**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA FORESTAL**

**TEMA**

# ESTRUCTURA, DIVERSIDAD Y BIOMASA AÉREA DE LAS FAMILIAS FABACEAE, MYRISTICACEAE Y URTICACEAE EN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO, PROVINCIA NAPO.


**AUTORA**

ASHQUI GREFA NATALY ESTHEFANIA

**DIRECTOR DE PROYECTO**

DR. SEGUNDO BOLIER TORRES NAVARRETE PhD.

**CODIRECTORA DE PROYECTO**

M.SC. IVONNE ROCÍO JALCA ZAMBRANO



**PUYO – ECUADOR**

**JULIO 2021**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe, Nataly Esthefania Ashqui Grefa con C.I. 150104794-6, hace constar que es autora del Trabajo de Integración Curricular titulado: **ESTRUCTURA, DIVERSIDAD Y BIOMASA AÉREA DE LAS FAMILIAS FABACEAE, MYRISTICACEAE Y URTICACEAE EN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO, PROVINCIA NAPO,** el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, PhD. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 30 días del mes de julio del 2021.



**Nataly Esthefania Ashqui Grefa**
**CI: 150104794-6**

# CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **"Estructura, diversidad y biomasa aérea de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en bosque siempreverde piemontano, provincia Napo".**




**Dr. Yudel García Quintana, PhD.**
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**




**Dr. Carlos Alfredo Bravo Medina, PhD**
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**




**Dr. Yasiel Arteaga Crespo, PhD**
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA DE ANTIPLAGIO**

# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

**SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND**

Certificado No. 211-SAU-UEA-2021

Puyo, 27 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la estudiante: Ashqui Grefa Nataly Esthefania, con C.I. 1501047946, con el Tema: **"ESTRUCTURA, DIVERSIDAD Y BIOMASA AÉREA DE LAS FAMILIAS FABACEAE, MYRISTICACEAE Y URTICACEAE EN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO, PROVINCIA NAPO.",** de la carrera, Ingeniaría Forestal. Director de la investigación, Dr. Segundo Bolier Torres Navarrete, Ph. D., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 27 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,




Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.

**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

Campus UEA, Paso Lateral Km. 2 ½ Vía Napo

Puyo, Pastaza – Ecuador

# DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Nataly Esthefania Ashqui Grefa, que el presente Proyecto de Investigación, es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo las responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



**Nataly Esthefania Ashqui Grefa**

**CI: 150104794-6**

# DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios quien ha sido mi guía y quien con su amor me ha brindado la fuerza y la inspiración para llegar a obtener uno de los anhelos más deseados y continuar con mis metas trazadas sin desfallecer

A mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado desde el inicio mi formación académica, a mi madre Lucila Grefa por nunca dejarme sola en todo este tiempo siendo un pilar fundamental en mi vida, siempre apoyándome para que no me rinda y siga adelante cumpliendo mis objetivos, a mi padre Luis Ashqui por siempre brindarme su apoyo en todos los momentos difíciles que he tenido, por siempre aconsejarme que luche por cumplir mis metas y salir adelante siendo día a día mejor persona. Gracias a los dos por ser mi ejemplo.

A mis hermanos que me han brindado palabras de aliento superación y perseverancia, y en especial a mi hermana Nely que me ha acompañado en todo el proceso de vida universitaria.

# AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado en estos 5 años de mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por darme una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

Mi eterno agradamiento a la Universidad Estatal Amazónica a través de la facultad de Ciencia de la Tierra, Escuela de Ingeniería Forestal, y a todos los docentes por impartir sus conocimientos a lo largo de mi formación académica.

A mi Director de proyecto, Dr. Bolier Torres Navarrete, PhD por haberme permitido realizar el presente trabajo de investigación, por todos sus aportes y por el tiempo invertido en el mismo. Y en especial a la M.Sc. Ivonne Jalca Zambrano por impartir sus conocimientos, experiencia, apoyo incondicional y paciencia en el desarrollo y elaboración de este proyecto.

A los miembros del tribunal Dr. Yudel Garcia Quintana PhD, Dr. Carlos Alfredo Bravo Medina PhD y Dr. Yasiel Arteaga Crespo PhD por tomarse el tiempo para revisar, corregir y brindar el mejor de los aportes para enriquecer el trabajo de investigación para culminar con éxito mi carrera.

A mis amados padres y hermanos por ser mi inspiración, mi fortaleza, y por darme su confianza y apoyo a lo largo de mi preparación universitaria.

A mis compañeros por brindarme su amistad y por permitirme compartir junto a ellos gratos momentos y experiencias, dentro y fuera de las aulas a lo largo de nuestra formación universitaria.

# RESUMEN EJECUTIVO

La conservación y el manejo de los bosques húmedos tropicales es una prioridad mundial, puesto que presentan la mayor cantidad de especies de flora y fauna a escala mundial, y los estudios realizados en este ecosistema permiten tener herramientas como, alternativas de mitigación a la deforestación que atenta su permanencia. En la presente investigación se estudió la estructura, diversidad y biomasa aérea de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de gradiente altitudinal en bosque siempreverde piemontano en la amazonía ecuatoriana. Se establecieron parcelas permanentes de 0.1 ha (10 m x 100 m) y se inventarió todos los árboles ≥ 10 cm DAP. La estructura horizontal y vertical se caracterizó mediante; IVI, cociente de mezcla, clases diamétricas, estratificación de altura y posición sociológica. La diversidad alfa se analizó mediante índices de; Riqueza de especies, Margalet, Chao 2, Jaccknife de 1er orden, equidad de Shannon-Wiener y dominancia de Simpson y la diversidad beta mediante índice de similitud de Sorensen y Jaccard. Se estimó BSS mediante ecuaciones alométrica, además, se estimó el carbono almacenado e IVB. Se registraron 290 individuos, 35 especies, las especies con mayores IVI fueron *Inga* sp. con 42.35% y *C. sciadiphylla* con 61.19, *O. parvifolia* con 68.90%. La distribución de individuos por clases diamétricas reflejó mayor concentración en las clases inferiores, indicador de un bosque natural heterogéneo. La posición sociológica indicó el predominio de un patrón de distribución vertical no continúo. La diversidad H´ mostro una diversidad media (66, 66%) y baja (33, 33%), y 1 – D mostró diversidad media (66, 66%) y alta (33, 33%). El valor máximo de BSS fue 56.58 Mg $ha^{-1}$ y mínimos 8.23 Mg $ha^{-1}$. Las especies con mayores IVB fueron; *Inga* sp. (42.87%), *O. glycycarpa* (73.95%) y *Cecropia sciadophylla* (60.12%).

**Palabras clave:** Bosque siempreverde piemontano, composición florística, estructura, microcuenca, índice de riqueza. Biomasa sobre el suelo.

# ABSTRACT

The conservation and management of tropical humid forests is a global priority, since they present the largest number of species of flora and fauna on a global scale, and the studies carried out in this ecosystem allow us to have tools such as mitigation alternatives to deforestation that attentive to their permanence. In the present investigation, the structure, diversity and above-ground biomass of the Fabaceae, Myristicaceae and Urticaceae families were studied as a function of the altitude gradient in the evergreen piemontane forest in the Ecuadorian Amazon. Permanent plots of 0.1 ha (10 m x 100 m) were established and all trees ≥ 10 cm DBH were inventoried. The horizontal and vertical structure was characterized by; IVI, mixing ratio, diameter classes, height stratification and sociological position. Alpha diversity was analyzed by indices of; Species richness, Margalet, Chao 2, 1st order Jaccknife, Shannon-Wiener fairness and Simpson dominance and beta diversity by Sorensen and Jaccard similarity index. AGB was estimated using allometric equations, in addition, stored carbon and IVB were estimated. 290 individuals were recorded, 35 species, the species with the highest IVI were Inga sp. with 42.35% and C. sciadiphylla with 61.19, O. parvifolia with 68.90%. The distribution of individuals by diameter classes reflected a higher concentration in the lower classes, an indicator of a heterogeneous natural forest. The sociological position indicated the predominance of a non-continuous vertical distribution pattern. The H 'diversity showed medium (66, 66%) and low (33, 33%) diversity, and 1 - D showed medium (66, 66%) and high (33, 33%) diversity. The maximum value AGB was 56.58 Mg ha-1 and minimum 8.23 Mg ha-1. The species with the highest IVB were; Inga sp. (42.87%), O. glycycarpa (73.95%) and Cecropia sciadophylla (60.12%).

**Keywords**: Evergreen foot-montane forest, floristic composition, structure, micro-basin, richness index. Biomass above the ground.

# TABLA DE CONTENIDO

PORTADA……..i
DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ..... i
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ..... ii
CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA DE ANTIPLAGIO ..... iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD ..... iv
DEDICATORIA ..... v
AGRADECIMIENTO ..... vi
RESUMEN EJECUTIVO ..... vii
ABSTRACT ..... viii
TABLA DE CONTENIDO ..... ix
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN ..... 15
1. 1 Planteamiento del problema ..... 16
1. 2 Formulación del problema ..... 17
1. 3 Objetivos ..... 18
*1.3. 1 General* ..... 18
*1.3. 2 Específicos* ..... 18
1. 4 Justificación ..... 18
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA ..... 21
2. 1 Bosques tropicales de la región amazónica ..... 21
2. 2 Bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes ..... 22
2. 3 Diversidad, composición y estructura en bosques tropical amazónicos ..... 24
2. 4 Causas de la degradación de los bosques tropicales amazónicos ..... 26
2. 5 Familia Fabaceae ..... 28
*2.5. 1 Distribución y taxonomía de la familia Fabaceae* ..... 28
*2.5. 2 Descripción botánica de la familia Fabaceae* ..... 29

*2.5. 3 Géneros y especies arbóreas más utilizados en Ecuador de la familia Fabaceae* 29

*2.5. 4 Usos y estado de conservación de la familia Fabaceae* ..... 31

2. 6 Familia Myristicaceae ..... 33

*2.6. 1 Distribución y taxonomía de la familia Myristicaceae* ..... 33

*2.6. 2 Descripción botánica de la familia Myristicaceae* ..... 34

*2.6. 3 Géneros y especies arbóreas más utilizados en Ecuador de la familia Myristicaceae* 35

*2.6. 4 Usos y estado de conservación de la familia Myristicaceae.* ..... 37

2. 7 Familia Urticaceae ..... 37

**2.7. 1 Distribución y taxonomía de la familia Urticaceae** ..... 37

**2.7. 2 Descripción botánica de la familia Urticaceae** ..... 38

**2.7. 3 Géneros y especies arbóreas más utilizados en Ecuador de la familia Urticaceae** ..... 39

**2.7. 4 Usos y estado de conservación de la familia Urticaceae** ..... 40

2. 8 Biomasa aérea ..... 41

2. 9 Estimación de carbono aéreo mediante ecuaciones alométricas ..... 42

2. 10 Carbono aéreo en bosques tropicales ..... 43

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 45

**3. 1 Localización** ..... 45

**3. 2 Tipo de Investigación** ..... 47

**3. 3 Métodos de investigación** ..... 47

**3. 4 Metodología para la caracterización de la composición y estructura de las familias botánicas en estudio.** ..... 48

**3. 5 Metodología para el análisis de la diversidad alfa y beta de las familias botánicas en estudio.** ..... 52

**3. 6 Metodología para determinar la biomasa sobre el suelo de las familias botánicas en estudio.** ..... 55

**3. 7 Análisis estadísticos** ..... 56

CAPÍTULO 4. RESULTADOS ..... 57

4. 1 Composición de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal. ..... 57

4. 2 Estructura de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal. ..... 62

4. 3 Diversidad alfa y beta de las especies en las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal. ..... 71

4. 4 Biomasa sobre el suelo de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae mediante la aplicación de la ecuación alométrica. ..... 76

4. 5 Conclusiones ..... 83

4. 6 Recomendaciones ..... 85

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA ..... 86

ANEXOS ..... 92

# ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Clasificación y factores del Bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes. ..... 23
**Tabla 2.** Tasas de deforestación por tipos de bosques y por país. Número de casos de estudio donde se reportan impulsores de cambio asociados a la deforestación. ..... 27
**Tabla 3.** Géneros de la familia Fabaceae que presentan especies arbóreas para el Ecuador ..... 30
**Tabla 4.** Especies arbóreas de la familia Fabaceae más utilizadas en Ecuador ..... 30
**Tabla 5.** Usos de la familia Fabaceae en Ecuador ..... 32
**Tabla 6.** Especies arbóreas de la familia Myristicaceae más utilizadas en Ecuador ..... 36
Tabla 7. Géneros de la familia Urticaceae que presentan especies arbóreas para el Ecuador ..... 40
**Tabla 8.** Especies arbóreas de la familia Urticaceae más utilizadas en Ecuador ..... 40
**Tabla 9.** Coordenadas geográficas de los transectos en diferentes gradientes altitudinales. ..... 46
**Tabla 10.** Composición florística de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en parcelas permanentes de Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes. ..... 57
**Tabla 11.** Composición florística de las familias Fabaceae, Myristicacea y Urticaceae en parcelas permanentes de Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes. ..... 66
**Tabla 12.** Índice de riqueza y diversidad de especies. R = Riqueza de especies; H`= índice de Shanno - Winnen; 1 - D= índice de Dominancia de Simpson, Dmg= Índice de Margalet. ..... 71
**Tabla 13.** Resumen del contraste de hipótesis para los índices de diversidad de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 73
**Tabla 14.** Índice de similitud de Sorensen de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae. ..... 74
**Tabla 15.** Índice de similitud de Jaccard de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae. ..... 75
**Tabla 16.** Índice de Importancia de Biomasa de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae. ..... 82

# INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Ubicación (A) y Diagrama de temperatura (B) del del Bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes. Fuente: MAE, 2013. ..... 23
**Figura 2.** Distribución de la familia Fabaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019. ..... 28
**Figura 3.** Taxonomía y cladograma de la familia Fabaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019. ..... 29
**Figura 4.** Categoría de lista roja de la familia Fabaceae. Fuente: UINC, 2020. ..... 33
**Figura 5.** Taxonomía y cladograma de la familia Myristicaceae. Fuente: Doyle, 2008..... 33
**Figura 6.** Distribución de la familia Myristicaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019. ... 34
**Figura 7.** Categoría de lista roja de la familia Myristicaceae. Fuente: UINC, 2020. ..... 37
**Figura 8.** Taxonomía y cladograma de la familia Urticaceae. Fuente; Sytsma et.al., 2002 38
**Figura 9.** Distribución de la familia Urticaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019..... 38
**Figura 10.** Categoría de lista roja de la familia Urticaceae. Fuente: UINC, 2020..... 41
Figura 11. Ubicación geográfica de las parcelas permanente - CIPCA. Fuente: Coronado, 2019 ..... 45
**Figura 12**. Conglomerados jerárquicos de similitud Fuente: Gallegos, 2009. ..... 49
**Figura 13**. Estructura diamétrica de un bosque nativo. Fuente: Aguirre, 2013. ..... 50
**Figura 14**. Número de individuos de las familias Fabaceae (Fab), Myristicaceae (Myr) y Urticaceae (Urt) en función de la gradiente altitudinal. ..... 58
**Figura 15**. Número de individuos, abundancia y dominancia de las especies de las familias Fabaceae (A,) Myristicaceae (B) y Urticaceae (C) en función de la gradiente altitudinal.. 60
**Figura 16**. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies y gradientes altitudinales de la familia Fabaceae ..... 61
**Figura 17**. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies y gradientes altitudinales de la familia Myristicaceae..... 61
**Figura 18**. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies y gradientes altitudinales de la familia Urticaceae ..... 62
**Figura 19**. Índice de valor de importancia ecológica de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 63

**Figura 20**. Índice de valor de importancia ecológica de la familia Urticaceae en función de la gradiente altitudinal ..... 63
**Figura 21**. Índice de valor de importancia ecológica de la familia Fabaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 64
**Figura 22**. Número de individuos por clases diamétrica de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae. ..... 65
**Figura 23**. Distribución diamétrica de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae. ..... 65
**Figura 24**. Porcentaje de especies presentes en los estratos inferior, intermedio y superior de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 68
**Figura 25**. Número de individuos por estratos inferior (≤10 m), intermedio (≥ 10.1 – 20 m) y superior (≥ 20.1 m) de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae. ..... 69
**Figura 26**. Número de individuos por clases de altura de las Fabaceae (A), Myristicaceae (B) y Urticaceae.(C). ..... 70
**Figura 28**. Medias de la densidad de árboles (A) y biomasa sobre el suelo (B) de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 77
**Figura 29**. Medias de la densidad de árboles y biomasa sobre el suelo de las familias; Fabaceae (A, B), Myristicaceae (C, D) y Urticaceae (E, F) en función de la gradiente altitudinal. ..... 79
**Figura 30**. Biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Fabaceae en función de la gradiente altitudinal ..... 80
**Figura 31**. Biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 80
**Figura 32**. Biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Urticaceae en función de la gradiente altitudinal. ..... 81

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado con mayor biodiversidad a nivel mundial. Esta biodiversidad no se limita al número de especies por unidad de áreas, incluye los tipos de ambientes naturales o ecosistemas presentes en el país. Los altos índices de diversidad que se reportan en la mayoría de los ecosistemas naturales, responden a varios factores edafoclimáticos principalmente; ubicación geográfica de Ecuador en la zona neotropical, la presencia de la cordillera de los Andes y las corrientes marinas; cálida del "Niño" y fría de "Humboldt" (Bravo, 2014). Con endemismo y estado de conservación de aprox. 17058 especies de plantas vasculares, donde la amazonia ecuatoriana representa el 47,8% de las zonas continentales del Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010).

