, N. (1988). Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *Environmentalist*, 8 (3), 187-208.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853.
- Neill, D. A. y Ulloa, C. U. (2011). *Adiciones a la flora del Ecuador: segundo suplemento; 2005-2010*. Fundación Jatun Sacha.
- Nishida, S., y van der Werff, H. (2011). An evaluation of classification by cuticular characters of the Lauraceae: a comparison to molecular phylogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 348-357
- Olson, D. M. y Dinerstein, E. (2002). The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical garden*, 199-224.

- Paton, S. (2006). *Nectandra purpurea* [fotografía]. Recuperado de: <https://biogeodb.stri.si.edu>
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., y Wagner, F. (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Recuperado de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/GPG\\_LULUCF\\_FULL.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf)
- Pérez, A. (2017). *Persea pseudofasciculata* [fotografía].
- Perez, R. *Ocotea insularis* [fotografía]. Recuperado de: <https://stricollections.org/>
- Pitman, N. C., Terborgh, J., Silman, M. R. y Nuñez, P. (1999). Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *Ecology*, 80 (8), 2651-2661.
- Pitman, N. C., Terborgh, J. W., Silman, M. R., Núñez, P., Neill, D. A., Cerón, C. E., Palacios, W.A. y Aulestia, M. (2001). Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology*, 82 (8), 2101-2117.
- Poorter, L., Bongers, F., Aide, T. M., Zambrano, A. M. A., Balvanera, P., Becknell, J. M., y Craven, D. (2016). Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, 530 (7589), 211.
- Quinto Mosquera, H. y Moreno Hurtado, F. (2011). Dinámica de la biomasa aérea en un bosque pluvial tropical del Chocó Biogeográfico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 64(1).
- Ramos, L. J. M., Murillo, D. R., & Palacios, A. A. (2007). Diversidad florística de dos zonas de bosque tropical húmedo en el municipio de Alto Baudó, Chocó, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12, 75-90.
- Rejou-Mechain, M., Tanguy, A., Piponiot, C., Chave, J., y Herault, B. (2018). BIOMASS: Estimating Aboveground Biomass and Its Uncertainty in Tropical Forests. R Package Version, 1.2. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages/BIOMASS/BIOMASS.pdf>
- Restrepo-Moreno, S. A., Foster, D. A., Bernet, M., Min, K., y Noriega, S. (2019). Morphotectonic and Orogenic Development of the Northern Andes of Colombia: A Low-Temperature Thermochronology Perspective. *Geology and Tectonics of Northwestern South America*, 749-832.
- Rieger, I. M. C., y Fournier, L. (1987). Distribución del género *Nectandra* (Lauraceae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 35 (1), 155-157
- Roy, B. A., Zorrilla, M., Endara, L., Thomas, D. C., Vandegrift, R., Rubenstein, J. M., Policha, T., Ríos B y Read, M. (2018). New Mining Concessions Could Severely Decrease Biodiversity and Ecosystem Services in Ecuador. *Tropical Conservation Science*, 11.

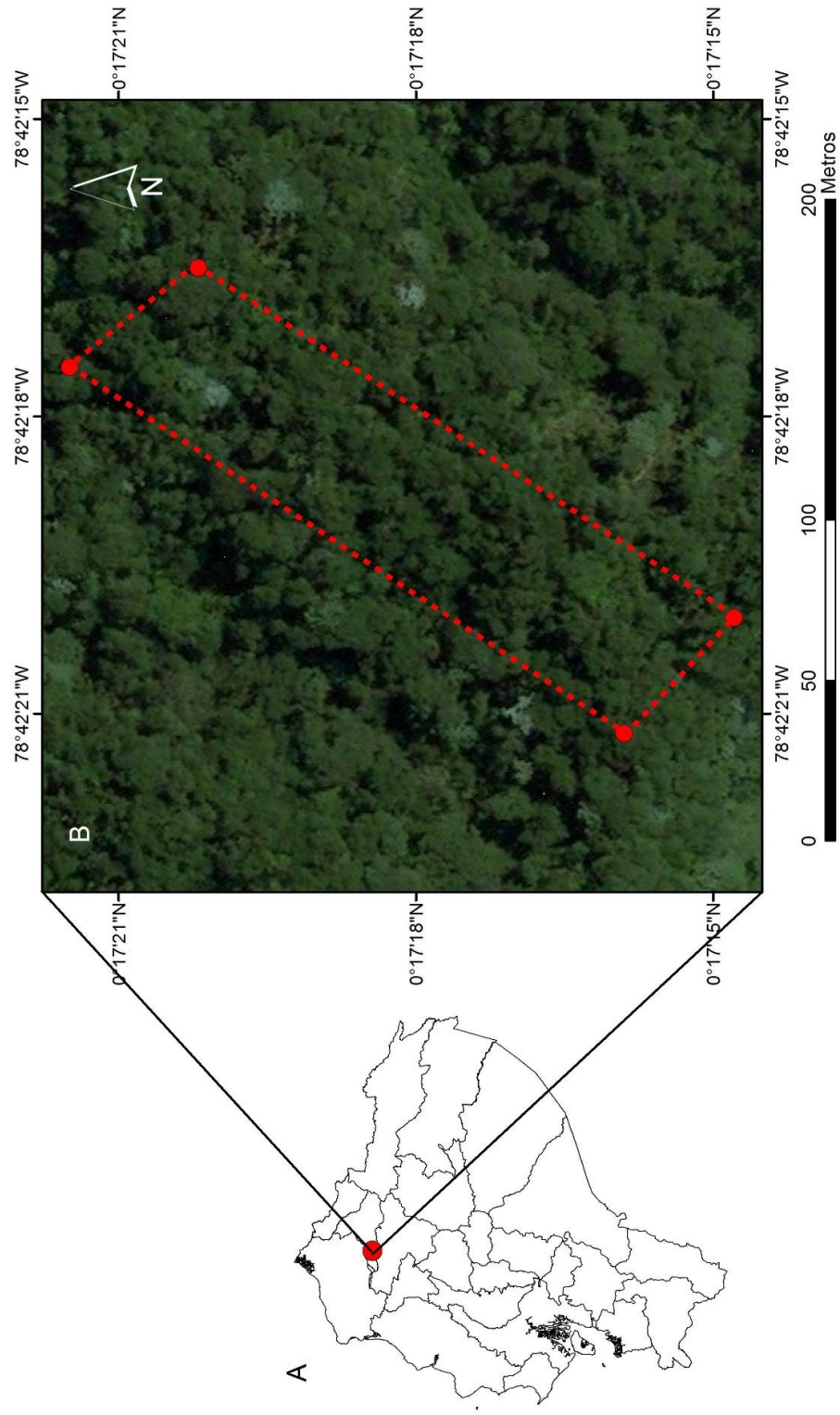
- Sacher, W., y Chopard, A. (2017). Megaminería y agua en Íntag: una evaluación independiente. Análisis preliminar de los potenciales impactos en el agua por la explotación de cobre a cielo abierto en Junín, zona de Intag, Ecuador”, Decoin. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/319234942\\_Megamineria\\_y\\_agua\\_en\\_Intag\\_una\\_evaluacion\\_independiente\\_Analisis\\_preliminar\\_de\\_los\\_potenciales\\_impactos\\_en\\_el\\_agua\\_por\\_la\\_explotacion\\_de\\_cobre\\_a\\_cielo\\_abierto\\_en\\_Junin\\_zona\\_de\\_Intag\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/319234942_Megamineria_y_agua_en_Intag_una_evaluacion_independiente_Analisis_preliminar_de_los_potenciales_impactos_en_el_agua_por_la_explotacion_de_cobre_a_cielo_abierto_en_Junin_zona_de_Intag_Ecuador)
- Santamaría-Aguilar, D., Neill, D. A. y Lagomarsino, L. P. (2016). A NEW SPECIES OF FREZIERA (PENTAPHYLACACEAE) FROM ECUADOR, WITH LARGE LEAVES AND FLOWERS. *Edinburgh Journal of Botany*, 73 (3), 291-296.
- Silveira, M. M., Moreano, M., Romero, N., Murillo, D., Ruales, G., y Torres, N. (2017). Geografías de sacrificio y geografías de esperanza: tensiones territoriales en el Ecuador plurinacional. *Journal of Latin American Geography*, 16 (1), 69-92.
- Steinmann, M. (1997). The Cuenca basin of southern Ecuador: tectono-sedimentary history and the Tertiary Andean evolution (Tesis Doctoral), ETH Zurich, Zurich, Suiza.
- Tanner, L. H., Wilckens, M. T., Nivison, M. A. y Johnson, K. M. (2016). Biomass and soil carbon stocks in wet montane forest, Monteverde region, Costa Rica: assessments and challenges for quantifying accumulation rates. *International Journal of Forestry Research*, 2016.
- Tejedor, N. T., Álvarez, E., Arango, S. A., Araujo, A. A., Blundo, C., Boza, T. B., La Torre Cuadros, M.A., Gaviria, J., Gutiérrez, N., Jørgensen, P.M., León, B., López, R., Malizia, L., Millán, B. B., Moraes, M., Pachecho, S., Rey, J. M., Reynel, C., Timaná, M., Ulloa, C., Vacas, O. y Newton, A.C. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21 (1-2).
- Torres-Torres, J. J., Mena-Mosquera, V. E., y Álvarez-Dávila, E. (2017). Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *Entramado*, 13 (1), 200-209.
- Trujillo, W. y Henao-Cárdenas, M. M. (2018). Riqueza florística y recambio de especies en la vertiente Orinoquense de los Andes, Colombia. *Colombia forestal*, 21 (1), 18-33.
- Ulloa, C. y Neill, D. A. (2005). Cinco años de adiciones a la flora del Ecuador: 1999–2004. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 75.
- Ulloa, X. A. y Endara, A. (2016). Diversidad de flora vascular del Chocó Andino en el área de Selva Virgen, Ecuador. *Enfoque UTE* (7), 82.