La conservación y el manejo de los bosques naturales es una prioridad mundial, en especial de los Bosque Húmedos Tropicales (BHT), estos presentan la mayor cantidad de especies de flora y fauna a escala mundial, por tal razón existe la preocupación de como conservar la enorme riqueza florística de los BHT y como tener varias alternativas de mitigación a la deforestación que atenta su permanencia (Palacios y Jaramillo, 2001). La importancia de estos bosques radica en que son reservorios de biodiversidad capturan y almacenan carbono, protegen las cuencas hidrográficas y regulan los climas regionales. Sin embargo, son catalogados como ecosistemas frágiles y estratégicos por estar situados en zonas de recarga de cuencas hidrográficas que proveen agua que benefician a más de 40 millones de personas en Bolivia, Ecuador y Perú (Rasal et al., 2012). Para el Ecuador, los BHT son de gran importancia por la extensión que ocupan, los valores ecológicos que encierran y los beneficios y bienes que producen (Palacios y Jaramillo, 2001).

Los estudios de flora en bosque tropicales siguen siendo de gran importancia ya que permiten conocer la diversidad, estructura, composición, perturbación, dinámica de crecimiento, almacenamiento de carbono de los diversos ecosistemas boscosos y nichos ecológicos amazónico, por estas u otras razones en la última década los estudios de estimación de biomasa han incrementado e intentado medir todas las reservas de C y los flujos de C relevantes en los bosques tropicales de forma completa o casi completa, con la finalidad entender los ciclos de energía, de nutrientes, así como observar el efecto de la vegetación en el ciclo global del $CO_2$, convirtiéndose de suma importancia para predecir cambios en el

clima de la tierra y adoptar estrategias de mitigación adecuadas para reducir el calentamiento global (Ordóñez, 1999).

## 1. 1 Planteamiento del problema

Ecuador es uno de los 17 países megadiversos del mundo, dada la alta biodiversidad y gran variedad de ecosistemas en un país relativamente pequeño de 257.148 $km^2$ de superficie (SENPLADES, 2015). Esta alta diversidad representa el 7.68% de la biodiversidad de las plantas vasculares registradas en el planeta, por lo que surge la necesidad de generar información que permita el conocimiento de los recursos naturales para lograr su protección, conservación y adecuado manejo (Bisby et al., 2011; Neill & Ulloa, 2011). Sin embargo, la biodiversidad está disminuyendo rápidamente en los ecosistemas tropicales, y esta disminución tiene importantes implicaciones para el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios que brindan (Balvanera et al., 2006; Isbell et al., 2011; Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

La Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura con sus siglas en inglés FAO indicó que durante el período 2000-2010, se registró una pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales en los países tropicales y un aumento neto de los terrenos agrícolas de 6 millones de hectáreas al año. Durante los últimos 25 años la mayor parte de la pérdida de superficie forestal se ha producido en la región de clima tropical, donde la población sigue creciendo, sobre todo en las zonas rurales (FAO, 2016). En el Ecuador durante el periodo 2014-2016 se perdieron 188.706 hectáreas de bosque nativo, y las provincias con mayor deforestación fueron; Esmeraldas, Manabí, Morona Santiago, Sucumbíos y Zamora Chinchipe (MAE, 2017). Los patrones de deforestación en el Ecuador no se comportan de forma homogénea, estos procesos dependen de patrones distintos en cada zona en función de diversas variables, en especial la intensificación del uso del suelo y de la reestructuración del empleo rural (Sierra, 2013). Sin embargo, el 96,2% de la deforestación se debió a cambios de bosque a tierra agropecuaria durante el período 2014 – 2016 (MAE, 2017).

La flora del Ecuador ha sido estudiada de manera sistemática desde el año de 1972 y desde entonces se han publicado 80 volúmenes de la colección Flora Ecuador (Universidad de Gotemburgo, s/f recuperado por Bravo, 2011). En esas colecciones se encontraron entre 10

– 15% nuevas especies para la ciencia botánica. Además de los estudios de diversidad, estructura, composición, perturbación, dinámica de crecimiento entre otros, en la última década los estudios de estimación de biomasa han incrementado e intentado medir todas las reservas de C y los flujos de C relevantes en los bosques tropicales de forma completa o casi completa, con la finalidad entender los ciclos de energía y de nutrientes, así como observar el efecto de la vegetación en el ciclo global del $CO_2$, convirtiéndose de suma importancia para predecir cambios en el clima de la tierra y adoptar estrategias de mitigación adecuadas para reducir el calentamiento global (Ordóñez, 1999).

Con estos antecedentes, se plantea la presente investigación que servirá para generar conocimientos sobre estructura, diversidad y biomasa de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae, debido a que son familias con mayores índice de valor de importancia (IVI) en bosques siempreverde de la amazonía ecuatoriana, según los estudios realizados por varios autores (Patiño et al., 2015; Torres et al., 2020; Chimbo, 2019; Granizo, 2018), lo que concuerda con Faber-Langendoen y Gentry (1991) quienes manifestaron que estas familias vegetales corresponden a las de mayores IVI de las tierras bajas de la Amazonía < 1000 msnm. Estos estudios no solo buscan caracterizar, analizar la estructura, composición y diversidad, estimar la cantidad de carbono almacenado, también se fundamentan en la necesidad de calcular, definir y validar modelos locales y regionales para cuantificar el sesgo y mejorar la estimación de la densidad de carbono forestal en diferentes tipos de bosques (Dauber et al., 2006), así como comprender la distribución de las especies considerando gradientes altitudinales, los que constituyen una solución esencial a problemas ligados a la conservación, cambio climático y mitigación de sus efectos. De tal manera que los bosques gestionados de forma sostenible incrementan la resiliencia de los ecosistemas y de las sociedades, lo que permiten aprovechar de manera óptima la función de los bosques como sumideros y almacenamiento de carbono al mismo tiempo que proporcionan otros servicios ambientales.

## 1. 2 Formulación del problema

¿Cómo la composición, estructura y biomasa de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae puede variar en función de una gradiente altitudinal en un Bosque siempreverde pie montano de la Amazonía Ecuatoriana?

## 1. 3 Objetivos

### *1.3. 1 General*

Caracterizar la estructura, diversidad y biomasa sobre el suelo de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de una gradiente altitudinal en un Bosque siempreverde pie montano en la microcuenca alta del río Piatúa, provincia de Napo, Ecuador.

### *1.3. 2 Específicos*

- Caracterizar la composición y estructura de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal.

- Analizar la diversidad alfa y beta de las especies en las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal.

- Determinar la biomasa sobre el suelo de la familia Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae mediante la aplicación de la ecuación alométrica.

## 1. 4 Justificación

Los bosques tropicales son depósitos de recursos genéticos y proporcionan una amplia gama de bienes y servicios que regulan muchos procesos naturales, tales como; regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire y agua, ciclo de nutrientes, formación del suelo, secuestro y almacenamiento de carbono. Estos servicios ecosistémicos no están relacionados con una sola especie de planta, sino con el ecosistema en su conjunto (Lyons et al., 2005; Douglas, 2017). La investigación científica juega un papel fundamental en la conservación de los bosques tropicales, considerados entre los ecosistemas más biodiversos del planeta y que están presentes en Ecuador, entre ellos el Bosque siempreverde piemontano del Norte de la cordillera Oriental de los Andes donde se realizará este estudio y que requiere de acciones de manejo y conservación debido a que es un ecosistema altamente vulnerable y altamente amenazado (MAE, 2015), donde las familias dominantes de árboles son: Myristicaceae, Fabaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Moraceae, Vochysiaceae y Melastomataceae (MAE, 2013).

Los resultados de las investigaciones de alto nivel científico pueden generar herramientas para mejorar las condiciones de vida de la gente y a la vez asegurar la conservación de los ecosistemas naturales. También pueden brindar insumos para influir en las decisiones políticas, que tienen impactos sobre la conservación de los hábitats naturales y su sostenibilidad (NCI, 2020). Por ello la presente investigación se la realizará con los últimos datos levantados en el 2018 en las parcelas permanentes del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica, considerando que las parcelas permanentes de muestreo (PPM), es una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales (en su estado natural y bajo intervención) y los datos obtenidos de crecimiento y producción, han demostrado tener implicaciones directas para el manejo forestal que permite tomar decisiones en corto, mediano y largo plazo (Gómez & Salazar, 2010).

La información obtenida en las 20 parcelas permanentes establecidas en el CIPCA ha sido utilizada para construir, mejorar o actualizar los cálculos en los análisis de dinámica de bosque, estimaciones de biomasa aérea del bosque siempreverde y biomasa aérea para las familias de mayor importancia ecológica en relación a gradiente altitudinal (desde los 600 hasta 1000msnm) del Bosque siempreverde piemontano de la cordillera Norte de los Andes, fundamentado en que los patrones de vegetación que se observan a lo largo de las gradientes altitudinales, son el resultado de complejas interacciones entre factores como; la elevación, el grado de exposición a la radiación solar y la posición en el relieve, entre otros (Whittaker et al., 1968;McAuliffe, 1994; Funes & Cabido, 1995).

Aunque los bosques tropicales cubren solo alrededor del 12% de la superficie terrestre de la tierra, se estima que representan alrededor del 25% del carbono de la biomasa del mundo y contribuyen con el 40% de la producción primaria neta terrestre (Cleveland et al., 2011), por lo que el almacenamiento y secuestro de carbono se consideran uno de los servicios ecosistémicos más importantes que brindan los bosques tropicales, de tal manera que juegan un papel destacado en el ciclo del C y una sólida comprensión de los depósitos y flujos de C, la producción primaria neta y la descomposición en bioma, por lo que es de suma importancia realizar investigaciones de almacenamiento y secuestro de C para predecir cambios en el clima de la tierra y adoptar estrategias de mitigación adecuadas para reducir calentamiento (Meir & Grace, 2005), de aquí que surge la necesidad de orientar estudios que

permitan conocer y estimar la biomasa aérea de la familias vegetales de mayor importancia ecológica referente a gradientes altitudinales y por ende la composición, estructura y diversidad de los ecosistemas boscosos del Ecuador, de manera que lo resultados obtenidos aporten conocimientos y sean herramientas para la toma decisiones sobre la conservación y restauración de los bosques ecuatorianos.

# CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## 2. 1 Bosques tropicales de la región amazónica

Los bosques tropicales inciden en los ciclos biogeoquímicos, por su eficiencia en la transformación de la energía solar en biomasa y presentan una alta complejidad en cuanto a formas de vida vegetal por tanto influyen en los patrones globales de la biodiversidad y ecología de los ecosistemas (Malhi et al, 2010; Maldonado & Maldonado, 2010). Estos bosques considerados lluviosos por las grandes cantidades de precipitaciones que oscilan entre 3.000 y 5.000 milímetros de lluvia al año, con suelos aluviales de origen volcánico que albergan cientos de animales y microorganismos sobre sus llanuras que corren caudalosos ríos (Bravo, 2011).

Los bosques tropicales amazónicos a nivel mundial son ecosistemas que se encuentra en la cuenca amazónica, constituida por todos los ríos que drenan al río Amazonas, cubierta principalmente de bosque tropical húmedo denso, con porciones pequeñas de tipos distintos de vegetación como sabanas, bosques de llanura inundable, praderas, pantanos, bambúes y bosques de palmeras y se encuentran en ocho países; Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela y un territorio de ultramar: la Guayana Francesa, con un área de 6.7 millones de $km^2$ conviniéndose en el biomas más grandes del mundo (conforma el 10% de los hábitat de la biodiversidad conocida). Considerados de vital importancia para la conservación de los recursos forestales, regulación del clima, y a la generación del sustento de las familias que viven en estos bosques (Laurance, 1999; Vourlitis et al., 2002).

En Ecuador los bosques tropicales amazónicos presentan suelos bien drenados y un dosel de 10 a 30 metros de altura con diferentes individuos emergentes que llegan a los 40 metros. Las variaciones altitudinales están definidas por los pisos florísticos del Ecuador, cada uno de estos pisos representa una unidad más o menos homogénea y con una composición florística diferente a las de los pisos superiores e inferiores (Palacios et al., 1999; Aguirre, 2013), y albergan grandes cantidades de carbono como uno de los más importantes servicios ambientales que presentan provenientes de los elementos abióticos (agua, nutrientes, luz) y bióticos (plantas, hongos, animales, microorganismos) de los bosques así como las

interacciones entre ellas (P Balvanera, 2012). En la Amazonía ecuatoriana se han determinado un total de 22 ecosistemas amazónicos, cabe destacar que para esta región se incluyeron las Cordilleras Amazónicas: Cóndor, Galeras (11 ecosistemas) (MAE, 2013).

## 2. 2 Bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes

Este ecosistema está ubicado en las provincias de los Andes del Norte (Figura 1), formado bosque con dosel de 15 a 35 m de alto, vegetación densa de estructura compleja con varios estratos, ocasionalmente se presentan lianas. En su composición florística también se puede evidenciar la presencia de varias especies andinas macrotérmicas, asociadas a flora del occidente de la Amazonía (Josse et al., 2003).

Mogollón y Guevara (2004) indicaron que las comunidades bajo los 1000 msnm en bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes (con su código BsPn03), son muy similares a las de los bosques de tierras bajas, con un dosel cerrado con árboles de 35 m y emergentes de hasta 40 m, su diversidad se considera una de las más altas del mundo y sus especies están representadas por un solo individuo en varias hectáreas. *Iriartea deltoidea* (Arecaceae) fue de mayor importancia en la composición de estos bosques, dominando el paisaje y llegando a tener poblaciones de más de 300 individuos por hectárea y es abundante en todo el piedemonte sudamericano desde Ecuador hasta Bolivia.

Las familias dominantes de árboles en el BsPn03son: Myristicaceae, Fabaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Moraceae, Vochysiaceae y Melastomataceae (MAE, 2013). El relieve es muy variable y depende de la geomorfología subyacente, desde muy escarpado con pendientes mayores a 60º y crestas agudas, asentado sobre sustratos relativamente ácidos y suelos bien drenados, entre otros. Dominado por colinas altas y medias de crestas agudas y redondeadas, relacionadas con rocas volcánicas y sedimentarias de origen más reciente pertenecientes a las formaciones de Chalcana, Arajuno y Mera, (Tabla 1) (Winckell et al., 1997). Las especies diagnósticas son: *Cedrelinga cateniformis, Chrysophyllum sanguinolentum, Dacryodes peruviana, Elaeagia pastoensis, Eschweilera coriacea, Jacaranda copaia, Graffenrieda colombiana, Guarea kunthiana, G. persistens, Iriartea deltoidea, Nectandra laurel, Neea divaricata, Ocotea longifolia, Otoba parvifolia, Pouteria*

*torta, Rudgea skutchii, Socratea exorrhiza, Stenopadus andicola, Terminalia amazonia, Wettinia maynensis. Costus cupreifolius, Lophosoria quadripinnata.* Las referencias geográficas para el BsPn03son: Sucumbíos; Bermejo; Napo: Parque Nacional Sumaco-Napo-Galeras, en Pastaza; Río Anzú, vía a Sarayacu; Morona Santiago: Llusin (zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay) (MAE, 2013).