- Vásquez, A. y Arellano, H. (2012). Estructura, Biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del Sur y Noroccidente de Córdoba. Recuperado de: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1208/1208.0248.pdf>
- Valencia Reyes, R., Pitman, N., León-Yáñez, S. y Jørgensen, P. M. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Van der Hammen, T. (1989). History of the montane forests of the northern Andes. *Woody plants-evolution and distribution since the Tertiary*, 109-114. Springer, Vienna.
- van der Werff, H. (2002). A synopsis of *Ocotea* (Lauraceae) in Central America and southern Mexico. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 429-451.
- van der Werff, H. (2012). Studies in Andean *Ocotea* (Lauraceae). I. Species with Hermaphrodite Flowers and Fistulose Twigs Occurring Above 1000 m Altitude. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 22 (1), 96-108.
- van der Werff, H. (2013). Studies in Andean *Ocotea* (Lauraceae) II. Species with Hermaphrodite Flowers and Densely Pubescent Lower Leaf Surfaces, Occurring Above 1000 Meters in Altitude. *Novon*, 336-370.
- van der Werff, H. (2014). Studies in Andean *Ocotea* (Lauraceae) III. Species with hermaphroditic flowers and moderately pubescent or glabrous leaves occurring above 1000 m in altitude. *Novon*, 336-380.
- van der Werff, H. (2017). Studies in Andean *Ocotea* (Lauraceae) IV. Species with unisexual flowers and densely pubescent leaves, or with erect pubescence or domatia, occurring above 1000 m in altitude. *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 25 (3), 343-393.
- Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological conservation*, 139 (3-4), 235-246.
- Wilson, S. J., y Rhemtulla, J. M. (2016). Acceleration and novelty: community restoration speeds recovery and transforms species composition in Andean cloud forest. *Ecological applications*, 26 (1).
- Wilson, S. J., y Rhemtulla, J. M. (2018). Small montane cloud forest fragments are important for conserving tree diversity in the Ecuadorian Andes. *Biotropica*. 203-218.
- Zalamea, P. C., Heuret, P., Sarmiento, C., Rodríguez, M., Berthouly, A., Guitet, S. y Stevenson, P. R. (2012). The genus *Cecropia*: a biological clock to estimate the age of recently disturbed areas in the Neotropics. *PloS one*, 7 (8).
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J. L., Ángeles-Pérez, G., y Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del

Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 26 (1), 1-17.

## 10. FIGURAS





**Figura 1. Ubicación de la Reserva Ecológica Los Yaites.**

A) Localización del área de estudio en Ecuador, provincia de Imbabura, parroquia García Moreno. B) Ubicación de la parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaites, altitud 1450 m.s.n.m.

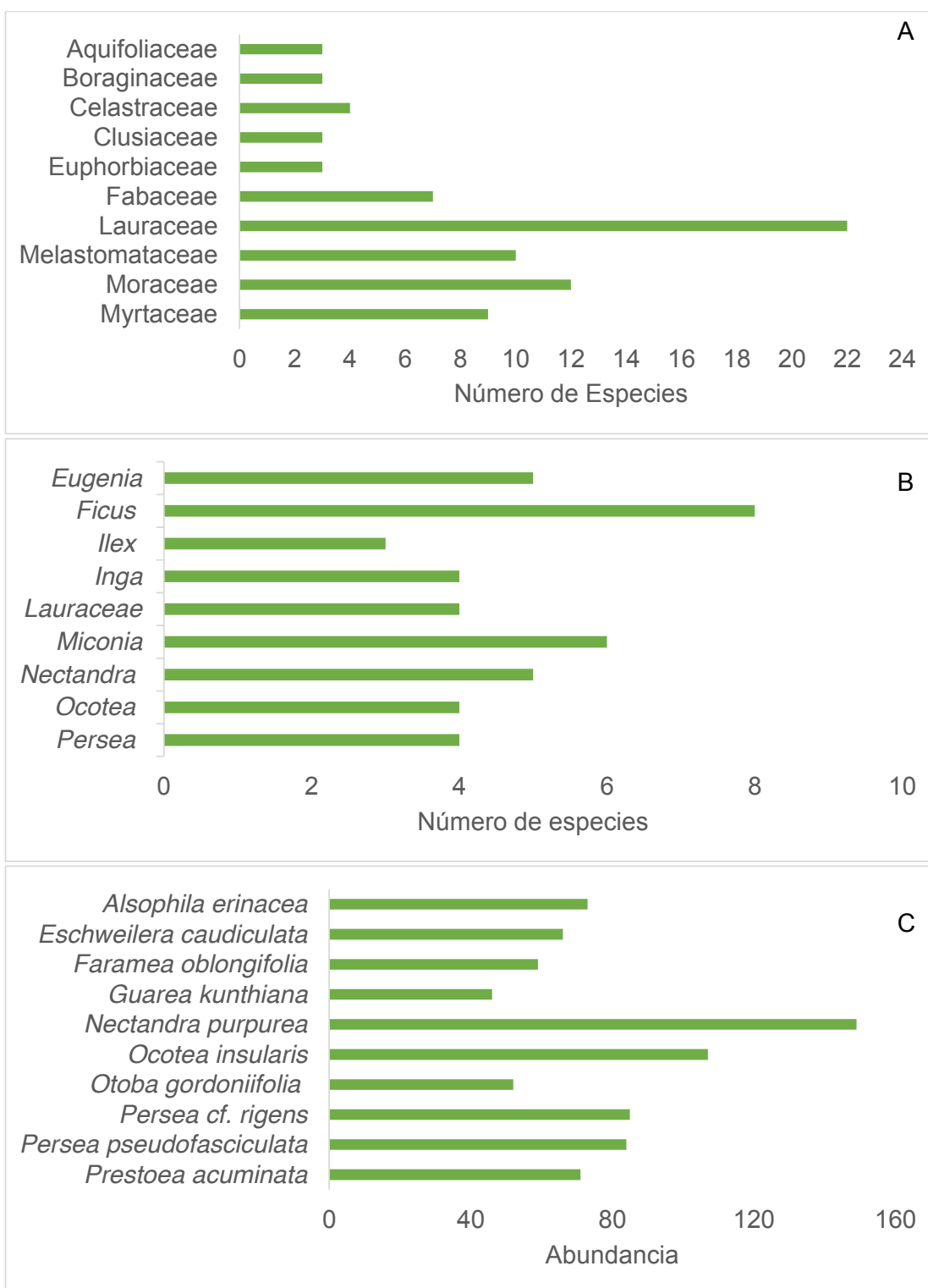


**Figura 2. Vista Panorámica de los remanentes boscosos de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**



**Figura 3. Establecimiento de la parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaites.**

A) El área de estudio se dividió en 100 cuadrantes, marcando cada esquina del cuadrante con un tubo de color naranja. B) Una vez realizada las mediciones del diámetro a la altura del pecho (DAP=1,30 m), se marcó las áreas de medición para futuros censos.



**Figura 4. Composición florística la parcela de una hectárea en la Reserva<sub>A</sub> Ecológica Los Yaltes.**

A) Diez familias con la mayor cantidad de especies. B) Diez géneros con la mayor cantidad de especies. C) Diez especies con la mayor cantidad de individuos.



A  
Paton, 2006



B  
Perez. R.



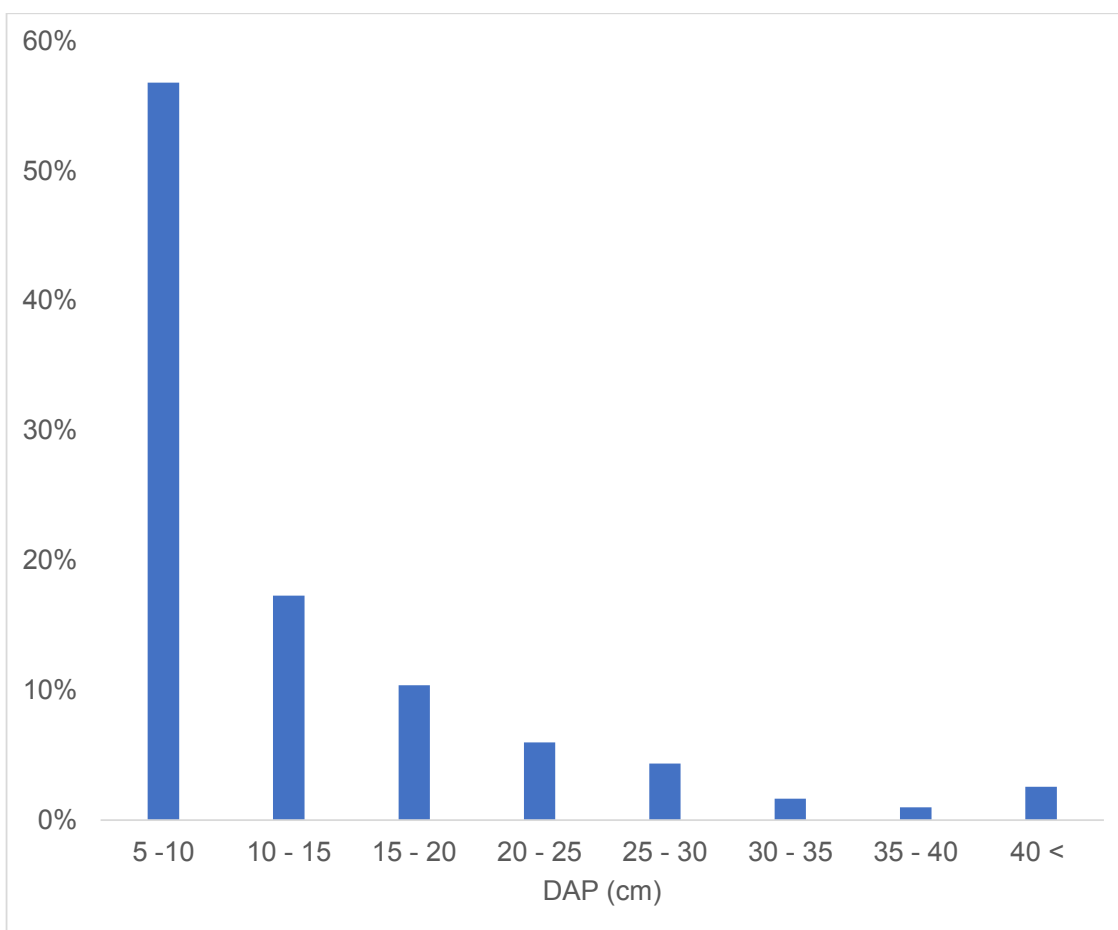
C  
Monsalve, 2012



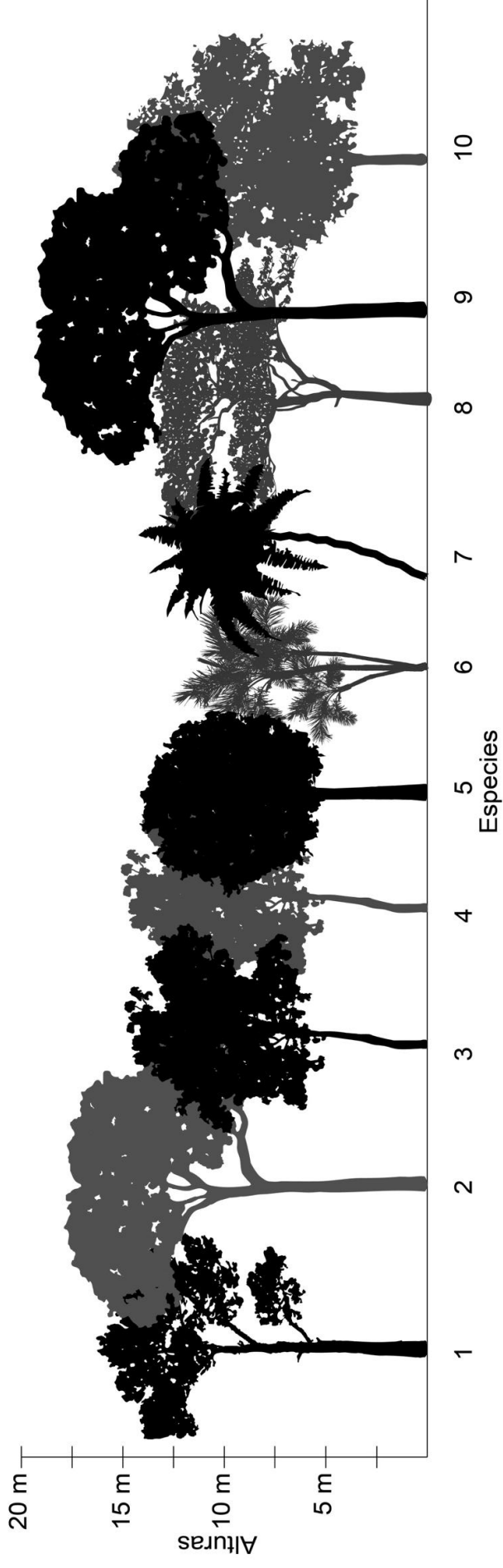
D  
Pérez, A., 2017

**Figura 5. Las cuatro especies con mayor valor de importancia IVI.**

A) *Nectandra purpurea* (11,57%) B) *Ocotea insularis* (8,93%) C) *Persea cf. rigens* (6,45%) D) *Persea pseudofasciculata* (5,93%).