**Tabla 1.** Clasificación y factores del Bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes.

| BsPn03 Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes | |
|---|---|
| Clasificación | Formación vegetal / ecosistema |
| Palacios *et al.* 1999 | Bosque siempreverde piemontano, sector de las estribaciones de la cordillera oriental, subregión norte. |
| Josse *et al*. 2013 | CES409.112 Bosques siempreverde subandino del oeste de la Amazonía |
| Factores diagnósticos: | |
| Fisonomía: bosque | |
| Bioclima: pluvial, Ombrotipo (Io): húmedo, hiperhúmedo | |
| Biogeografía: Región: Andes, Provincia: Andes del Norte, Sector: Norte de la Cordillera Oriental de los Andes | |
| Fenología: siempreverde | |
| Piso bioclimático: Piemontano (400-1200 msnm), Termotipo (It): termotropical inferior (Figura1) | |
| Geoforma: Relieve general: De montaña, Macrorelieve: Piedemonte, Mesorelieve: Colinas, Cuestas, Cretas | |
| Inundabilidad general: Régimen de Inundación: no inundable | |

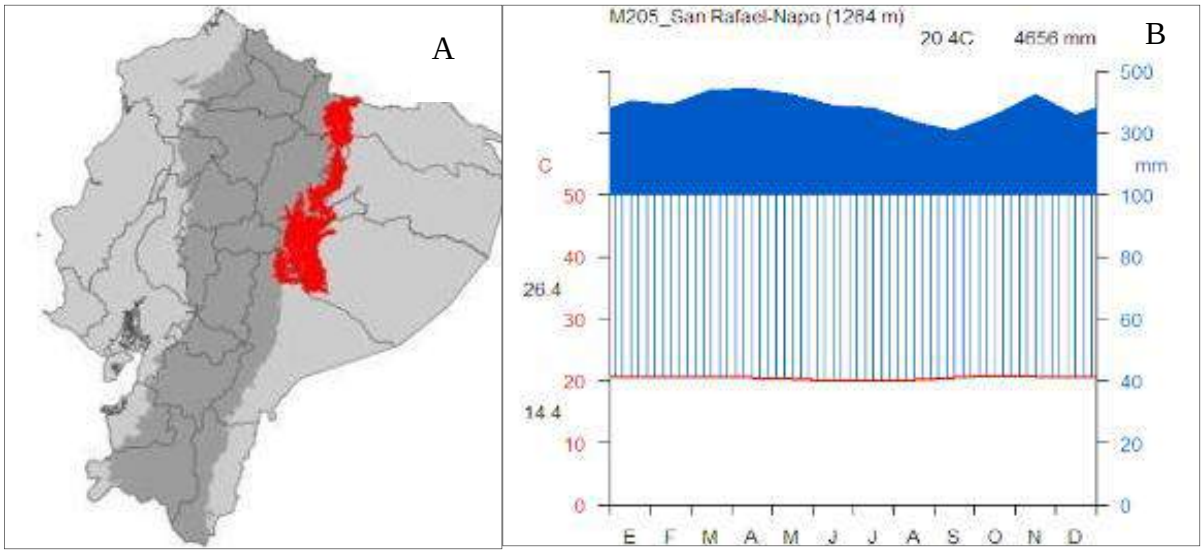



**Figura 1.** Ubicación (A) y Diagrama de temperatura (B) del del Bosque siempreverde piemontano de la cordillera norte oriental de los Andes. Fuente: MAE, 2013.

## 2. 3 Diversidad, composición y estructura en bosques tropical amazónicos

Para el Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992), la biodiversidad incluye la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman y son el resultado de miles de millones de años de evolución de la vida, tanto de procesos naturales como de las actividades de las sociedades humanas. Esta diversidad se ve reflejada en la composición florística en los bosques tropicales, que está dada por la heterogeneidad de plantas que se logran identificar en una determinada categoría de vegetación. Lo que equivale a demostrar la riqueza de especies vegetales de un determinado tipo de vegetación (Aguirre, 2013). La estructura del bosque es la distribución del número de árboles por clase de diámetro. Los cambios en la estructura y la composición del bosque son el resultado de la constante demanda que tiene cada árbol por más espacio y de la muerte eventual de otros individuos, incluso los más dominantes (Spurr & Barnes, 1982). La estructura horizontal es la interacción de diferentes factores, por lo que resulta muy compleja y difícil de observar, donde los individuos de cada especie que forman la comunidad están distribuidos de acuerdo con sus respectivas escalas de tolerancia. La estructura vertical representa la distribución de las especies en capas o estratos cuyo tamaño y número dependen de los tipos de forma de vida que tengan las especies y se debe en gran parte a los efectos producidos por la luz y aumento de la humedad hacia abajo (Gordo, 2009; Ruíz, 2000, citado por Poma, 2013).

Calzadilla & Cayola (2006) en su estudio; "E*structura y composición florística de un bosque amazónico de pie de monte, Área Natural de Manejo Integrado Madidi en Bolivia*", registraron 587 individuos, distribuidos en 137 especies, 103 géneros y 42 familias, y las familias más diversas fueron; Fabaceae (14 especies, 6 géneros), Euphorbiaceae (12 especies, 9 géneros), Rubiaceae (9 especies, 7 géneros) y Arecaceae (9 especies, 8 géneros). En un área de 1ha en parcelas permanentes en individuos con dap≥10 cm.

Caranqui & Romero, (2011) en su estudio; "*Composición y estructura del bosque húmedo tropical en la Estación Experimental Pastaza en un bosque siempreverde de tierras bajas",* registraron un total de 104 árboles representados en; 40 especies, 37 Géneros y 23 Familias donde las más importantes fueron: Leguminosae (21), Arecaceae (19), el resto de las familias tiene menor de 5 individuos con IVI; Leguminosae (36.36), Arecaceae (20.37), En un área de 0.2ha en parcelas permanentes en individuos con dap≥10 cm.

Patiño et al, (2015) en su estudio; "*Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo"*, registró 32 familias y 68 especies en 288 individuos y las familias más diversas fueron: Arecaceae, Fabaceae y Moraceae con 5 especies (7,14 %); seguida por Lauraceae y Urticaceae con 4 especies (5,71 %); Euphorbiaceae, Myristicaceae y Vochysiaceae con 3 especies (4,29 %). En un área de 0.5 ha en individuos con dap≥10 cm.

Aguirre et al. (2018) en su estudio; "*Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, provincia de Zamora Chinchipe"*, registró 46 especies de 35 géneros y 20 familias; 33 arbóreas y 13 arbustivas. Las familias más diversas en el estrato arbóreo son: Lauraceae, Melastomataceae, Rubiaceae y Euphorbiaceae; y, en el estrato arbustivo, Lauraceae, Primulaceae, Chlorantaceae y Rubiaceae. El mayor número de individuos por clases diamétricas se concentró en las clases I, II y III, que demuestra una estructura en forma de "J" invertida, típico de bosques en recuperación. En un área de 0.24 ha en individuos con dap ≥ 5 cm.

Ostaiza (2020), en su estudio; "*Evaluación de la composición florística del Bosque Siempreverde Piedemonte del Parque Nacional Sumaco Napo Galeras, Sector Pacto Sumaco"*, reportó un total de 186 individuos, 24 familias, 30 géneros y 39 especies. Las familias con mayor IVI fueron: Lauraceae, Burseraceae, Moraceae, Lecythidaceae, Fabaceae, Urticaceae, Lamiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Bignonaceae. La distribución por clase diamétrica a nivel de estrato fue; superior por DAP de 20cm, medio DAP de 10.1cm e inferior con DAP menores a 10cm. La diversidad florística según el índice de Shannon resultó una diversidad media, para el índice de Simpson una diversidad alta en diferentes parcelas. En un área de 0.1 ha en individuos con dap≥10 cm.

Caina & Encalada (2020), en su estudio; "*Evaluación del efecto de la actividad antrópica en la composición florística y estructura de un bosque de la zona protección permanente de la cuenca del río Pasurco, cantón Pastaza"*, registró un total de 223 individuos, 30 especies y 15 familias botánicas. Las familias con mayor riqueza de especies resultaron: Arecaceae (5), Malvaceae (4), Melastomaceae (4) y Urticaceae (3), con mayor número de individuos Arecaceae (47), Melastomaceae (43), Asteraceae (36) y Urticaceae (32). En un área de 0.16 ha en individuos con dap ≥10 cm.

Manzano & Valdez (2018), en su estudio; "*Estructura y composición florística del bosque siempreverde piemontano como bases ecológicas para la restauración de la zona alta de la microcuenca del río Puyo"*, registró un total de 322 individuos, 65 especies y 30 familias botánicas. Las familias con mayor riqueza de especies resultaron: Fabaceae (14), Euphorbiaceae (10), Lauraceae (8) y Urticaceae (8) que representaron el 40,8% del total de especies y con mayor número de individuos Arecaceae (101), Euphorbiaceae (58), y Melastomataceae (33), que representaron el 59,7% del total. La distribución de individuos por clases diamétricas reflejó mayor concentración en las clases inferiores, indicador de un bosque natural heterogéneo. En un área de 0.5 ha en individuos con dap≥10 cm.

## 2. 4 Causas de la degradación de los bosques tropicales amazónicos

La deforestación es la pérdida a largo plazo o permanente de la cubierta forestal e implica la transformación a otro uso del suelo, causada y mantenida por una perturbación natural o inducida por el hombre (reconvertidas a agricultura, reservorios de agua y áreas urbanas) (FAO, 2013). Una de las principales causas de la deforestación es la minería; durante el período de 2005 a 2015 el 9% de la pérdida total de bosques de la Amazonía fue a causa de la minería (Yeung, 2020). Sin embargo, los patrones de deforestación que presentan la mayoría de los países corresponden a patrones geométricos o difusos, asociados a proceso de transición hacia la consolidación de fronteras de colonización, pero para la amazonía brasilera y sectores de la amazonía ecuatoriana presentan el patrón de espina de pescado asociado con la construcción de carreteras (Mertens & Lambin, 1997).

Entre el período de 2000 – 2010 la agricultura comercial a gran escala (principalmente la cría de ganado vacuno y el cultivo de soja y aceite de palma) fue la causa del 40% de la deforestación de bosques tropicales y la agricultura local de subsistencia lo fue de otro 33%. Y para el 2015 y 2020, se estimó que la tasa de deforestación fue de 10 millones de hectáreas al año (FAO, 2020). La mayor deforestación en el Ecuador se produjo entre 1990 y 2008 en donde se perdieron cerca de 19.000 $km^2$ de bosque natural (Sierra, 2013). Por otra parte, la deforestación en los bosques tropical y el cambio climático son problemas intrincadamente conectados, debido a que la deforestación acelera el cambio climático y erosiona nuestra resistencia al mismo, mientras que el cambio climático daña aún más los bosques y reduce su capacidad para eliminar el carbono de la atmósfera. Estos procesos también muy

relacionados con otros factores ecológicos, sociales, económicos y culturales a varios niveles y escalas y dentro de estos la pobreza como una de las principales causas (Mena, 2010; Guevara et al., 2001). Para el análisis de las causas directas de la deforestación se ha generado una serie de propuestas conceptuales sobre motivos (subyacentes) causantes de la perdida de los bosques tropicales, categorizados en factores de tipo social, político, económico, demográfico y ambientales (Geist & Lambin, 2001; Mather et al., 1999). Lo que ha conllevado a utilizar otras herramientas como el estudio a través de paisajes como unidad integral de todos sus componentes (Ledesma, 2017), rompiendo las barreras existentes entre los campos ecológicos, agrícolas y sociales de la investigación y políticas del uso de la tierra (Reed & Deakin, 2014).

**Tabla 2.** Tasas de deforestación por tipos de bosques y por país. Número de casos de estudio donde se reportan impulsores de cambio asociados a la deforestación.

| País | Bosques Atlántico | Bosques de tierras bajas | Bosques Montanos | Bosques Secos | Otros | Biofisicas | Demográficas | Expansíon de frontera agricola | Ganadería | Infraestructura | Tenencia de la tierra | Políticas sectoriales | Otros |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bolivia | | -1.24 | -1.43 | -1.08 | | 5 | 6 | 8 | 6 | 9 | 1 | 6 | |
| Brazil | -0.06 | -1.65 | -1.92 | -0.45 | -3.19 | 4 | 15 | 29 | 27 | 15 | 8 | 4 | 2 |
| Colombia | | -1.11 | -0.74 | | | 1 | 12 | 7 | 7 | 2 | 1 | 4 | |
| Costa Rica | | -1.29 | | 0.99 | -4.86 | 2 | 1 | 5 | 5 | 3 | | 2 | |
| Ecuador | | -2.96 | -0.13 | | | 3 | 7 | 5 | 3 | 7 | 4 | 7 | 1 |
| El Salvador | | 1.87 | | | | | 1 | 2 | 1 | | | 1 | 1 |
| Guatemala | | -0.4 | | | | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | | | |
| Honduras | | -0.97 | | | -1.31 | 4 | 6 | 5 | | 4 | | 1 | 4 |
| México | | -1.13 | -2.93 | -5.44 | -1.79 | 9 | 23 | 34 | 20 | 15 | 4 | 20 | 1 |
| Nicaragua | | -0.26 | | | | | 2 | 4 | | | | | |
| Panamá | | -0.41 | | -0.5 | 1.49 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| Paraguay | -1.64 | | | | | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| Perú | | | -0.3 | | | | 1 | 2 | | | | 1 | |
| Surinam | | -0.08 | | | | | 1 | | 1 | 1 | | 2 | |
| Venezuela | | -1.44 | | | -1.02 | | 6 | 8 | 4 | | 1 | 2 | |

Fuente; Armenteras y Rodríguez, 2014

Ecuador ha diseñado estrategias enfocadas en incentivos, control forestal, conservación entre otras, orientadas a una mejor gobernanza forestal con el objetivo de disminuir la pérdida del bosque. Sin embargo, el proceso no ha garantizado un manejo adecuado de los recursos forestales puesto que en el 2017 el MAE reportó -0.48% de tasas de deforestación para el país. El fortalecimiento de gobernanza para ser la clave hacia el éxito de disminuir y mitigar

el incremento de la deforestación por lo que varios autores en general han afirmado los efectos positivos de la gobernanza forestal e indican que es una condición previa para lograr un paisaje sostenible ((Bhattarai & Hammig, 2001; Bhattarai & Hammig, 2004; Graaf et al., 2017).

## 2. 5 Familia Fabaceae

### *2.5. 1 Distribución y taxonomía de la familia Fabaceae*

Etimológicamente la familia Fabaceae proviene latina antigua de las habas del género tipo Faba Mil (Gledhill, 1989), muy importante desde varios aspectos; social, económico y ambiental. En el ámbito social ha sido recolectada, cultivada, consumida y utilizadas de muchas otras formas por los seres humanos durante milenios (en especial las gramíneas en términos globales), contribuyendo enormemente a la economía mundial por sus diversos usos que van desde alimento hasta usos químicos (Doyle y Luckow, 2003). Esto se debe a su distribución y hábitos conviniéndose en una familia cosmopolita muy representada en el Neotrópico y África. Las subfamilias Caesalpinioideae y Mimosoideae tienen un rango principalmente tropical y subtropical, pero las Papilionoideae principalmente están presentes en rangos templados (Figura 2).