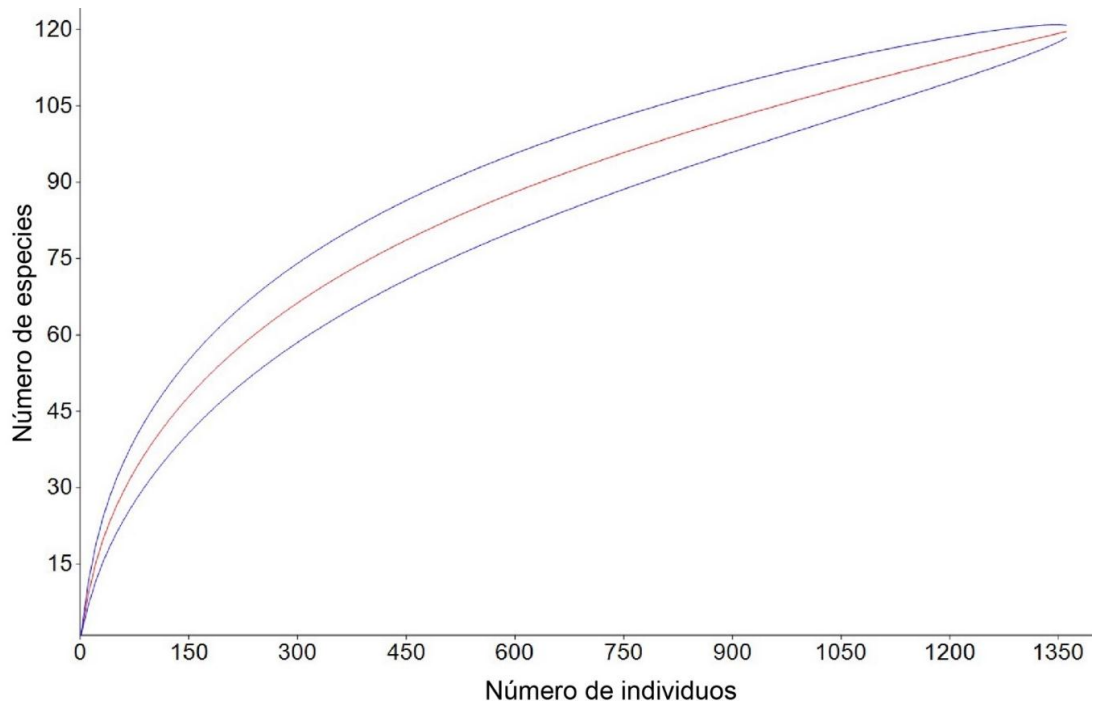


**Figura 6. Diagrama de diámetros a la altura del pecho de la parcela Los Yaltes.** El mayor porcentaje de individuos se encontraron entre los 5 a 10 cm de DAP (57%).



**Figura 7. Perfil de Vegetación a partir de las alturas observadas en la parcela de una hectárea en la Reserva Ecológica Los Yaites.**

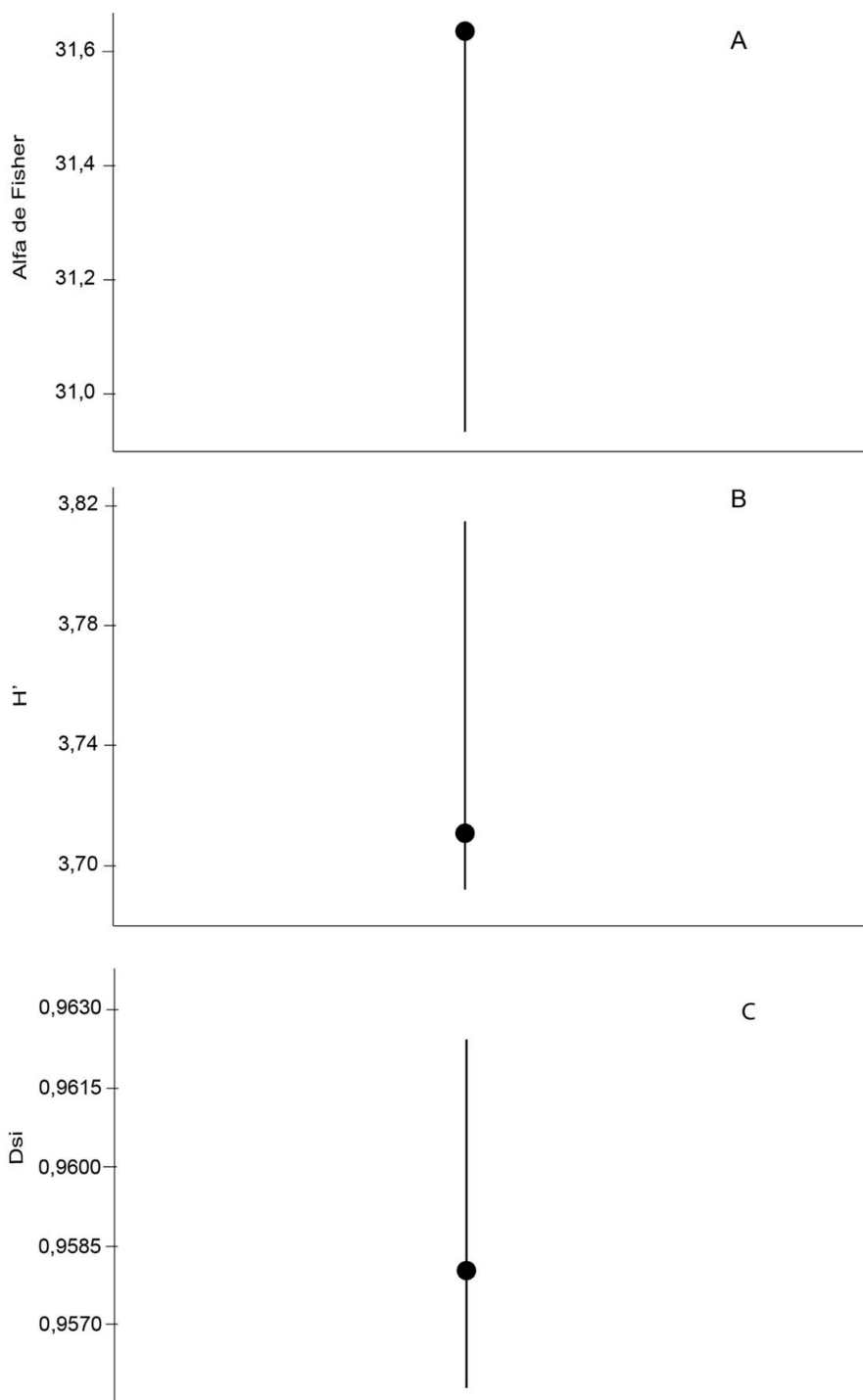
Especies con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)  $\geq$  5 cm. 1: *Nectandra purpurea*, 2: *Ocotea insularis*, 3: *Persea cf. rigens*, 4: *Persea pseudofasciculata*, 5: *Otoba gordoniiifolia*, 6: *Prestoea acuminata*, 7: *Alsophila erinacea*, 8: *Eschweilera caudiculata*, 9: *Ocotea longifolia*, 10: *Guarea kunthiana*



**Figura 8. Curva de acumulación de especies en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

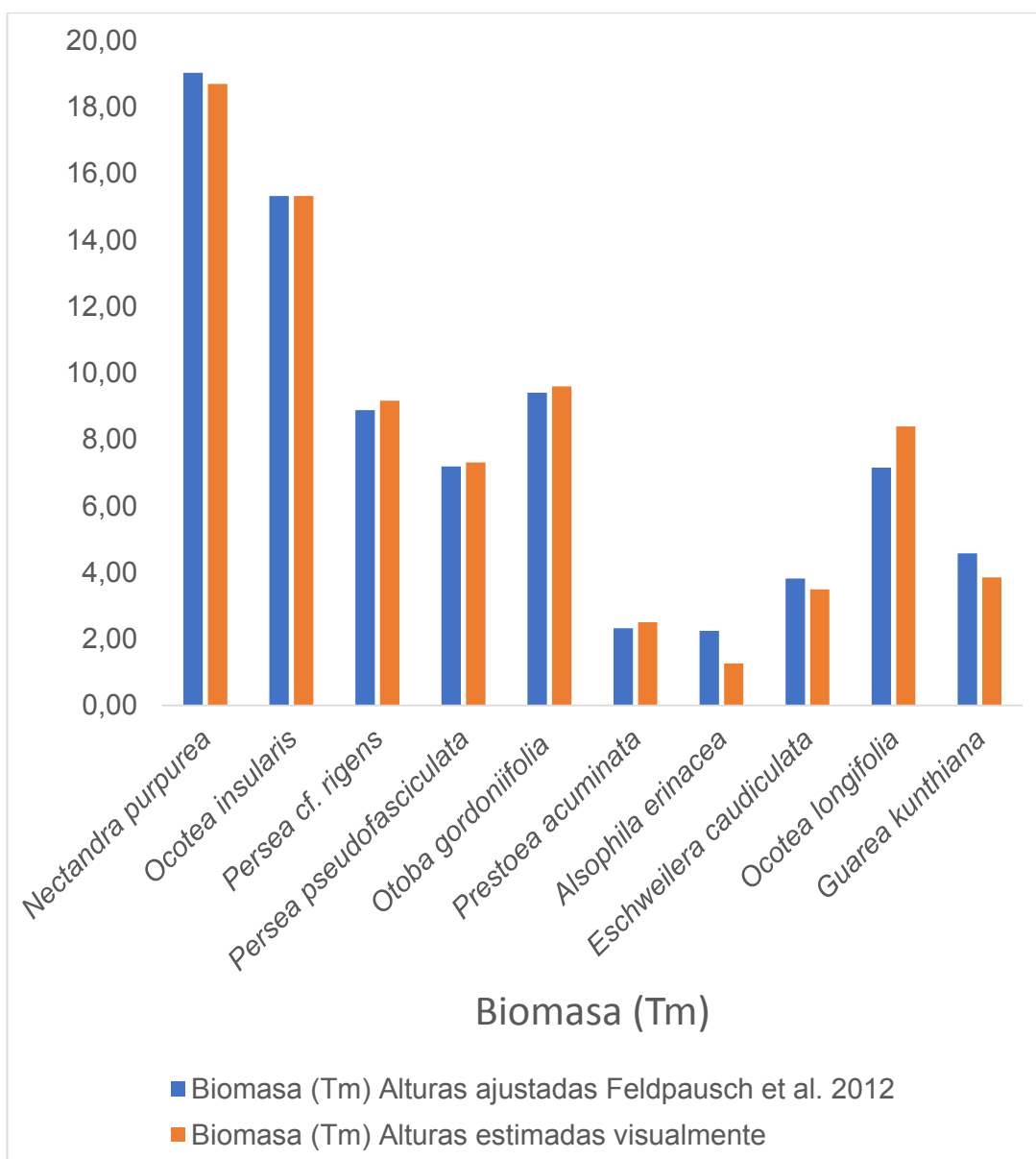
La línea de color azul muestra la asíntota producto de la relación entre el número de individuos con el número de especies. Las líneas de color rojo muestran los intervalos de confianza.





**Figura 9. Índices de diversidad en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes**

A) Alfa de Fisher con sus intervalos de confianza de 30,93 – 31,63. B) Índice de Shannon Wiener con sus intervalos de confianza de 3,69 – 3,81. C) Índice de Dominancia de Simpson con sus intervalos de confianza de 0,95 – 0,96.



**Figura 10. Resumen de las diez especies con mayor biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

Se analizó los arbustos, árboles, palmas y helechos arborescentes con un DAP  $\geq$  5 cm.

## 11. TABLAS

**Tabla 1. Diez especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) y biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

Especie	Individuos	AB (m <sup>2</sup> )	DR	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Nectandra purpurea</i>	149	3,68	10,85	12,29	11,57	19,04
<i>Ocotea insularis</i>	107	3,01	7,79	10,06	8,93	15,33
<i>Persea cf. rigens</i>	85	2,01	6,19	6,70	6,45	8,89
<i>Persea pseudofasciculata</i>	84	1,72	6,12	5,74	5,93	7,19
<i>Otoba gordoniiifolia</i>	52	2,13	3,79	7,12	5,45	9,41
<i>Prestoea acuminata</i>	71	0,88	5,17	2,94	4,06	2,32
<i>Alsophila erinacea</i>	73	0,62	5,32	2,06	3,69	2,24
<i>Eschweilera caudiculata</i>	66	0,61	4,81	2,02	3,42	3,81
<i>Ocotea longifolia</i>	27	1,32	1,97	4,39	3,18	7,15
<i>Guarea kunthiana</i>	46	0,83	3,35	2,78	3,06	4,57

**Tabla 2. Diez géneros con mayor índice de valor de importancia (IVI) y biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

Géneros	Individuos	AB (m <sup>2</sup> )	DR	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Ocotea</i>	169	5,47	12,31	18,26	15,28	28,60
<i>Nectandra</i>	167	4,06	12,16	13,54	12,85	20,79
<i>Persea</i>	172	3,77	12,53	12,59	12,56	16,24
<i>Otoba</i>	52	2,13	3,79	7,12	5,45	9,41
<i>Prestoea</i>	71	0,88	5,17	2,94	4,06	2,32
<i>Alsophila</i>	73	0,62	5,32	2,06	3,69	2,24
<i>Eschweilera</i>	66	0,61	4,81	2,02	3,42	3,81
<i>Guarea</i>	46	0,83	3,35	2,78	3,06	4,57
<i>Faramea</i>	69	0,24	5,03	0,81	2,92	0,86
<i>Cecropia</i>	34	0,91	2,48	3,03	2,76	2,87

**Tabla 3. Diez familias con mayor índice de valor de importancia (IVI) y biomasa en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

Familia	Individuos	AB (m <sup>2</sup> )	DR	D	IVI	Biomasa (T)
Lauraceae	573	14,62	41,73	46,75	44,21	71,91
Urticaceae	42	1,47	3,06	8,90	6,01	5,82
Myristicaceae	52	2,13	3,79	6,82	5,30	9,41
Cyatheaceae	82	0,74	5,97	2,37	4,17	2,78
Arecaceae	72	0,89	5,24	2,83	4,03	2,33
Rubiaceae	87	0,32	6,34	1,04	3,68	1,13
Lecythidaceae	66	0,61	4,81	1,94	3,37	3,81
Meliaceae	51	0,88	3,71	2,81	3,26	4,82
Clusiaceae	45	0,83	3,28	2,65	2,96	4,90
Moraceae	27	1,11	1,97	3,54	2,75	6,31

**Tabla 4. Índice de Chao 1 en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

Categorías de la muestra	Valor
Número de especies de la parcela	120
Número de especies representadas por un individuo en la muestra	46
Número de especies representadas por dos individuos en la muestra	10
Índice de Chao 1	214,02

Tabla 5. Lista de especies endémicas y su categoría de amenaza registradas en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaites (continuación...)