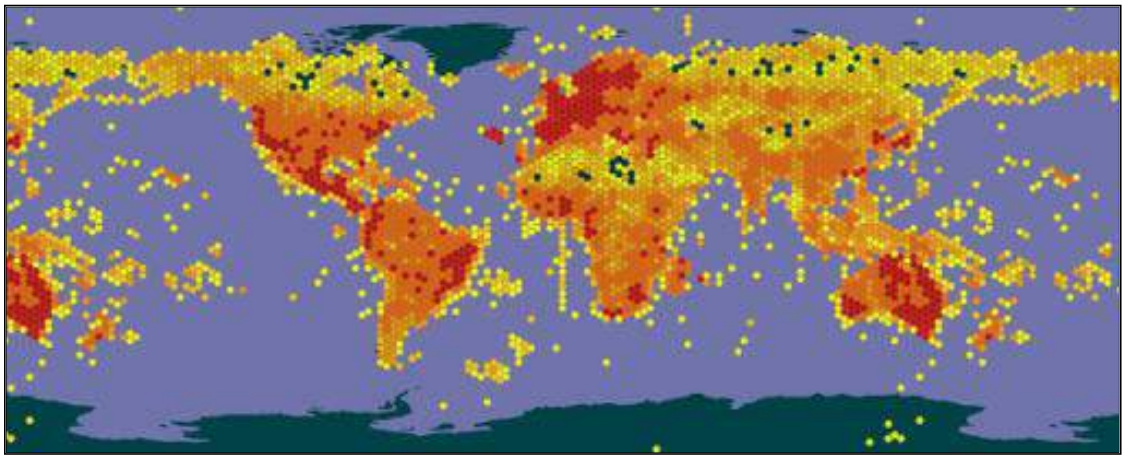


**Figura 2.** Distribución de la familia Fabaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019.

La familia Fabaceae es considerada claramente monofilética (Figura 3) en análisis tanto moleculares como morfológicos, sin embargo, fue tratada como tres familias distintas. En las actuales reconstrucciones de filogenia, la subfamilia Caesalpinioideae es considerada parafilética, mientras que las subfamilias Mimosoideae y Faboideae (o Papilionoideae) son

consideradas monofiléticas. Actualmente el reconocimiento de la subfamilia Caesalpinoideae se mantiene por razones meramente prácticas (Steven, 2009).

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Eudicotyledoneae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae Lindley
Leguminosae Jussieu

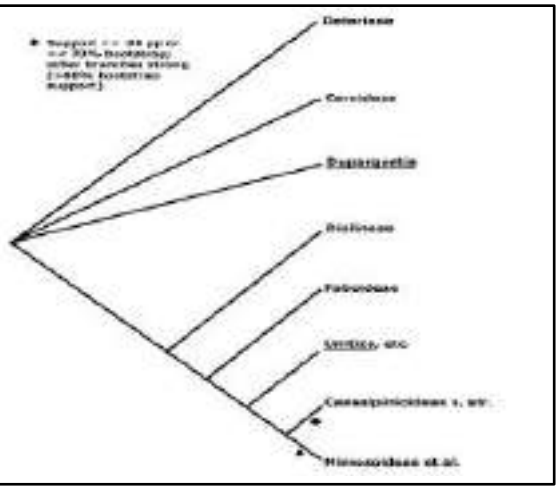


**Figura 3.** Taxonomía y cladograma de la familia Fabaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019.

## *2.5. 2 Descripción botánica de la familia Fabaceae*

Hábitos: hierbas (rara vez acuáticas), arbustos, enredaderas, lianas (a menudo con zarcillos y / o ganchos) y árboles; Estípulas presentes (aunque a menudo caen temprano), Hojas usualmente alternas y compuestas (el 95 % de las especies), con pulvínulos y estípulas, y, olor a fréjol característico. Inflorescencias axilares o terminales, racimos, espigas, panículas, capullos o flores solitarias. Flores simétrico bilateralmente, actinomórfico en la subfamilia Mimosoideae, y algunas veces actinomorfo en Caesalpinioideae y Papilionoideae, hermafrodita, rara vez unisexual. Los frutos suelen ser leguminosas de una a muchas semillas, dehiscentes o indehiscentes, secos o carnosos, inflados o comprimidos, a veces alados (samara) o que se rompen en artículos de una sola semilla (lomentaceous), raramente una drupa, a veces un craspedium. Semillas a veces con arilo más o menos elaborado, generalmente con una capa; endospermo escaso o ausente; embrión grande, los cotiledones conspicuos (KlitgÍrd, 2010; KlitgÍd & Baracat, 2009; Palacios, 2011).

## *2.5. 3 Géneros y especies arbóreas más utilizados en Ecuador de la familia Fabaceae*

La Fabaceae por ser cosmopolita consta con más de 1800 géneros y 20000 especies a nivel mundial (Smith et al., 2004). Según Palacios (2011) para el Ecuador los géneros y especies registradas son que presentan especies arbóreas se detallan a continuación en la Tabla 3 y 4.

**Tabla 3.** Géneros de la familia Fabaceae que presentan especies arbóreas para el Ecuador

| Cercideae | Caesalpioideae | Dialineae, | Detarieae | Faboideae | Mimosoideae |
|---|---|---|---|---|---|
| Bauhinia | Apuleia, Brownea, Browneopsis, Cassia, Crudia, Ecuadendron, Mora, Parkinsonia, Tachigali, Senna, Caesalpinia, Schizolobium, Cynometra, Hymenaea | Dialium | Macrolobium | Dussia, Pterocarpus, Swartzia, Hymenolobium, Lonchocarpus, Ormosia, Andira, Geoffroea, Vatairea, Vataireopsis, Centrolobium, Diplotropis, Dipteryx, Machaerium, Myroxylon, Piscidia, Platymiscium, Clitoria, Erythrina, Lecointea | Inga, Abarema, Albizia, Anadenanthera, Calliandra, Cedrelinga, Chloroleucon, Cojoba, Enterolobium, Leucaena, Parkia, Piptadenia, Pithecellobium, Prosopis, Pseudopiptadenia, Pseudosamanea, Samanea, Stryphnodendron, Vachellia, Zapotheca, Zygia |

Fuente; Palacios, 2011

**Tabla 4.** Especies arbóreas de la familia Fabaceae más utilizadas en Ecuador

| Nombre científico | Nombre común | Nombre científico | Nombre común |
|---|---|---|---|
| *Abarema jupumba* | Dormilón (Es) | *Lecointea peruviana var. lasiogyne* | |
| *Senegalia glomerosa* | Guarango de rio (Ki) | *Lonchocarpus atropurpureus* | |
| *Vachellia macracantha* | Algarrobo, Faique, Espino (Es) | *Machaerium millei* | Cabo de hacha, Chiche |
| *Mimosa quitoense* | Urña de gato (Es) | *Macrolobium acaciifolium* | Gurango de río |
| *Alibizia multiflora* | Angolo, Compono, Mariangolo | *Mora megistocarpa* | Nato (Af) |
| *Anadenanthera colubrina* | Wilco (Es) | *Myroxylon balsamum* | Bálsamo (Es); Chicahuiña (Sh) |
| *Andira inermis* | Chontillo (Es) | *Myroxylon peruiferum* | Bálsamo, Chaquino (Es) |
| *Andira spp.* | Chontillo (Es), Chontacaspi (Ki), Piedrita, Huesito (Es) | *Ormosia amazonica* | Etsa'un (Sh); Huayruro (Ki) |
| *Brownea coccinea* | Cruzcaspi (Ki) | *Parkia balslevii* | Cutanga (Ki) |
| *Brownea grandiceps* | Cruzcaspi (Ki) | *Parkia multijuga* | Cutanga (Ki), mil pesos, Torta (Es); Yurutz (Sh) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Brownea multijuga* | Clavellin (Af, Es), Kapainchi (Ch) | *Parkia nitida* | Cutanga (Ki) |
| *Caesalpinia spinosa* | Tara, Colorado Veteado (Es) | *Parkia velutina* | Cutanga (Ki) |
| *Calliandra pittieri* | Tura (Es) | *Piptadenia flava* | |
| *Cassia cowanii* | | *Piptadenia pteroclada* | Guarango con espinas |
| *Cedrelinga cateniformis* | Chuncho (Ki), Tseik (Sh), Ceique (Es) | *Piscidia carthagenensis* | Barbasco |
| *Centrolobium ochroxylum* | Amarillo lagarto, Amarillo (Es) | *Pithecellobium excelsum* | |
| *Cojoba arborea* | Dormilón (Es) | *Platymiscium pinnatum* | Almendro, Caoba, Caoba de Esmaraldas (Es) |
| *Cynometra crassiloba* | Cocobolo | *Platymiscium stipulare* | Caoba, Almendro (Es) |
| *Dialium guianense* | Machica muyu (Ki) | *Prosopis pallida* | Algarrobo (Es) |
| *Dussia lehmannii* | Pepa roja (Es) | *Pseudosamanea guachapele* | Guachapelí (Es) |
| *Dussia tessmannii* | Illinga (Ki) | *Pterocarpus amazonum* | Yaguar caspi (Ki) |
| *Erythrina edulis* | Porotón, Guato (Es) | *Pterocarpus officinalis* | Bambudo (Es) |
| *Erythrina fusca* | Palo Prieto (Es) | *Samanea saman* | Samán |
| *Erythrina poeppigiana* | Mambla (Af), Porotón (Es) | *Schizolobium parahyba* | Pachaco (Es); Mangucaspi (Ki) |
| *Geoffroea spinosa* | Almendro | *Senna multiglandulosa* | |
| *Hymenaea oblongifolia* | Mashcamuyo (Ki) | *Stryphnodendron porcatum* | Guarango (Ki) |
| *Inga edulis* | Guaba de bejuco (Es) | *Swartzia haugthii* | Huesito |
| *Inga ilta* | Ilta (Ki) | *Tachigali ferruginea* | Hormiguero |
| *Inga insignis* | Guaba machetona, Guaba (Es) | *Tachigali guianensis* | Hormiguero |
| *Inga spectabilis* | Guabo machetón, Machetona (Es) | *Tachigali inconspicua* | Hormiguero |
| *Inga thibaudiana* | Pacay (Ki) | *Zygia longifolia* | Chipero, chispero |

Fuente; Palacios, 2011

### *2.5. 4 Usos y estado de conservación de la familia Fabaceae*

De la Torre et al. (2008) en su estudio de plantas útiles del Ecuador indicó que el uso de las especies, no están distribuidas regularmente entre las familias de manera que las Fabaceae, Asteraceae y Rubiaceae tienen más de 200 especies útiles cada una y esto se deba a que estas

familias corresponden a las más diversas del Ecuador. Siendo la familia de las leguminosas (Fabaceae) con mayores especies útiles (7%), en comparación con su número total de especies en el Ecuador (Jørgensen & León-Yánez 1999; Ulloa Ulloa & Neill 2005) y en el mundo (Stevens 2001). Esta familia registró 599 especies útiles en Ecuador (Tabla 5), con usos; maderables, apícola, frutos comestibles, alimentos para animales vertebrados, consumo de hojas, condimentos, como fuente de carbón vegetal, herbicidas, insecticida, venenos, medicinales (infecciones e infestaciones, desórdenes del sistema digestivo, urogenital y del sistema circulatorio, parto y posparto, tumores y cáncer, desórdenes del sistema sensorial, entre otras), uso medioambiental (cercas, barreras, soporte, refugios, sombra, integradoras de sistemas agroforestales, mejoradoras de suelo y fertilizantes, regeneradoras de vegetación, controladoras de erosión indicadoras) (Torre et al., 2008).

**Tabla 5.** Usos de la familia Fabaceae en Ecuador

| Usos | No. de especies | Lugar de importancia |
|---|---|---|
| Maderable | 304 | Comparte el primer lugar con las Lauraceae |
| Apícola | 16 | *Acacia macracantha* |
| Alimentos de animales vertebrados | 542 | Mayor número de especies alimenticias |
| Consumo de hojas | 51 | Mayor número de especies alimenticias |
| Condimentos | | *Tamarindus indica* |
| Fruto comestible | 229 | Mayor número de registros de frutos comestibles |
| Fuente de carbón | 27 | La más importante para el uso de carbón vegetal |
| Herbicidas e insecticida | 6 | Corresponden al 58 % del total de especies |
| Químicos | 60 | Mayor número de registro para uso de químicos |
| Veneno para peces | 51 | La más importante para el uso de veneno para peces (*Lonchocarpus utilis*) |
| Medicinales | 175 | Mayor número de registro para uso medicinales |
| Medio ambientales | 28 | Mayor número de registros de medio ambientales |

Fuente; Torres et al, 2008; Acevedo-Rodríguez 1990; Torre et al., 2008.

La familia Fabaceae (Caesalpiniaceae y Mimosaceae) se considera la cuarta familia más diversa en la flora ecuatoriana con 541 especies nativas de las cuales 56 son endémicas (10%) con diferentes patrones de distribución y abundancia. En estas familias que se encuentra entre las más abundantes de los bosques amazónicos ecuatorianos, donde las especies endémicas; *Parkia balslevii y Stryphnodendron porcatum* en la amazonía y *Swartzia haughtii* en la Costa, son relativamente abundantes con numerosas poblaciones por lo que no están amenazadas (Figura 4), sin embargo, el 63% de las especies endémicas de

estas familias están amenazadas (Neill, 1998). Las especies endémicas para la Amazonía son; *Andira macrocarpa*, *Andira macrocarpa*, *Senna trolliiflora*, *Stryphnodendron porcatum*. La mayoría (23 especies) en la categoría En Peligro, cuatro En Peligro Crítico y 11 son Vulnerables, seis en Casi Amenazada, siete de Preocupación Menor, siete en Datos Insuficientes y dos en No Evaluada (León-Yánez, 2011).

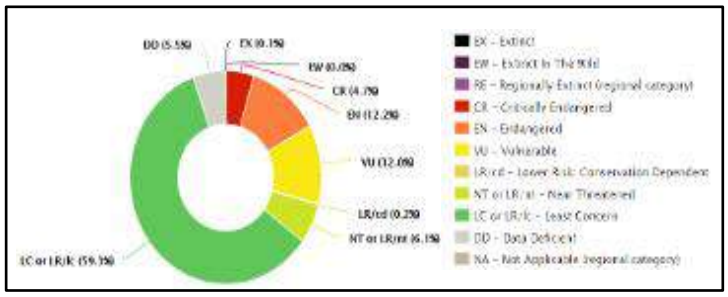



**Figura 4.** Categoría de lista roja de la familia Fabaceae. Fuente: UINC, 2020.

## 2. 6 Familia Myristicaceae

### *2.6. 1 Distribución y taxonomía de la familia Myristicaceae*

Etimológicamente la familia Myristicaceae proviene del griego “myristicus” que significa que tiene olor a mirra. El nombre del género *Myristica* Gronov. (Gledhill 1989), todas las especies de estas familias se colocaron en el único género Myristica durante mucho tiempo, luego fue clasificadas basándose en; variaciones del androceo, inflorescencia, arilo y polen otros autores consideraron las partes del perianto como sépalos (sin pétalos). Jaramillo et al. (2017) indicó que las Myristicaceae es una de las familias más representativas, tanto en número de especies, como en abundancia de individuos; por eso está considerada uno de los más importantes elementos de la flora arbórea tropical (Schultes & Holmstedt 1971, Smith 1937).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Magnoliales

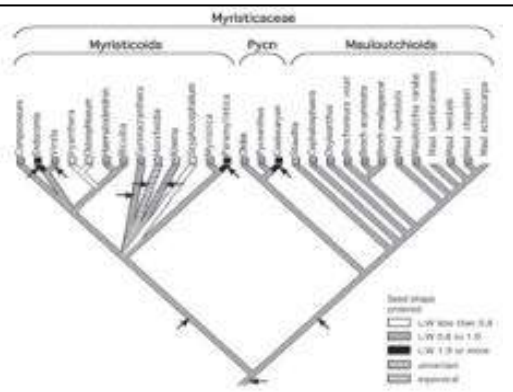



**Figura 5.** Taxonomía y cladograma de la familia Myristicaceae. Fuente: Doyle, 2008.

Se sitúa en el orden Magnoliales dentro del grupo Magnollidea (Figura 5). Las sinapomorfías del orden son: floema secundario estratificado, médula septada (con diafragmas esclerenquimatosos), hojas dísticas, testa vascularizada, endosperma irregularmente ruminado.