Categoría	Especie	No de individuos	Distribución	Elevación (metros)
Peligro crítico (CR)	<i>Ocotea pachypoda</i>	30	Carchi, Imbabura, Loja	2 600 – 3 000
	<i>Blakea cf. lanuginosa</i>	1	Pichincha	1 500 – 2 000
En peligro (EN)	<i>Daphnopsis grandis</i>	2	Pichincha, Los Ríos	500 – 1 700
	<i>Panopsis megistosperma</i>	20	Cañar, Esmeraldas, Pichincha, Los Ríos	400 – 1 400
	<i>Pleurothyrium giganthum</i>	18	Esmeraldas, Los Ríos, Pichincha	0 - 1 500
Amenazada	<i>Banara regia</i>	3	Bolivar, El Oro, Guayas, Los Ríos, Pichincha	500 – 2 000
	<i>Miconia dapsiliflora</i>	1	Carchi, Pichincha	1 000 – 2 500
	<i>Miconia explicita</i>	1	Esmeraldas, Pichincha, Napo	0 – 1 000

La distribución y elevación según Jørgensen et al. 1999 y León et al. 2011.



**Tabla 5. Lista de especies endémicas y su categoría de amenaza registradas en la parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes (continuación).**

Categoría	Especie	No de individuos	Distribución	Elevación (metros)
	<i>Alchornea leptogyna</i>	1	Carchi, Los Ríos, Manabí, Guayas, Napo, Pastaza, Tungurahua	500 – 2 500
Casi	<i>Erythrina megistophylla</i>	7	Azuay, Bolívar, Cotopaxi, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Pichincha	200 – 1 500
Bajo riesgo	<i>Eugenia cf. valvata</i>	1	Cañar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Loja, Pichincha, Bolívar	1 000 – 3 500
amenazada (NT)	<i>Geissanthus pichincha</i>	1	Cotopaxi, Napo, Pichincha, Imbabura	1 500 – 3 500
	<i>Oreopanax grandifolius</i>	5	Carchi, Chimborazo, Pichincha	1 000 – 2 500

La distribución y elevación según Jørgensen et al. 1999 y León et al. 2011.

## **12. ANEXOS**

Familia	Individuos	AB (m <sup>2</sup> )	DR	D	IVI	Biomasa (T)
Actinidiaceae	1	0,02	0,07	0,07	0,07	0,09
Annonaceae	7	0,41	0,51	1,36	0,94	2,51
Aquifoliaceae	17	0,85	1,24	2,82	2,03	4,77
Araliaceae	5	0,05	0,36	0,17	0,27	0,18
Arecaceae	72	0,89	5,24	2,95	4,10	2,33
Boraginaceae	4	0,02	0,29	0,06	0,18	0,05
Brunelliaceae	2	0,01	0,15	0,03	0,09	0,03
Burseraceae	11	0,15	0,80	0,49	0,64	0,73
Celastraceae	24	0,43	1,75	1,43	1,59	2,18
Chloranthaceae	14	0,23	1,02	0,76	0,89	0,90
Clethraceae	1	0,02	0,07	0,07	0,07	0,09
Clusiaceae	45	0,83	3,28	2,77	3,02	4,90
Cunoniaceae	3	0,04	0,22	0,14	0,18	0,18
Cyatheaceae	82	0,74	5,97	2,48	4,23	2,78
Dicksoniaceae	3	0,06	0,22	0,19	0,20	0,24
Dipentodontaceae	2	0,04	0,15	0,14	0,14	0,20
Euphorbiaceae	5	0,02	0,36	0,08	0,22	0,07
Fabaceae	17	0,24	1,24	0,78	1,01	1,23
Gesneriaceae	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
Lauraceae	573	14,62	41,73	48,80	45,27	71,91
Lecythidaceae	66	0,61	4,81	2,02	3,42	3,81
Malvaceae	5	0,11	0,36	0,36	0,36	0,49
Melastomataceae	22	0,16	1,60	0,54	1,07	0,71
Meliaceae	51	0,88	3,71	2,94	3,33	4,82
Metteniusaceae	2	0,18	0,15	0,59	0,37	1,24
Moraceae	27	1,11	1,97	3,70	2,83	6,31
Myristicaceae	52	2,13	3,79	7,12	5,45	9,41
Myrtaceae	44	0,71	3,20	2,38	2,79	4,94
Pentaphragmaceae	10	1,33	0,73	4,43	2,58	8,81
Primulaceae	5	0,04	0,36	0,14	0,25	0,19
Proteaceae	21	0,74	1,53	2,48	2,00	4,37
Rubiaceae	87	0,32	6,34	1,08	3,71	1,13
Sabiaceae	10	0,06	0,73	0,21	0,47	0,18
Salicaceae	7	0,09	0,51	0,31	0,41	0,48
Sapindaceae	19	0,20	1,38	0,68	1,03	0,97
Sapotaceae	1	0,06	0,07	0,20	0,14	0,48
Solanaceae	3	0,01	0,22	0,04	0,13	0,02
Staphyleaceae	4	0,04	0,29	0,13	0,21	0,10
Tapisciaceae	5	0,04	0,36	0,12	0,24	0,11
Thymelaeaceae	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02
Urticaceae	43	2,78	3,13	9,29	6,21	5,82

**ANEXO 1. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de las familias de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes.**

Género	Individuos	AB (m2)	DR	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Alchornea</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Allophylus</i>	5	0,10	0,36	0,31	0,34	0,36
<i>Alsophila</i>	73	0,62	5,32	1,97	3,64	2,24
<i>Banara</i>	3	0,01	0,22	0,03	0,12	0,03
<i>Beilschmiedia</i>	4	0,12	0,29	0,38	0,34	0,66
<i>Besleria</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Blakea</i>	2	0,01	0,15	0,04	0,09	0,05
<i>Brunellia</i>	2	0,01	0,15	0,03	0,09	0,03
<i>Caliptranthes</i>	11	0,06	0,80	0,20	0,50	0,36
<i>Casearia</i>	4	0,08	0,29	0,26	0,28	0,45
<i>Cecropia</i>	34	0,91	2,48	2,91	2,69	2,87
<i>Cestrum</i>	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,01
<i>Cinnamomum</i>	3	0,01	0,22	0,04	0,13	0,03
<i>Clavija</i>	4	0,04	0,29	0,13	0,21	0,18
<i>Clethra</i>	1	0,02	0,07	0,07	0,07	0,09
<i>Clusia</i>	4	0,04	0,29	0,14	0,22	0,20
<i>Cojoba</i>	1	0,07	0,07	0,21	0,14	0,48
<i>Cordia</i>	4	0,02	0,29	0,06	0,18	0,05
<i>Coussapoa</i>	7	0,56	0,51	5,99	3,25	2,95
<i>Cyathea</i>	9	0,13	0,66	0,41	0,53	0,54
<i>Daphnopsis</i>	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02
<i>Dendrobangia</i>	2	0,18	0,15	0,57	0,36	1,24
<i>Dicksonia</i>	3	0,06	0,22	0,18	0,20	0,24
<i>Dussia</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,02
<i>Endlicheria</i>	27	0,35	1,97	1,11	1,54	1,43
<i>Erythrina</i>	7	0,03	0,51	0,09	0,30	0,04
<i>Eschweilera</i>	66	0,61	4,81	1,94	3,37	3,81
<i>Eugenia</i>	8	0,06	0,58	0,19	0,39	0,31
<i>Faramea</i>	69	0,24	5,03	0,77	2,90	0,86
<i>Ficus</i>	13	0,36	0,95	1,17	1,06	1,40
<i>Freziera</i>	10	1,33	0,73	4,25	2,49	8,81
<i>Garcinia</i>	9	0,22	0,66	0,71	0,68	1,34
<i>Geissanthus</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Geonoma</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Guarea</i>	46	0,83	3,35	2,66	3,01	4,57
<i>Guatteria</i>	7	0,41	0,51	1,31	0,91	2,51
<i>Haydenoxylon</i>	11	0,30	0,80	0,95	0,87	1,46
<i>Hedyosmum</i>	14	0,23	1,02	0,73	0,87	0,90
<i>Huerteia</i>	5	0,04	0,36	0,11	0,24	0,11
<i>Hyeronima</i>	1	0,01	0,07	0,03	0,05	0,03
<i>Ilex</i>	17	0,85	1,24	2,71	1,97	4,77
<i>Inga</i>	8	0,14	0,58	0,43	0,51	0,69
Lauraceae	13	0,43	0,95	1,37	1,16	2,21