Las Myristicaceae son pantropicales; se encuentran en la región Indo-Malasia, en Madagascar, África, Centroamérica y Sudamérica (Figura 6). Seis géneros se encuentran en América: Bicuiba, Compsoneura, Iryanthera, Osteophloeum, Otoba y Virola; todos, a excepción de Bicuiba presentes en el Ecuador. Se encuentran en planicies húmedas tropicales, principalmente en tierra firme y bosques inundables. En el Ecuador algunas especies de los géneros *Compsoneura* y *Otoba*) ascienden hasta los 2500 msnm en las estribaciones de la cordillera de Los Andes, se consideran propias los bosques de las tierras bajas del Amazonas.

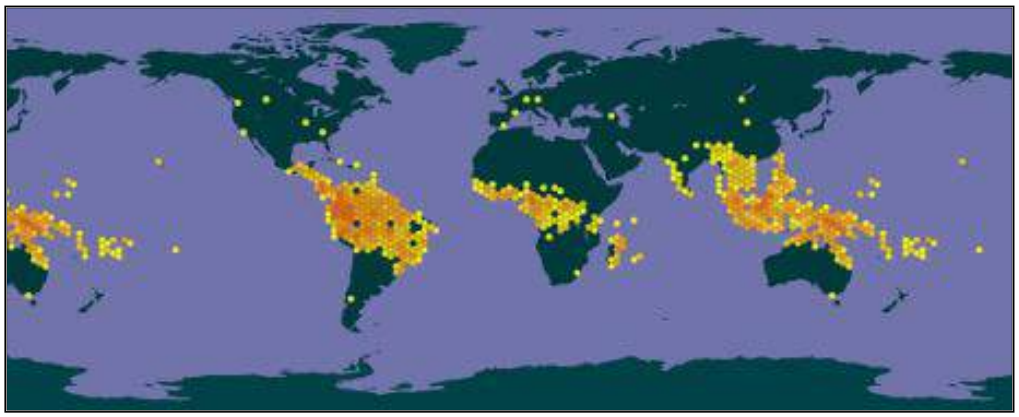


**Figura 6.** Distribución de la familia Myristicaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019.

## *2.6. 2 Descripción botánica de la familia Myristicaceae*

Árboles, ramas plagiotrópicas, ramas generalmente vertidas y extendidas horizontalmente, En estado juvenil claramente con ramificación en verticilo, corteza a menudo estriada verticalmente o pelada en placas gruesas. Exudado presente, inicialmente acuoso, rojo o rosado o pajizo (Osteophloeum. Hojas simples, alternas, a menudo dísticas, sin estípulas, con nervaduras pinnadas, a veces con puntos de glándula y aromáticas, pelos simples, ramificados o estrellados, márgenes enteros, estípulas ausentes. Inflorescencias panículas, racimos, cimas, corimbos o fascículos terminales o axilares, a veces coliflorosos; brácteas en su mayoría caducas, bractéolas presentes o no. Flores pequeñas, unisexuales (plantas

dioicas, raramente monoicas), actinomorfas, campanuladas o urceladas, amarillentas, cremas o pardas, con tres tépalos. Fruto una cápsula dehiscente en dos valvas (como una concha), con una sola semilla, lisa, verde o pardusca; la semilla cubierta por un arilo laciniado, carnoso, rojo o blanco. Látex rojizo o raramente amarillento, acuoso, especialmente en la corteza interna del fuste. En la región amazónica ecuatoriana bajo los 1200 msnm y en la Costa bajo los 1700 msnm. La familia es un importante componente de los bosques tropicales bajos, donde algunas especies, a menudo son abundantes. La mayoría de las especies pueden catalogarse como esciófita (Sasaki, 2009; Palacios, 2011). Puede confundirse con Annonaceae debido a la ramificación hojas alterna, dísticas y estipula; sin embargo, este último difiere en la falta del exudado rojo (con raras excepciones), en tener una corteza fibrosa, numerosos estambres y un gineceo apocarpo. Se diferencia de Canellaceae principalmente por: la presencia de exudado, las flores unisexuales con pocas partes del perianto, la placentación basal y los frutos capsulares (Sasaki, 2009).

### *2.6. 3 Géneros y especies arbóreas más utilizados en Ecuador de la familia Myristicaceae*

Para la familia Myristicaceae se ha reportado 20 géneros y aprox. 475 especies (Smith et al, 2004), los géneros más representativos son; *Horsfieldia* (100), *Myristica* (70), *Virola* (50). *Iryanthera* (24), *Compsoneura* (12), *Osteophloeum* (1), *Otoba* (6). Seis géneros se encuentran en América: *Bicuiba, Compsoneura, Iryanthera, Osteophloeum, Otoba y Virola*; todos, a excepción de *Bicuiba* presentes en el Ecuador.

El género *Virola* es más grande entre las Myristicaceae neotropicales. Su distribución más amplia e importante se encuentra en la Amazonía. El exudado de varias especies de *Virola* es alucinógeno (Sasaki, 2009; Palacios, 2011). Tiene indumento estrellado, también presente en el *Osteophloeum*. Las hojas suelen ser oblongas. Los estambres son pocos (3 (-4-6)), las anteras adinadas a la columna o apicalmente libres. Los frutos son globosos a elipsoides. El arilo es laciniado (como en *Otoba*) y rojo (Khn y Kubitzki, 1993; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues, 2003; Smith & Woodhouse, 1937; Wilson, 2004).

El género *Compsoneura* difiere de todos los otros géneros Neotropical por tener el terciaria Nervadura de cerca paralelo y perpendicular a la nervadura central. También es único en

tener su cubierta de semillas estampada en negro o morado. Indumento de 2 pelos ramificados está presente o la planta es glabra. Los estambres son pocos a muchos (4-10), las anteras adnadas a columna o libres. Los frutos son elipsoides. El arilo es rojo o blanco y entero (rara vez lacinado) (Khn y Kubitzki, 1993; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues, 2003; Smith & Woodhouse, 1937; Wilson, 2004).

El género *Iryanthera* tiene dos pelos ramificados, aunque las hojas parecen glabras. Los estambres son pocos (3-4 (-6)), las anteras adinadas a la columna o libres. Los frutos son más anchos que anchos (transversalmente elipsoide como en *Osteophloeum*. El arilo es rojo y entero (o apicalmente laciniado) (Khn y Kubitzki, 1993; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues, 2003; Smith & Woodhouse, 1937; Wilson, 2004).

El género *Osteophloeum* es un género monotípico (*O. platyspermum*) con exudado de color pajizo. Son árboles grandes con ápice de hojas distintivamente redondeado y pecíolos algo largos. Hay presencia de indumentum estrellado. Los estambres son numerosos (12 (-20)), las anteras adnatas a la columna. Los frutos son más anchos que anchos (transversalmente elipsoide como *Iryanthera*, pero se diferencian por tener siempre el arilo entero (Khn y Kubitzki, 1993; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues, 2003; Smith & Woodhouse, 1937; Wilson, 2004).

El género *Otoba* suele tener hojas glaucas en la superficie inferior. Tiene dos pelos ramificados como *Compsoneura* e *Iryanthera*. Los estambres son pocos (3 (-4)), las anteras libres de la columna (o fundamentalmente adnados). Como en *Virola*, los frutos son globosos a elipsoides. El arilo es blanco y lacinato (Khn y Kubitzki, 1993; Rodrigues et al., 2001; Rodrigues, 2003; Smith & Woodhouse, 1937; Wilson, 2004). Las especies más utilizadas en Ecuador son (Tabla 6);

**Tabla 6.** Especies arbóreas de la familia Myristicaceae más utilizadas en Ecuador

| Nombre científico | Nombre común |
|---|---|
| *Osteophloeum platyspermum* | Lotería (Es); Tsempu (sh) |
| *Osteophloeum sulcatum* | Indio hediondo (Af ), Shu' ainchi (Ch) |
| *Otoba glycycarpa* | Sangre de Gallina (Es), Guapa (Ki) |
| *Otoba gordoniifolia* | Cuángare (Ch), Sangre de Gallina (Es), Mujchi (Ch) |
| *Otoba gracilipes* | Cuángare (Ch), Sangre de Gallina (Es) |

| | |
|---|---|
| *Otoba novogranatensis* | Sangre de Gallina (Es), Guapa (Ki) |
| *Otoba parvifolia* | Sangre de Gallina (Es), Guapa (Ki) |
| *Virola dixonii* | Caracha coco; Chalviande (Ch), Ainchi (Ch) |
| *Virola duckei* | Coco, Doncel, Sangre (Es) Tsempu (Ac, Sh) |
| *Virola elongate* | Brasilargo (Es) |
| *Virola flexuosa* | Coco, Doncel, Sangre (Es) Tsempu (Ac, Sh) |
| *Virola Pavonis* | Coco, Doncel, Sangre (Es); Tsempu (Ac, Sh) |
| *Virola reidii* | Chalviande lampiño (Ch), Coco |
| *Virola surinamensis* | Coco, Doncel, Sangre (Es) |

Fuente; Palacios, 2011

### *2.6. 4 Usos y estado de conservación de la familia Myristicaceae.*

Las familias de las Myristicaceae etnobotánicamente la mayoría de las especies son utilizadas principalmente por indígenas como alucinógenos, narcóticos o afrodisíacos. De la corteza y de la semilla se obtienen también productos medicinales y se elabora papel, velas, jabón, entre otros artículos (Schultes & Holmstedt 1971, Smith 1937). Algunas especies se encuentran en estado vulnerables para Ecuador (Figura 7) según la lista roja de plantas vasculares son; *Compsoneura lapidiflora* y *Parathesis palaciosii* y sus usos son; para artesanías, maderas para construcción, maderas, otros usos, químicos vegetales, tintes y taninos, materiales sin asignación; (León -Yánez et al., 2012).

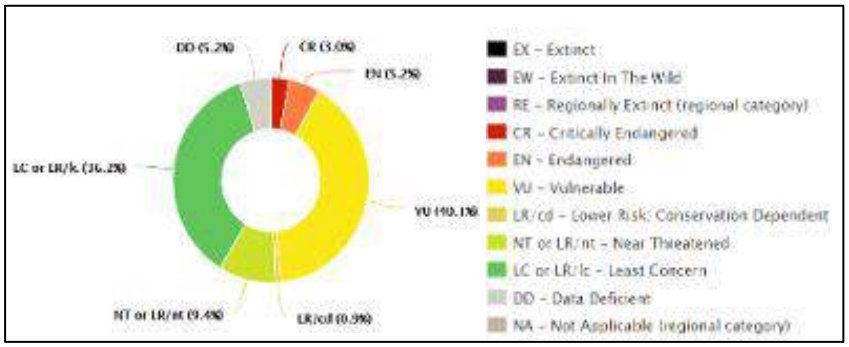



**Figura 7.** Categoría de lista roja de la familia Myristicaceae. Fuente: UINC, 2020.

## 2. 7 Familia Urticaceae

### *2.7. 1 Distribución y taxonomía de la familia Urticaceae*

Familia poco estudiada con respecto a las relaciones genéricas y donde queda por probar la monofilia de la mayoría de los géneros. Tiene un papel ecológico importante por ser fuente de alimento para una gran variedad de aves, murciélagos y monos (Holthuijzen & Boerboom,

1984; Lobova et al., 2003). A pesar de que existen alrededor de 160 especies en el neotrópico, son pocas las especies endémicas para Ecuador de distribución restringida. Según Berg (1999 y 2002). Debido a su pequeño tamaño y gran número, suele ser bastante fácil encontrar flores bien conservadas en todos los géneros de Urticaceae. Ampliamente distribuida, desde regiones tropicales a templadas (Figura 9). En América Central, las Grandes Antillas y neotrópico (norte de los Andes y en tierras bajas adyacentes) es diversa, sin embargo, es pobremente representadas en las tierras bajas de América del Sur (Monro, 2009). El sistema APG IV pertenece al orden Rosales, considerada como un grupo monofilético, pero no lo reconoce como un orden en sí mismo (Figura 8).

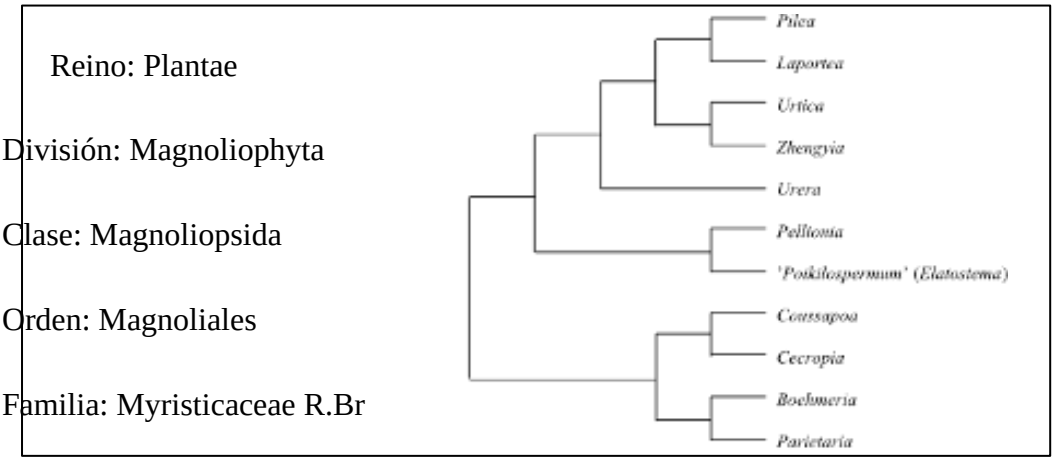



**Figura 8.** Taxonomía y cladograma de la familia Urticaceae. Fuente; Sytsma et.al., 2002.

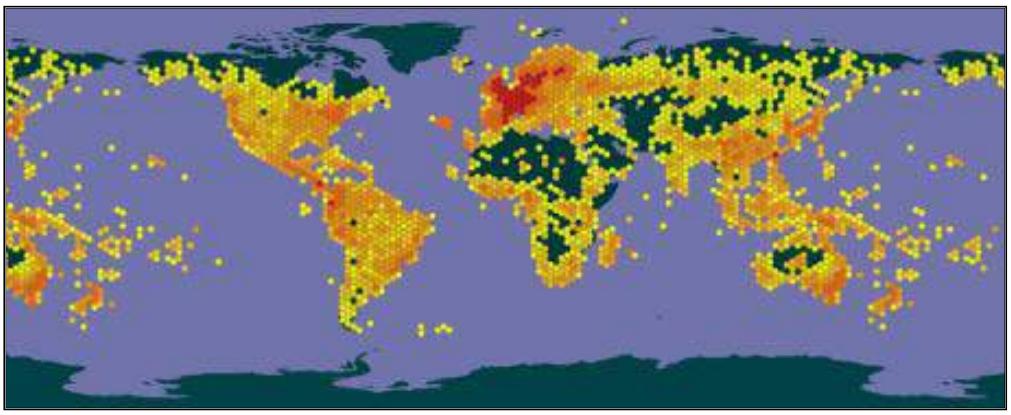


**Figura 9.** Distribución de la familia Urticaceae. Fuente: Secretaría de GBIF, 2019.

## *2.7. 2 Descripción botánica de la familia Urticaceae*

Hierbas, arbustos, árboles o lianas, monoicas o dioicas. Tallos con o sin pelos punzantes, raramente con espinas, ocasionalmente liberan látex acuoso cuando se cortan. Árboles o arbustos hemiepífitos y ramificación seudoverticilada (en la tradicionalmente

Cecropiaceae). La familia es característica por los pelos urticantes o irritantes ubicados en las hojas y otras partes de la planta. Hojas simples, palmado-lobuladas o digitadas, con estípulas cónicas que dejan una cicatriz horizontal u oblicua al caerse (en la tradicionalmente Cecropiaceae), alternas u opuestas. Inflorescencia axilar o ramiflora, una espiga o una cima. Flores unisexuales o bisexuales, donde también se presentan flores unisexuales bisexuales, con o sin perianto, donde presenta perianto un solo verticilo de tépalos. Fruto un aquenio, raramente una drupa, o una drupa independiente o congregada sobre cabezas o amentos compactos (en la tradicionalmente Cecropiaceae). savia acuosa marrón (a veces pegajosa) que se vuelve negra al secarse de Urticaceae. La transferencia de los géneros de Cecropiaceae a Urticaceae, ha sido realizada bajo el nuevo sistema APG. Principalmente en bosques húmedos bajo los 1500 msnm, con excepción de algunas especies de *Cecropia* que llegan hasta los 2700 m (Monro, 2019; Palacios, 2011; Smith et al., 2004)

### *2.7. 3 Géneros y especies arbóreas más utilizados en Ecuador de la familia Urticaceae*

Smith et al, (2004) mencionó que el número de géneros para la familia Urticaceae es 54 y 2625 especies a nivel mundial, los géneros más importantes para el Neotrópico son: *Pilea* (500 - 600), *Elatostema* (300), *Urtica* (80), *Cecropia* (61), *Coussapoa* (50). El género *Cecropia* lo conforman árboles, característicos del bosque perturbado" especies pioneras, troncos presencia de raíces zancos, tallos huecos, en las ramas y tronco habitan extensas colonias de hormigas, anillamiento en todo el tronco y la presencia de estípulas o cicatrices de las estípulas que se caen, hojas palmeadas y lobuladas o compuestos. El género. *Urera* suelen ser arbustos, arbolitos y lianas de vegetación ribereña y perturbada, ocasionalmente con pelos punzantes en las hojas e inflorescencias , frutos carnosos y de colores vivos o blancos y el género *Myriocarpa* presenta pequeños árboles de vegetación ribereña y perturbada, inflorescencias con espigas poco ramificadas, a menudo largas y colgantes. Los géneros y especies más utilizados en Ecuador según Palacios (2016), se mencionan a continuación en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Géneros de la familia Urticaceae que presentan especies arbóreas para el Ecuador

| Neotrópicos | | Ecuador |
|---|---|---|
| *Boehmeria* Jacq. | *Parietaria* L. | *Boehmeria* Jacq. |
| *Cecropia* Loefl. | *Pilea* Lindl. (incluido *Sarcopilea* Urb.) | *Cecropia* Loefl. |
| *Coussapoa* Aubl. | *Phenax* Wedd. | *Coussapoa* Aubl |
| *Discocnide* Chew. | *Pourouma* Aubl. | *Myriocarpa* Benth. |
| *Hemistylus* Benth. | *Pouzolzia* Gaudich. | *Pourouma* Aubl. |
| *Gyrotaenia* Griseb. | *Rousselia* Gaudich. | *Urera* Gauduch |
| *Laportea* Gaudich. | *Urera* Gauduch. | |
| *Myriocarpa* Benth. | *Urtica* L. | |

Fuente; Palacios, 2011

**Tabla 8.** Especies arbóreas de la familia Urticaceae más utilizadas en Ecuador

| Nombre científico | Nombre común |
|---|---|
| *Cecropia herthae* | Guarumo, yarumo (Es o Ki) |
| *Cecropia maxima* | Guarumo, yarumo (Es o Ki) |
| *Cecropia sciadophylla* | Guarumo, yarumo (Es o Ki) |
| *Coussapoa jatunsachensis* | |
| *Pouroma bicolor* | Uva (Es) |
| *Pourouma cecropiifolia* | Uva, Uva de Monte |
| *Pourouma minor* | Uva, Uvilla, Uva de Monte (Es) |

Fuente; Palacios, 2011

### *2.7. 4 Usos y estado de conservación de la familia Urticaceae*

En Ecuador se han registrado 27 especies de *Cecropia*, 14 especies de *Pourouma* y 15 especies de *Coussapoa*. Ninguna especie de *Cecropia* es endémica y solamente *Pourouma petiolulata* y *Coussapoa jatunsachensis* son endémicas y su categoría de conservación es vulnerable (Figura 10), con poblaciones muy bajas de 16 y 8 individuos respectivamente, por otra parte, el hábitat de estas dos especies está restringido a la Amazonía ecuatoriana, cuya cobertura forestal está protegida por reservas ecológicas y parques nacionales relativamente extensos. Sin embargo, la deforestación, frecuentemente para establecer cultivos de palma africana, cacao y pastizales, se ha convertido en la principal amenaza de estas especies (Quintana et al., 2017).

El uso de la familia Urticaceae de las especies arbóreas son de uso maderables y para el género *Pourouma* y son a la vez comestibles. Pero otras especies que presentan pelos urticantes, estos son usados para tratar dolores (se frota la planta en el lugar adolorido) (Etnia no especificada- Orellana). Se emplea para tratar la artritis, heridas de machete y hemorragias (Etnia no especificada-Otros (Región Costa)). Baja la fiebre y elimina el mal aliento (Kichwa del Oriente-Orellana) (De la Torre et al.,2008).

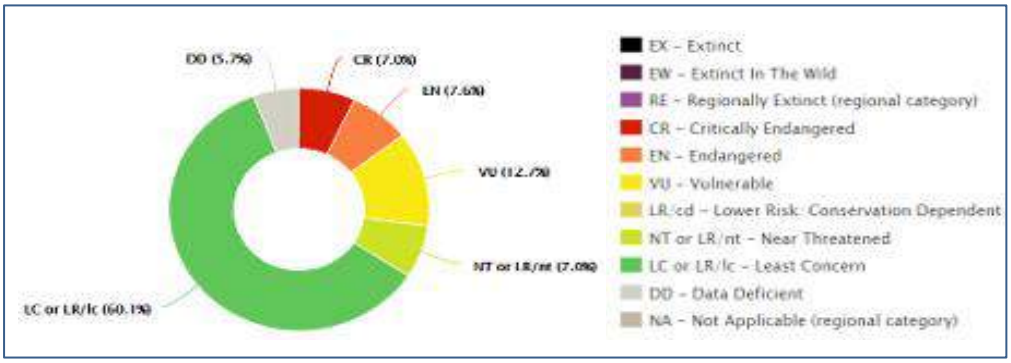



**Figura 10.** Categoría de lista roja de la familia Urticaceae. Fuente: UINC, 2020

## 2. 8 Biomasa aérea

Biomasa es cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado, por lo que biomasa vegetal corresponde a la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa que tiene como fuente original el sol. En síntesis, representa la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema. La biomasa aérea es la que genera un mayor aporte a la biomasa total del bosque, aunque la biomasa del suelo y raíces pueden representar hasta un 40 % de la biomasa total (Begon y Towsend, 1955; Salas e Infante, 2006; Brown, 1997). La biomasa arbórea es un tipo de depósito de carbono muy importante debido a que contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo por medio de la acumulación de la materia orgánica. Además, realizar la medición de la biomasa arbórea permite establecer la cantidad de $CO_2$ que puede ser removido de la atmosfera mediante planes de reforestación (Manson, 2008).

Los estudios de biomasa muestran la distribución de la materia orgánica en el sistema y tienen como propósitos de estimación de contenido de carbono en el bosques, cuantificación en la cantidad de nutrientes en los ecosistemas, determinación de la fijación de energía en

los ecosistemas forestales, descripción cuantitativa de ecosistemas y fuentes de biomasa disponible, evaluar cambios en la estructura del bosque, cuantificación de la cantidad de gases de efecto invernadero que no se libera evitando la deforestación y cuantificación del incremento y rendimiento de bosques y crecimiento y productividad; todos imprescindibles para comprender el ecosistema forestal, al igual que evalúan los efectos de la intervención sobre el ecosistema que repercuten en equilibrio del mismo (Mostacedo, 2006).

## 2. 9 Estimación de carbono aéreo mediante ecuaciones alométricas

No existe "un" método único para estimar una reserva de biomasa sino varios, según la escala considerada (Gibbs et al., 2007). A escala nacional y más allá de ella, suelen utilizarse valores medios por bioma; la cantidad de biomasa se estima multiplicando la superficie de cada bioma por la cantidad de biomasa media por unidad de superficie para dicho bioma. Las cantidades medias por bioma son las estimadas a partir de medidas tomadas a una escala más restringida (FAO, 2006). Una ecuación alométrica es una fórmula que formaliza de forma cuantitativa dicha relación. En el caso de la predicción del volumen, de la biomasa o de la masa mineral. Existe una definición más restrictiva de alometría que consiste en una relación de la proporcionalidad entre los aumentos relativos de las medidas (Huxley, 1924; Gayon, 2000). De este modo las ecuaciones alométricas, que permiten predecir la biomasa de un árbol a partir de las características dendrométricas más fáciles de medir (como su diámetro o su altura) son elementos clave para estimar la contribución de los ecosistemas forestales al ciclo del carbono (Picard, 2012).

Para estimar la biomasa se usan diferentes tipos de modelos de regresión y combinación de variables. En general, y así se demuestra en muchas investigaciones, el diámetro es la variable que mejor se correlaciona y predice la biomasa. Además, es una variable fácil de medir y que se registra en la mayoría de los inventarios forestales Sanquetta et al. (2008). Las estimaciones de biomasa aérea requieren de un muestreo destructivo o del uso de métodos indirectos, el segundo caso es el más práctico y menos costoso. Para Acosta et al., ( 2002), el uso de ecuaciones alométricas permite una estimación más confiable y directa de la biomasa, porque se contempla la variabilidad presentada por los árboles por edad, competencia, y su crecimiento de la productividad del sitio (Brown,1997). Existen modelos generales para estimar el contenido de biomasa aérea en inventarios forestales, su uso se justifica cuando no existen modelos específicos para zonas o condiciones particulares o

cuando varias especies presentan un patrón morfológico de crecimiento similar (Casanoves et al., 2017).

La estimación de carbono aéreo es importante realizar mediante las disposiciones en la contribución de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hacia el ambiente. Para la estimación de la biomasa es utilizada el concepto de alométrica tanto en biomasa aérea y subterránea, la cual establece relaciones potenciales y, de otro tipo, entre la variable a estimar y la que se usa en forma indirecta para la estimación, que generalmente es más fácil de medir en campo (Vargas et al., 2017). En las especies los ajustes de las funciones alométricas se utilizan las variables dendrométricas, que son ampliamente usadas y reconocidas para una mejor gestión de los bosques. Entre estas funciones se encuentran las que consideran tanto el área y la biomasa foliar, fundamentalmente cuando se trata de especies nativas, zona que de éstas es permisible derivar sobre propiedades ecológicas y funcionales de la naturaleza. (Olivares et al., 2005; Quiroz et al., 2009).

Las mediciones de biomasa deberían aumentar en los años venideros para satisfacer las necesidades de estimación de las reservas de carbono y de comprensión de la contribución de los ecosistemas terrestres en el ciclo del carbono. El modelo de biomasa de Chave et al*.,* (2005) *"BSS = (p *exp(-1.499 + (2.148 * In (D)) + (0.207 * In (D)2) – (0.0281 * In (D)3)) * 0.001"*, es uno de los más usados actualmente, calibrado a partir de 2410 observaciones y se trata de un modelo pantropical que abarca todas las especies y todas las zonas ecológicas, desde las zonas secas a las zonas muy húmedas. Para aumentar la fiabilidad de los modelos de biomasa hay que aumentar también el número de observaciones disponibles. Para poder seguir mejorando las estimaciones, hace falta instaurar un sistema para archivar los datos. Ese es el punto de partida para disponer de mejores estimaciones en el futuro. Un sistema adecuado permitiría reducir los esfuerzos de los futuros equipos para entender y recalcular las estimaciones existentes. Por otra parte, es importante crear métodos que sean coherentes a lo largo del tiempo (Picard, 2012).

## 2. 10 Carbono aéreo en bosques tropicales

La respuesta de los ecosistemas forestales tropicales a los cambios ambientales naturales o antropogénicos es un tema central en la ecología. Los inventarios forestales a largo plazo son los más útiles para evaluar la magnitud de los flujos de carbono entre los ecosistemas

forestales superficiales y la atmósfera (Grace, 2004). Lo que ha incrementado en los últimos años estimaciones de carbono en los diversos ecosistemas a nivel mundial.

Cuenca et al, (2014) en su estudio; "*Estimaciones de Biomasa y Carbono en bosques naturales de Bolivia",* estimó valores de biomasa aérea total que variaron entre promedios de 97 Mg $ha^{-1}$ en la ecorregión de Transición chiquitano-amazónica hasta 171 Mg $ha^{-1}$ en la Amazonía. En consecuencia, la variación del carbono almacenado es de 49 $t/ha^{-1}$ a 86 $t/ha^{-1}$ respectivamente. Los datos analizados para este estudio fueron de 74 inventarios forestales con un total de 600 mil árboles a partir de 10 cm de DAP en bosques naturales de cuatro ecorregiones.

Ureta (2015), en su estudio; "*Aporte de biomasa aérea de las especies arbóreas de la familia Myristicaceae en los bosques Amazónicos del Perú",* la biomasa aérea acumulada fue: 376.97Mg $ha^{-1}$. Entre las 39 especies de Myristicaceae, las especies que aportaron sumas considerables de biomasa aérea acumulada fueron; *Virola pavonis* (60.99Mg $ha^{-1}$), *Otoba parvifolia* (52.74Mg $ha^{-1}$) y *Osteophloeum platyspermum* (48.49Mg/$ha^{-1}$).

Tierres et al. (2016) en su estudio; *"Carbono acumulado en el estrato arbóreo de un Bosque Siempreverde de Tierras Bajas en la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno en Ecuador*", estimó 392,1 Mg ha-1 de biomasa y 196,05 Mg C $ha^{-1}$ (685 individuos $ha^{-1}$), mediante ecuaciones alométricas una hectárea subdividida en 25 unidades de muestreo de 20 x 20 m.

Paipa (2017), en su estudio; "*Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque húmedo tropical en Paimadó, Chocó,* estimó una biomasa aérea acumulada fue de 15.40 Mg $ha^{-1}$ para *Iryanthera juruensis* (Myristicaceae).

García (2019), en su estudio; "*Biomasa en la Familia Moraceae en un bosque siempreverde en la amazonía ecuatoriana función de la gradiente altitudinal (601-1000 msnm)",* con el uso de ecuaciones alométricas estimó 652,67 Mg $ha^{-1}$. *Ficus cuatracasana* fue la especie con mayor aporte de biomasa sobre el suelo con 157,36 Mg $ha^{-1}$, en un área 0.1 ha en árboles de con D 1,30 ≥ 10.

# CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3. 1 Localización

Los datos obtenidos para la presente investigación fueron tomados en el año 2018 en parcelas permanentes (2.023,24 ha) en un Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013), establecidas durante los años 2012 -2015, en el marco de la línea de investigación Ecosistemas, Biodiversidad y Conservación de Especies de la Universidad Estatal Amazónica, Proyecto "Identificación y Selección de Árboles Semilleros en el Área de Protección del Bosque del CIPCA". Ejecutado en el marco de la Convocatoria UEA, 2012. Estas parcelas se encuentran establecidas en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) ubicado en la Provincia de Napo, Cantón Carlos Julio Arosemena Tola, (Figura11). De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI (2012) de las estaciones meteorológicas Tena y Tena Hacienda Chaupi Shungo estaciones referenciales para el cantón Arosemena Tola, se determina una temperatura promedio anual entre los 23 y 25 °C, con una precipitación media anual cuyos promedios están entre 3800 a 4500 mm, para la zona de estudio.