**ANEXO 2. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de los géneros de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes (continuación...)**

Género	Individuos	AB (m2)	DR	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Matisia</i>	1	0,02	0,07	0,05	0,06	0,07
<i>Maytenus</i>	6	0,03	0,44	0,09	0,26	0,13
<i>Meliosma</i>	10	0,06	0,73	0,20	0,46	0,18
<i>Meriania</i>	4	0,09	0,29	0,28	0,29	0,42
<i>Miconia</i>	16	0,06	1,17	0,20	0,68	0,24
<i>Morus</i>	1	0,12	0,07	0,38	0,22	0,67
<i>Myrcianthes</i>	1	0,08	0,07	0,26	0,17	0,60
<i>Naucleopsis</i>	5	0,32	0,36	1,03	0,70	2,22
<i>Nectandra</i>	167	4,06	12,16	12,97	12,57	20,79
<i>Ocotea</i>	169	5,47	12,31	17,49	14,90	28,60
<i>Oreopanax</i>	5	0,05	0,36	0,16	0,26	0,18
<i>Otoba</i>	52	2,13	3,79	6,82	5,31	9,41
<i>Pachira</i>	4	0,09	0,29	0,30	0,29	0,42
<i>Palicourea</i>	18	0,08	1,31	0,26	0,79	0,27
<i>Panopsis</i>	20	0,62	1,46	1,98	1,72	3,26
<i>Perrottetia</i>	2	0,04	0,15	0,13	0,14	0,20
<i>Persea</i>	172	3,77	12,53	12,06	12,30	16,24
<i>Pleurothyrium</i>	18	0,41	1,31	1,32	1,32	1,95
<i>Poulsenia</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Pouteria</i>	1	0,06	0,07	0,19	0,13	0,48
<i>Prestoea</i>	71	0,88	5,17	2,82	3,99	2,32
<i>Protium</i>	10	0,14	0,73	0,47	0,60	0,73
<i>Pseudolmedia</i>	7	0,30	0,51	0,96	0,73	2,01
<i>Psidium</i>	24	0,51	1,75	1,64	1,69	3,66
<i>Roupala</i>	1	0,12	0,07	0,40	0,23	1,12
<i>Salacia</i>	7	0,10	0,51	0,33	0,42	0,58
<i>Saurauia</i>	1	0,02	0,07	0,06	0,07	0,09
<i>Solanum</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,01
<i>Talisia</i>	14	0,11	1,02	0,34	0,68	0,61
<i>Tetrorchidium</i>	3	0,01	0,22	0,03	0,13	0,03
<i>Tovomita</i>	32	0,56	2,33	1,80	2,07	3,37
<i>Trichilia</i>	5	0,05	0,36	0,15	0,26	0,24
<i>Turpinia</i>	4	0,04	0,29	0,13	0,21	0,10
<i>Urera</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,00
<i>Weinmannia</i>	3	0,04	0,22	0,14	0,18	0,18

**ANEXO 2. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de los géneros de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes (continuación).**

Especie	Individuos	AB (m2)	DR	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Alchornea leptogyna</i>	1	0,003	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Allophylus floribundus</i>	5	0,10	0,36	0,32	0,34	0,36
<i>Alsophila erinacea</i>	73	0,62	5,32	2,06	3,69	2,24
<i>Banara regia</i>	3	0,01	0,22	0,03	0,12	0,03
<i>Beilschmiedia</i> sp. 1	4	0,12	0,29	0,40	0,35	0,66
<i>Besleria angustiflora</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Blakea</i> cf. <i>lanuginosa</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Blakea henripittieri</i>	1	0,01	0,07	0,03	0,05	0,05
<i>Brunellia acostae</i>	2	0,01	0,15	0,03	0,09	0,03
<i>Caliptranthes</i> cf. <i>websteri</i>	11	0,06	0,80	0,21	0,50	0,36
<i>Casearia arborea</i>	4	0,08	0,29	0,28	0,28	0,45
<i>Cecropia gabrielis</i>	34	0,91	2,48	3,03	2,76	2,87
<i>Cestrum megalophyllum</i>	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,01
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	3	0,01	0,22	0,04	0,13	0,03
<i>Clavija laplanadae</i>	4	0,04	0,29	0,13	0,21	0,18
<i>Clethra fagifolia</i>	1	0,02	0,07	0,07	0,07	0,09
<i>Clusia alata</i>	4	0,04	0,29	0,15	0,22	0,20
<i>Cojoba arborea</i>	1	0,07	0,07	0,22	0,15	0,48
<i>Cordia colombiana</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,02
<i>Cordia hebeclada</i>	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,01
<i>Cordia sericicalyx</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,02
<i>Coussapoa contorta</i>	7	0,56	0,51	1,88	1,19	2,95
<i>Cyathea brachypoda</i>	9	0,13	0,66	0,42	0,54	0,54
<i>Daphnopsis grandis</i>	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02
<i>Dendrobangia boliviana</i>	2	0,18	0,15	0,59	0,37	1,24
<i>Dicksonia sellowiana</i>	3	0,06	0,22	0,19	0,20	0,24
<i>Dussia lehmannii</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,02
<i>Endlicheria</i> cf. <i>sericea</i>	9	0,18	0,66	0,61	0,63	0,75
<i>Endlicheria</i> sp. 1	18	0,17	1,31	0,55	0,93	0,68
<i>Erythrina megistophylla</i>	7	0,03	0,51	0,09	0,30	0,04
<i>Eschweilera caudiculata</i>	66	0,61	4,81	2,02	3,42	3,81
<i>Eugenia</i> cf. <i>valvata</i>	1	0,02	0,07	0,07	0,07	0,13
<i>Eugenia crassimarginata</i>	4	0,02	0,29	0,06	0,18	0,08
<i>Eugenia prolongada</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,02
<i>Eugenia</i> sp. 1	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Eugenia</i> sp. 2	1	0,01	0,07	0,05	0,06	0,08
<i>Faramea langlassei</i>	10	0,04	0,73	0,13	0,43	0,14
<i>Faramea oblongifolia</i>	59	0,20	4,30	0,68	2,49	0,72
<i>Ficus</i> cf. <i>nymphaeifolia</i>	1	0,06	0,07	0,21	0,14	0,26

**ANEXO 3. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de las especies de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes (continuación...)**