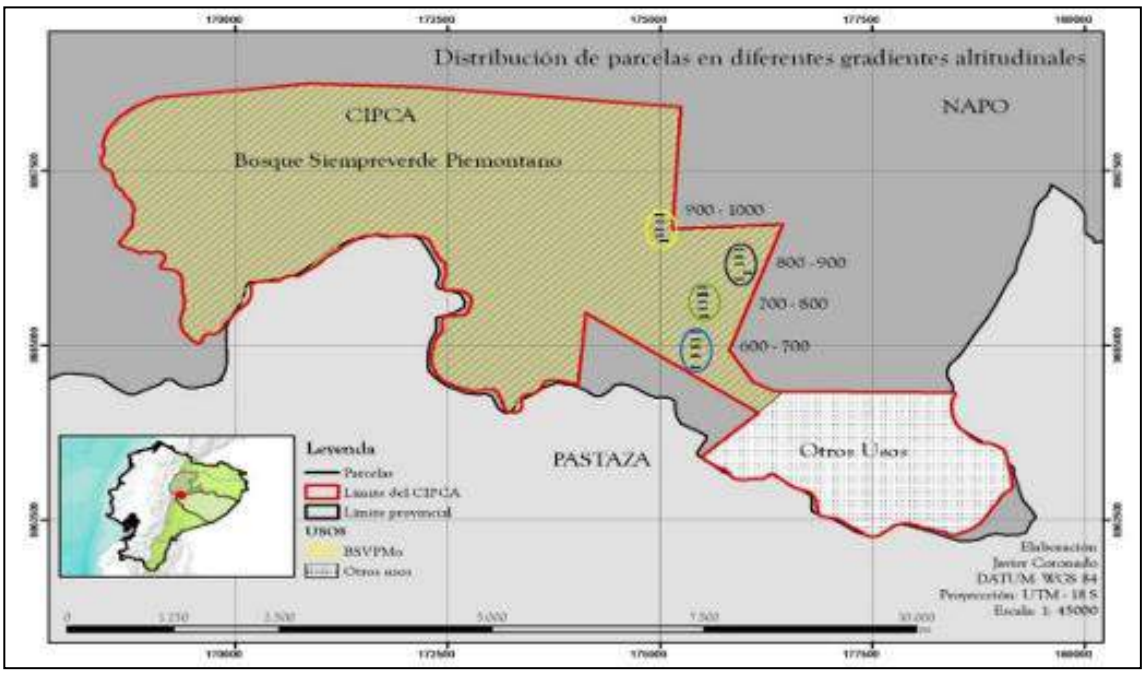



Figura 11. Ubicación geográfica de las parcelas permanente - CIPCA. Fuente: Coronado, 2019

Las parcelas permanentes se establecieron sistemáticamente (a intervalos de 100 m lineales) en cuatro elevaciones; (601-700 msnm), (701-800 msnm), (801-900 msnm) y (901-1000 msnm), cinco parcelas en cada gradiente altitudinal (Figura 11 y Tabla 9), cada una de 1000$m^2$ (10m x 100m) y se inventarió los árboles con DAP ≥ 10 cm (árboles cuya base se encontraba sobre el límite del transecto fueron tomados en cuenta siempre y cuando la mitad o más del área basal estuviera dentro del transecto), según la metodología (modificada) de Gentry (1982). Los árboles inventariados etiquetados, identificados y verificados según la Filogenia de Grupo Angiosperma con sus siglas en inglés APG, cuarta versión (APG IV) en su última actualización en enero del 2018, con la colaboración del herbario ECUAMZ.

**Tabla 9.** Coordenadas geográficas de los transectos en diferentes gradientes altitudinales.

| Gradiente Altitudinal | No. Parcela | Coordenadas WGS 84 UTM (18M) | |
|---|---|---|---|
| | | **Latitud** | **Longitud** |
| 601- 700 | 1 | 175415 | 9864683 |
| | 2 | 175412 | 9864850 |
| | 3 | 175415 | 9864980 |
| | 4 | 175423 | 9864980 |
| | 5 | 175420 | 9865198 |
| 701-800 | 6 | 175499 | 9865523 |
| | 7 | 175500 | 9865625 |
| | 8 | 175508 | 9865724 |
| | 9 | 175520 | 9865413 |
| | 10 | 175503 | 9865823 |
| 801-900 | 11 | 175934 | 9865951 |
| | 12 | 176034 | 9866038 |
| | 13 | 175933 | 9866165 |
| | 14 | 175929 | 9866368 |
| | 15 | 175926 | 9866267 |
| 901-1000 | 16 | 175044 | 9866501 |
| | 17 | 174993 | 9866569 |
| | 18 | 174991 | 9866668 |
| | 19 | 175002 | 9866776 |
| | 20 | 174989 | 9866868 |

Fuente; Proyecto “Identificación y Selección de Árboles Semilleros en el Área de Protección del Bosque del CIPCA”

## 3. 2 Tipo de Investigación

Se desarrolló en base de investigación analítica (1) y descriptiva (2), el primer tipo de investigación abarcó el análisis e interpretación sistemática de las características del fenómeno estudiado con base a la realidad del escenario planteado (Sampieri, 2010) sobre la base de los datos del inventario florístico el año 2018 de las parcelas permanentes como parte de las actividades del proyecto. Las variables analizadas en las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae fueron; estado de la vegetación en base a la composición florística y estructura del bosque, específicamente; especies y familias más abundantes, cociente de mezcla, índice de valor de importancia ecológica, posición sociológica relativa, altura y diámetro. El segundo tipo de investigación permitió determinar; diversidad alfa (índices de riqueza florística; Chao 2 y Jaccknife, índice de equidad de Shannon-Wiener e índice de dominancia de Simpson), diversidad beta (coeficiente de similitud de Sorensen y Jaccard), carbono almacenado mediante la estimación de biomasa sobre el suelo, debido a que la investigación descriptiva permite estudiar; características, propiedades y rasgos importantes de cualquier fenómeno, describe tendencias de un grupo o población y no se limita a la recolección de datos, sino predice e identifica relaciones que existen entre dos o más variables (Sampieri et al., 2010).

## 3. 3 Métodos de investigación

Los métodos de investigación aplicados en este trabajo fueron; observación y cuantitativo. Se aplicó el método de observación durante el levantamiento del inventario forestal en el año 2018, donde se reconoció los árboles marcados y etiquetados, además se ingresó nuevos individuos, resultado de los procesos de sucesión en los bosques. En cuanto al método cuantitativo corresponde a la toma de datos de DAP, altura total y comercial, estado fitosanitario de los árboles y en hojas de campos con los datos del establecimiento de las parcelas permanente donde se realizó la primera toma de datos en los años 2012y 2015, este tipo de método de investigación cuantitativa se usan principalmente para comparar datos con orientación numérica. El rigor científico de estos métodos se fundamenta en la fiabilidad y la validez de los datos y el análisis de datos numéricos comprende: (1) la estadística descriptiva básica, (2) la estadística inferencial (paramétrica o no paramétrica), mediante procedimientos de colección de datos cualitativos como la observación cualitativo, que corresponde cuando el investigador toma notas de campo sobre el comportamiento y

actividades de los individuos en el sitio de investigación (Halcomb & Hickman, 2015; Mann, 2013).

## 3. 4 Metodología para la caracterización de la composición y estructura de las familias botánicas en estudio.

Composición florística se define como el conjunto de plantas de diferentes especies que conforman un tipo de formación vegetal natural o plantada. La diversidad en la composición florística es influenciada por factores como: clima (temperatura, vientos, humedad ambiental y radiación), suelo (con sus características físicas, químicas y microbiológicas) y el sistema orográfico (Aguirre & Aguirre, 1999). Para determinar la composición florística de las familias en mención, se realizó Tablas dinámicas que determinan el número de; familias, géneros y especie presentes en el área de estudio. En este estudio se analizó la composición florística de tres familias específicas en función de la gradiente altitudinal. La composición florística como la estructura fue estudiada en las 20 parcelas en árboles con diámetros ≥ 10 cm. medido a 1,3 m del suelo.

Para analizar la composición según las gradientes altitudinales establecidas para el estudio se realizó el análisis de Clúster (Dendrograma jerárquico, Figura 12) a partir de las medidas de Bray-Curtis con un 50% de similitud en la abundancia de especies, con el fin de dividir un sistema multidimensional en compartimientos o celdas, en las que se ubican los puntos que presentan mayor similitud entre sí, es decir agrupamientos de muestras o de especies que tienen propiedades en común tales como la distribución de la abundancia, habito de crecimiento, demanda de variables ambientales y edáficas, entre otros (Matteucci & Colma,1982). Los sitios con mayor similitud son combinados para formar un solo Clúster; el análisis prosigue agrupando sucesivamente los sitios similares hasta construir un Clúster o dendrograma completo (Gallegos, 2009). Así las muestras que se unen en un Clúster tienen mayor similitud entre sí que las correspondientes a otros Clústeres (Magurran 2004). Para el análisis de conglomerados jerárquico se realizará mediante la medida de similitud de Bray-Curtis.

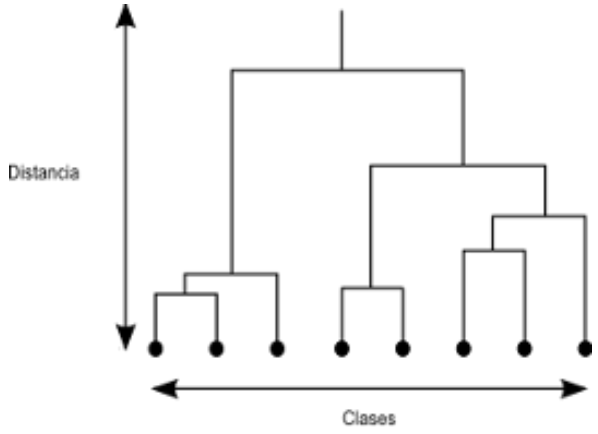



**Figura 12**. Conglomerados jerárquicos de similitud Fuente: Gallegos, 2009.

La estructura de un bosque corresponde a las relaciones morfológicas y espaciales que existen entre los elementos bióticos y abióticos que la componen (Burne et al. 2003). Por lo que la estructura observada en cada situación particular es la mejor respuesta del ecosistema a sus propias características (Valerio, 1997). El estudio de la estructura de un bosque comprende, los estudios sobre la estructura horizontal y vertical.

La estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente, para caracterizar este tipo de estructura se analizó; densidad, frecuencia, dominancia, índice de valor de importancia ecológica (IVI), distribución de las clases dimétrica y coeficiente de mezcla, según la metodología de Finol (1971) y Aguirre (1999) mediante las siguientes ecuaciones;

a) **Índice de valor de importancia (IVI).** Este índice interpreta a las especies que están mejor adaptadas, ya sea porque son dominantes, muy abundantes o están mejor distribuidas (Ríos, 2008). Las especies que tienen el IVI más alto significa entre otras cosas que es dominante ecológicamente: que absorbe muchos nutrientes, que ocupa mayor espacio físico, que controla en un porcentaje alto la energía que llega a este sistema (Aguirre & Aguirre, 1999). Se determinó mediante la siguiente expresión;

$$\mathbf{IVI = DR + FR + DmR/3} \quad (1)$$

Donde; IVI = Índice de valor de importancia ecológica, DR= Densidad relativa, FR= Frecuencia relativa, DmR= Dominancia relativa

$$Densidad\ relativa\ (DR) = \frac{Número\ de\ individuos\ por\ especie}{Número\ total\ de\ individuos}\ x\ 100 \qquad (2)$$

$$Frecuencia\ rela\ tiva\ (FR) = \frac{Número\ de\ parcelas\ en\ la\ que\ está\ la\ especie}{Sumatoria\ de\ las\ frecuencias\ de\ todas\ las\ especies}\ x\ 100 \qquad (3)$$

$$Dominancia\ relativa\ (DmR) = \frac{Área\ basal\ de\ la\ especie}{Área\ basal\ de\ todas\ las\ especies}\ x\ 100 \qquad (4)$$

b) **Estructura o distribución diamétrica.** Se graficará histogramas de frecuencias (Figura 13) de los individuos, considerando el número de árboles/hectáreas y las clases diamétricas, lo que permitió observar la dinámica en cuanto número de individuos en relación a su DAP (Aguirre, 2013). Para ello se procedió a calcular el intervalo de clases = DAP máximo – DAP mínimo / Número de clases deseadas para trabajar, y la clase diamétricas se estableció de la siguiente manera; clase diamétrica 1 = dap mínimo + intervalo de clase, clase diamétrica 2 = clase diamétrica 1 + intervalo de clase, clase diamétrica n = clase diamétrica n-1 + intervalo de clase.

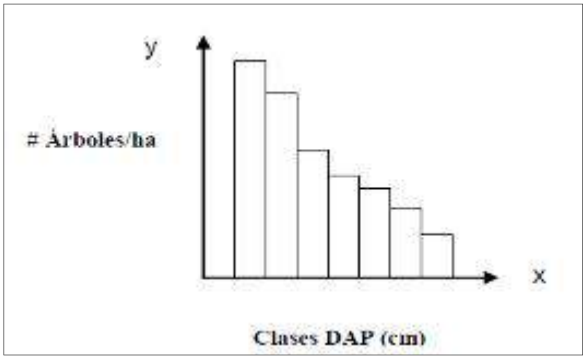



**Figura 13**. Estructura diamétrica de un bosque nativo. Fuente: Aguirre, 2013.

c) **Coeficiente de mezcla** se calculó dividiendo el número de especies entre el número de individuos, este indica la homogeneidad o heterogeneidad de la composición florística del área evaluada y permite conocer cómo se distribuyen los individuos de las distintas especies dentro del bosque. Cuanto más grande es el denominador, el bosque es más homogéneo o viceversa.

$$\mathbf{CM} = \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{S}} \qquad (5)$$

Dónde: CM= coeficiente de mezcla, N= Número de individuos totales, S= Número de especies

La estructura vertical se refiere a la disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos de la comunidad vegetal. Esta estructura responde a las características de las especies que lo componen y las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil. Esta se debe en gran parte a los efectos producidos por la luz y aumento de la humedad hacia abajo y describe el estado sucesional en que se encuentra cada especie. De este análisis surge una aproximación sobre cuáles son las especies más promisorias para conformar la estructura forestal en términos dinámicos. Para caracterizar la estructura vertical se determinó la posición sociológica (PS) y estratificación de alturas, según la metodología de Finol (1976) y López & Godínez (2002), mediante la siguiente fórmula;

a) **Posición sociológica**, es una expresión de la distribución vertical de las especies, permite conocer la composición florística de los distintos subestratos de la vegetación, y del papel que juegan las diferentes especies en cada uno de ellos (Hosokawa, 1986). Generalmente se distinguen tres: superior, medio e inferior. Una especie tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque cuando se encuentra representada en todos los subestratos, por el contrario, será dudosa su presencia en la etapa climáxica si se encuentran solamente en el subestrato superior o superior y/o medio, a excepción de aquellas que por sus características propias no pasan del piso inferior (Acosta, 2006).

$$\boldsymbol{PSr} = \frac{\boldsymbol{PSa}}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{PSa}} \qquad (6)$$

Dónde: **(VF=n/N)**, siendo: VF= Valor Fitosociológico del subestrato; n= número de individuos del sub-estrato; N= número total de individuos de todas las especies. **PSa= VF(i)*n(i)+VF(m)*n(m)+VF(s)*n(s),** siendo PSa= Posición sociológica absoluta, VF= Valor fitosociológico del sub-estrato, n= número de individuos de cada especie, i: inferior; m: medio; s: superior

b) **Estratificación de altura.** Se estratificó los árboles del bosque considerando las alturas registradas en tres categorías según los criterios de (López & Godínez, 2002).

**Estratificación vertical= estrato inferior + estrato medio + estrato superior**

Dónde: estrato inferior comprende los árboles menores o iguales a 10

metros de altura, estrato medio comprende los árboles mayores a 10,1 metros y menor o igual a 20 metros de altura, estrato superior comprende los árboles mayores a 20,1 metros de altura.

## 3. 5 Metodología para el análisis de la diversidad alfa y beta de las familias botánicas en estudio.

La diversidad florística de una comunidad vegetal está relacionada con el número de individuos por hectárea, número de especies por muestra y número de familias por muestra, sin embargo, la biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas, para ello las especies, en general, se distribuyen según jerarquías de abundancias, desde algunas especies muy abundantes hasta algunas muy raras. Por lo que cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad (Marcelo et al., 2007).