Especie	Individuos	AB (m2)	DR	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Ficus cuatrecasasiana</i>	1	0,01	0,07	0,03	0,05	0,03
<i>Ficus dulciaria</i>	1	0,01	0,07	0,04	0,06	0,03
<i>Ficus macbridei</i>	1	0,002	0,07	0,01	0,04	0,005
<i>Ficus mutisii</i>	3	0,09	0,22	0,30	0,26	0,34
<i>Ficus romeroi</i>	4	0,09	0,29	0,29	0,29	0,33
<i>Ficus sp.</i>	1	0,04	0,07	0,13	0,10	0,15
<i>Ficus velutina</i>	1	0,06	0,07	0,20	0,14	0,25
<i>Freziera grandiflora</i>	10	1,33	0,73	4,43	2,58	8,81
<i>Garcinia madruno</i>	9	0,22	0,66	0,74	0,70	1,34
<i>Geissanthus pichincha</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Geonoma undata</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Guarea kunthiana</i>	46	0,83	3,35	2,78	3,06	4,57
<i>Guatteria crassipes</i>	7	0,41	0,51	1,36	0,94	2,51
<i>Haydenoxylon gentryi</i>	11	0,30	0,80	0,99	0,90	1,46
<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i>	14	0,23	1,02	0,76	0,89	0,90
<i>Huerteia glandulosa</i>	5	0,04	0,36	0,12	0,24	0,11
<i>Hyeronima macrocarpa</i>	1	0,01	0,07	0,03	0,05	0,03
<i>Ilex maxima</i>	12	0,66	0,87	2,21	1,54	3,79
<i>Ilex pernervata</i>	4	0,14	0,29	0,48	0,38	0,78
<i>Ilex sp.</i>	1	0,04	0,07	0,13	0,10	0,21
<i>Inga cf. sapindoides</i>	1	0,03	0,07	0,12	0,09	0,19
<i>Inga glomeriflora</i>	2	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02
<i>Inga sp. 1</i>	4	0,06	0,29	0,19	0,24	0,27
<i>Inga sp.2</i>	1	0,04	0,07	0,13	0,10	0,22
Lauraceae sp. 1	4	0,08	0,29	0,26	0,27	0,34
Lauraceae sp. 2	6	0,18	0,44	0,60	0,52	0,92
Lauraceae sp. 3	1	0,10	0,07	0,32	0,20	0,56
Lauraceae sp. 4	2	0,08	0,15	0,26	0,20	0,39
<i>Matisia castano</i>	1	0,02	0,07	0,06	0,06	0,07
<i>Maytenus ebenifolia</i>	6	0,03	0,44	0,10	0,27	0,13
<i>Meliosma cf. occidentalis</i>	10	0,06	0,73	0,21	0,47	0,18
<i>Meriania maxima</i>	1	0,01	0,07	0,03	0,05	0,03
<i>Meriania peltata</i>	3	0,08	0,22	0,26	0,24	0,39
<i>Miconia brachycalyx</i>	2	0,02	0,15	0,08	0,11	0,11
<i>Miconia crocea</i>	1	0,003	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Miconia dapsiliflora</i>	1	0,004	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Miconia explicita</i>	1	0,002	0,07	0,01	0,04	0,01
<i>Miconia loreyoides</i>	10	0,02	0,73	0,08	0,40	0,07
<i>Miconia peltata</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,03
<i>Morus insignis</i>	1	0,12	0,07	0,39	0,23	0,67

**ANEXO 3. Calculo del índice de valor de importancia y biomasa de las especies de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes (continuación...)**

Especie	Individuos	AB	DR	F	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Myrcianthes cf. orthostema</i>	1	0,08	0,07	0,27	0,17	0,60	0,60
<i>Naucleopsis naga</i>	5	0,32	0,36	1,07	0,72	2,22	2,22
<i>Nectandra cf. subbullata</i>	1	0,07	0,07	0,24	0,16	0,41	0,41
<i>Nectandra membranacea</i>	15	0,16	1,09	0,52	0,81	0,64	0,64
<i>Nectandra purpurea</i>	149	3,68	10,85	12,29	11,57	19,04	19,04
<i>Nectandra sp. 1</i>	1	0,10	0,07	0,32	0,20	0,49	0,49
<i>Nectandra sp. 2</i>	1	0,05	0,07	0,16	0,12	0,21	0,21
<i>Ocotea insularis</i>	107	3,01	7,79	10,06	8,93	15,33	15,33
<i>Ocotea longifolia</i>	27	1,32	1,97	4,39	3,18	7,15	7,15
<i>Ocotea pachypoda</i>	30	0,80	2,18	2,66	2,42	4,10	4,10
<i>Ocotea tonduzii</i>	5	0,34	0,36	1,14	0,75	2,02	2,02
<i>Oreopanax grandifolius</i>	5	0,05	0,36	0,17	0,27	0,18	0,18
<i>Otoba gordoniiifolia</i>	52	2,13	3,79	7,12	5,45	9,41	9,41
<i>Pachira patinoi</i>	4	0,09	0,29	0,31	0,30	0,42	0,42
<i>Palicourea andrei</i>	18	0,08	1,31	0,28	0,79	0,27	0,27
<i>Panopsis megistosperma</i>	20	0,62	1,46	2,07	1,76	3,26	3,26
<i>Perrottetia sessiliflora</i>	2	0,04	0,15	0,14	0,14	0,20	0,20
<i>Persea cf. rigens</i>	85	2,01	6,19	6,70	6,45	8,89	8,89
<i>Persea mutisii</i>	2	0,04	0,15	0,13	0,14	0,15	0,15
<i>Persea pseudofasciculata</i>	84	1,72	6,12	5,74	5,93	7,19	7,19
<i>Persea sp. 1</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,04	0,01	0,01
<i>Pleurothyrium giganthum</i>	18	0,41	1,31	1,38	1,35	1,95	1,95
<i>Poulsenia armata</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01	0,01
<i>Pouteria torta</i>	1	0,06	0,07	0,20	0,14	0,48	0,48
<i>Prestoea acuminata</i>	71	0,88	5,17	2,94	4,06	2,32	2,32
<i>Protium ecuadoreense</i>	10	0,14	0,73	0,48	0,60	0,73	0,73
<i>Pseudolmedia laevigata</i>	7	0,30	0,51	1,00	0,75	2,01	2,01
<i>Psidium occidentale</i>	23	0,51	1,68	1,70	1,69	3,64	3,64
<i>Psidium sp.</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,01	0,01
<i>Roupala monosperma</i>	1	0,12	0,07	0,41	0,24	1,12	1,12
<i>Salacia cf. cordata</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,03	0,03
<i>Salacia spectabilis</i>	6	0,10	0,44	0,33	0,38	0,56	0,56
<i>Saurauia brachybotrys</i>	1	0,02	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09
<i>Solanum lepidotum</i>	1	0,01	0,07	0,02	0,05	0,01	0,01
<i>Talisia cf. equatoriensis</i>	14	0,11	1,02	0,35	0,69	0,61	0,61
<i>Tetrorchidium euryphyllum</i>	3	0,01	0,22	0,04	0,13	0,03	0,03
<i>Tovomita croatii</i>	32	0,56	2,33	1,88	2,10	3,37	3,37
<i>Trichilia septentrionalis</i>	5	0,05	0,36	0,16	0,26	0,24	0,24

**ANEXO 3. Calculo del índice de valor de importancia y biomasa de las especies de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes(continuación...)**



Especie	Individuos	AB	DR	F	D	IVI	Biomasa (T)
<i>Turpinia occidentalis</i>	4	0,04	0,29	0,13	0,21	0,10	0,10
<i>Urera baccifera</i>	1	0,00	0,07	0,01	0,04	0,00	0,00
<i>Weinmannia cf. balbisiana</i>	3	0,04	0,22	0,14	0,18	0,18	0,18

**ANEXO 3. Cálculo del índice de valor de importancia y biomasa de las especies de una parcela de una hectárea de la Reserva Ecológica Los Yaltes(continuación).**