Los métodos más utilizados para evaluar la diversidad de especies comprenden; el análisis dentro de una comunidad (alfa) o comparando varias comunidades (beta). El análisis de la diversidad alfa se describe mediante dos métodos; el primero basado en la cuantificación del número de especies presentes y el segundo basado en la estructura de la comunidad. En el presente estudio se analizó la diversidad alfa y beta con el uso del software Biodiversity Professional y PAST V4.4. Para la diversidad alfa se calculó los índices; Riqueza de especies, Margalet, Chao 2, Jaccknife de 2do orden, equidad de Shannon-Wiener, dominancia de Simpson mediante las siguientes fórmulas;

a) **Índice de Margalef**, indica la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados. Valores por debajo de 2 suelen hacer referencia a ecosistemas con poca biodiversidad (antropizados) y superiores a 5 son mucha biodiversidad.

$$\boldsymbol{Dmg = \frac{S-1}{LnN}} \quad (7)$$

Dónde: Dmg = índice de Maraglef, S= número de especies y N = número total de individuos

b) **Índice de Shannon-Wiener**, estudia la equidad de la comunidad y expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la

muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Valores de 0 – 0,33 indican una diversidad baja, valores de 0,34 – 0,66 indican diversidad es media y valores superiores a 0.67 indican diversidad es alta (Aguirre, 2013).

$$H' = -Pi * \ln Pi \quad (8)$$

Donde: H'= Índice de Shannon-Wiener, Pi= Abundancia relativa, Ln= Logaritmo natural.

c) **Índice de Simpson**, estudia la dominancia de la comunidad y manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). Valores de 0 – 1,35 indican una diversidad baja, valores de 1,36 – 3,5 indican diversidad es media y valores superiores a 3,5 indican diversidad es alta (Aguirre, 2013).

$$D = 1/s\ (Pi)^2 \quad (9)$$

Donde; D= índice de Simpson, 1/s= Probabilidad que individuos al azar de una población provenga de la misma especie, Pi = Proporción de individuos pertenecientes a la misma especie.

d) **Índice de Chao 2**, determina el número de especies en una sola muestra (especies únicas). Algunos autores consideran que este índice provee el estimador menos sesgado para muestras pequeñas (Chao, 1984; Chao & Lee, 1992).

$$Chao\ 2 = \frac{S + L^2}{M} \quad (8)$$

Dónde: Chao2 = índice de Chao de segundo orden, S= número total de especies de la muestra, L= número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies "únicas"), M= número de especies que ocurren en exactamente dos muestras

e) **Índice de Jaccknife de segundo orden**, se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra, así como el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

$$Jack\ 2 = S + \frac{L\ (2m - 3)}{m} - \frac{M(m - 2)^2}{M(m - 1)} \quad (9)$$

Dónde: Jack2 = índice de Jaccknife de segundo orden, S=número total de especies de la muestra, L= número de especies que ocurren solamente en

una muestra (especies “únicas”), M= número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de describir la biodiversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001).

**S = Número total de especies de una comunidad**

Dónde: S = Riqueza de especies

El análisis de la diversidad beta comprende el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972), puede ser medida en función del número de especies, basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988), que se pueden evaluar con base en índices o coeficientes de similitud, y disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia – ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie) (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984). En esta investigación se analizó la diversidad beta mediante índices de similitud de; Sorensen y Jaccard, mediante las siguientes fórmulas;

a) **Índice de Sorensen** relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios.

$$\mathbf{I_s = \frac{2c}{a+b}} \quad (10)$$

Dónde: $I_s$= Índice de Sorense, a= número de especies presentes en el sitio A, b= número de especies presentes en el sitio B, c= número de especies presentes en ambos sitios A y B

b) **Índice de similitud de Jaccard**; es básicamente lo inverso al índice de Sørensen, se logra ver la proporción de especies presentes en una comunidad y no en otras (Polo, 2008). El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

$$\mathbf{I_j = \frac{c}{a+b-c}} \quad (13)$$

Dónde: $I_j$= Índice de Jaccard, a= número de especies presentes en el sitio A, b= número de especies presentes en el sitio B, c= número de especies presentes en ambos sitios A y B.

## 3. 6 Metodología para determinar la biomasa sobre el suelo de las familias botánicas en estudio.

Las proporciones entre medidas de varios órganos de los árboles obedecen a una regla que es la misma para todos los árboles que viven en las mismas condiciones, desde el más pequeño al más grande, para la altura y diámetro, entre tamaño de la copa del árbol y el diámetro, entre la biomasa y el diámetro (King, 1996; Archibald & Bond, 2003; Bohlman, 2006); Dietze et al., 2008). Se trata del principio básico de la alometría que permite predecir una medida de un árbol (lo típico es su biomasa) en función de otra medida (por ejemplo, su diámetro). Una ecuación alométrica es una fórmula que formaliza de forma cuantitativa dicha relación. Los valores de la biomasa aérea (BSS) se calcularán por hectárea para cada familia en estudio. Para comparar entre el número tallos (individuos) y la cantidad de BSS según la clase diamétrica, se extrapolará la densidad media de tallos por hectárea en una elevación específica (gradiente). Para estimar el stock de carbono en el componente aéreo o biomasa sobre el suelo (BSS) se utilizó una ecuación alométrica, aplicada a las mediciones de los árboles y generada para las condiciones de Bosque húmedo tropical mediante la metodología de (Chave et al., 2005).

$$BSS = (p * \exp(-1.499 + (2.148 * \ln(D)) + (0.207 * \ln(D)2) - (0.0281 * \ln(D)3)) * 0.001 \quad (11)$$

Donde: BSS = Biomasa sobre el suelo (árbol), p = es la densidad de Madera (g/cm3),
D = es el diámetro a la altura del pecho (cm).

Para el valor "*p*" (densidad de la madera), se utilizó Tabla de valores de especies para América del Sur tropical según (Chave; et al., 2005) y se utilizó 0,614 g/ $cm^3$ según Chave et al.2006, para las especies que no está definida la densidad a nivel de especie. Considerando que el carbono almacenado corresponde al total de carbono contenido en la biomasa y se genera cuando en un tiempo el $CO_2$ se encuentra constituyendo la estructura del árbol hasta que es expulsado a la atmósfera o al suelo, se estimará el carbono almacenado de las familias y especie que contribuyan mayormente con BSS. Se calculó una vez estimado los valores promedios de la biomasa aérea (Mg $ha^{-1}$) y se multiplicará por 0,5 considerando la metodología de (Pearson & Brown, 2005), en la que se asume que el 50% del peso seco de biomasa es carbono. Además, se calculará el Índice de valor de biomasa (IVB) según la metodología de Torres et al. (2020);

$$IVB = \frac{N + AB + BSS}{3} \quad (12)$$

Donde; N= densidad relativa, AB = área basal relativa, BSS biomasa relativa sobre el suelo.

## 3. 7 Análisis estadísticos

Para el análisis de los datos se realizó la prueba de normalidad, mediante el software estadístico SPSS v. 22, los resultados mostraron que la distribución de los datos fue libre (no presuponen una distribución de probabilidad), por lo que se procedió a utilizar pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis puesto que permite analizar varias muestras independientes mediante hipótesis planteadas, se determinó diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

# CAPÍTULO 4. RESULTADOS

## 4. 1 Composición de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal.

El inventario forestal de las parcelas permanentes establecidas en el CIPCA – UEA, en Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, se registró un total de 1377 árboles con DAP ≥ 10 cm representados en 49 familias botánicas, 120 géneros, 180 especies, con 21.27 cm de DAP promedio. La familia Fabaceae registró mayor riqueza de especies (18) y géneros arbóreos (15) (Anexos 10, 11 y 12), estos resultados concuerdan con Neill (1989) quien manifiesta que la familia Fabaceae se considera la cuarta familia más diversa en la flora ecuatoriana con 541 especies nativas de las cuales 56 son endémicas (10%), con diferentes patrones de distribución y abundancia. Sin embargo, la familia más abundante en esta investigación fue Myristicaceae con 102 individuos, representados en dos géneros y seis especies, lo que demuestra que esta familia es muy abundante en los bosques amazónicos, estos resultados concuerdan con los criterios de Schultes & Holmstedt (1971) y Smith (1937) que manifiestan que las Myristicaceae es una de las familias más representativas, tanto en número de especies, como en abundancia de individuos; por eso está considerada uno de los más importantes elementos de la flora arbórea tropical. Para la familia Urticaceae se registró un total de 92 individuos presentados en cuatro géneros y 11 especies arbóreas (Tabla 10). La composición florística (géneros y especies) de las tres familias varía a lo largo de la gradiente, sin embargo, no muestra diferencias significativas entre las familias estudiadas.

**Tabla 10.** Composición florística de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en parcelas permanentes de Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

| Gradiente altitudinal | Familias | No. Familias | No. Géneros | No. Especies | No. Individuos | DAP (prom) | AB (prom) | VOL (prom) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **601 - 700 msnm** | Fabaceae | | 4 | 4 | 18 | 22.67 | 0.052 | 0.737 |
| | Myristicaceae | | 2 | 3 | 15 | 27.56 | 0.080 | 1.166 |
| | Urticaceae | | 2 | 4 | 17 | 25.74 | 0.059 | 0.740 |
| | Inventario forestal | 33 | 59 | 66 | 287 | 22.28 | 0.051 | 0.599 |
| **701 - 800 msnm** | Fabaceae | | 10 | 8 | 30 | 24.44 | 0.063 | 1.388 |
| | Myristicaceae | | 2 | 5 | 21 | 17.80 | 0.027 | 0.392 |
| | Urticaceae | | 4 | 9 | 32 | 26.39 | 0.066 | 1.321 |
| | Inventario forestal | 36 | 70 | 85 | 338 | 22.05 | 0.050 | 0.989 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **801 - 900 msnm** | Fabaceae | | 4 | 4 | 17 | 24.69 | 0.071 | 1.638 |
| | Myristicaceae | | 2 | 2 | 33 | 26.34 | 0.070 | 1.486 |
| | Urticaceae | | 2 | 3 | 22 | 21.18 | 0.041 | 0.728 |
| | Inventario forestal | 35 | 64 | 69 | 385 | 20.59 | 0.045 | 0.899 |
| **901 - 1000 msnm** | Fabaceae | | 9 | 7 | 31 | 25.55 | 0.075 | 1.497 |
| | Myristicaceae | | 2 | 2 | 33 | 22.62 | 0.047 | 0.854 |
| | Urticaceae | | 2 | 8 | 21 | 19.09 | 0.034 | 0.579 |
| | Inventario forestal | 34 | 73 | 93 | 366 | 20.47 | 0.043 | 0.729 |
| **601 -1000 msnm** | Fabaceae | | 15 | 18 | 96 | 24.51 | 0.066 | 1.346 |
| | Myristicaceae | | 2 | 6 | 102 | 23.56 | 0.055 | 1.009 |
| | Urticaceae | | 4 | 11 | 92 | 23.36 | 0.051 | 0.903 |
| | Inventario forestal | 49 | 130 | 180 | 1377 | 21.27 | 0.047 | 0.813 |

La Figura 14, muestra el número de individuos de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae, a lo largo de la gradiente altitudinal (601 – 1000 msnm), donde se observa que ninguna familia presentó un patrón de distribución y abundancia de sus individuos. Las gradientes; 701 – 800 y 901 – 1000nsnm, registraron mayor número de individuos y la gradiente 601 – 700 msnm registró menor número de individuos en las tres familias. Estos resultados se justifican en que la composición florística depende en principio de las características del sitio donde se desarrollan las especies vegetales, van a estar aquellas especies cuyos requerimientos en cuanto a condiciones y recursos sean satisfechos.

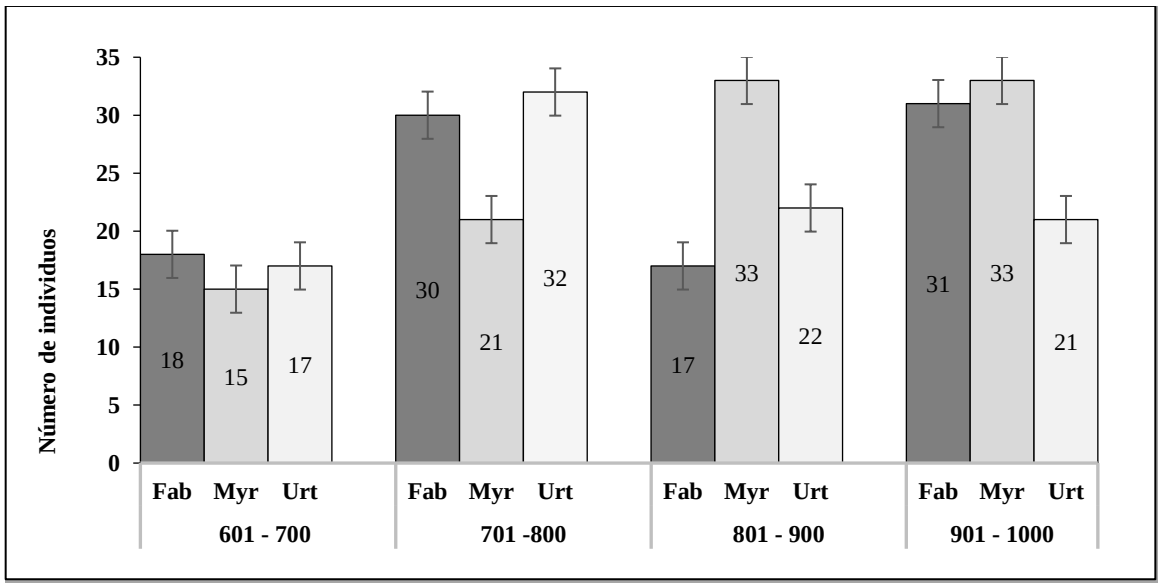



**Figura 14**. Número de individuos de las familias Fabaceae (Fab), Myristicaceae (Myr) y Urticaceae (Urt) en función de la gradiente altitudinal.

La especie que presentó mayor número de individuos para la familia Fabaceae fue *Inga* sp. con 41 individuos (42.71%), las demás especies reportaron individuos menores a 10. En las Myrisiticaceae la especie con mayor número de individuos fue *Otoba glycycarpa* con 50 individuos (49.02%), seguida de *Virola* sp. con 26 individuos (25.49%) esta familia la conforman pocos géneros, de distribución Neotropical y se caracteriza por ser abundante en bosques amazónicos. La familia Urticaceae también reconocida como una familia abundante de amplia distribución mundial y reconocida por los guarumos, la especies con mayor número de individuos fue *Cecropia sciadohylla* con 33 individuos (35.87%), seguida de *Pouroma minor* con 19 individuos (20.65%) (Figura 15).

Los dendrogramas jerárquicos obtenidos a partir de las medidas de Bray-Curtis, con un 50% de similitud en la abundancia de especies, permitió la identificación de tres grupos ecológicos dentro del bosque siempreverde para cada familia estudiada (Figura 16, 17 y 18), lo que se observa que no se marca ningún patrón específico en los análisis de cada familia y no se estable una relación directa ni proporcional en aumento o disminución de la riqueza, abundancia de especies a medida que incrementa la gradiente altitudinal. En las familias Fabaceae y Urticaceae a medida que aumentó la elevación, la composición florística del bosque cambió gradualmente donde aparecieron y desaparecieron géneros y especies. Esta variación de las familias estudiadas se justifica con las investigaciones de Gentry (1988) y Lieberman et al., (1996) donde considera que la riqueza de especies neotropicales varía en función de cuatro gradientes ambientales; precipitación, suelos, altitudinal y latitudinal. Con respeto a la gradiente altitudinal en bosque tropicales se observan cambios estructurales como el recambio / reemplazo de especies formándose nichos ecológicos y determinándose especies especialistas como *Otoba parvifolia* que presento solo en la gradiente de 601 – 700 msnm.

En la familia Fabaceae (Figura 16) la gradiente altitudinal 801 – 900 msnm conformó el primer grupo (su composición presentó especies únicas). Las gradientes 701 -800 y 901 - 1000 estuvo representadas por la mayoría de las especies presentes para esta familia, formando el segundo grupo y el tercer grupo estuvo formado por la gradiente menor de 601 – 700 msnm representadas por especies poco comunes.

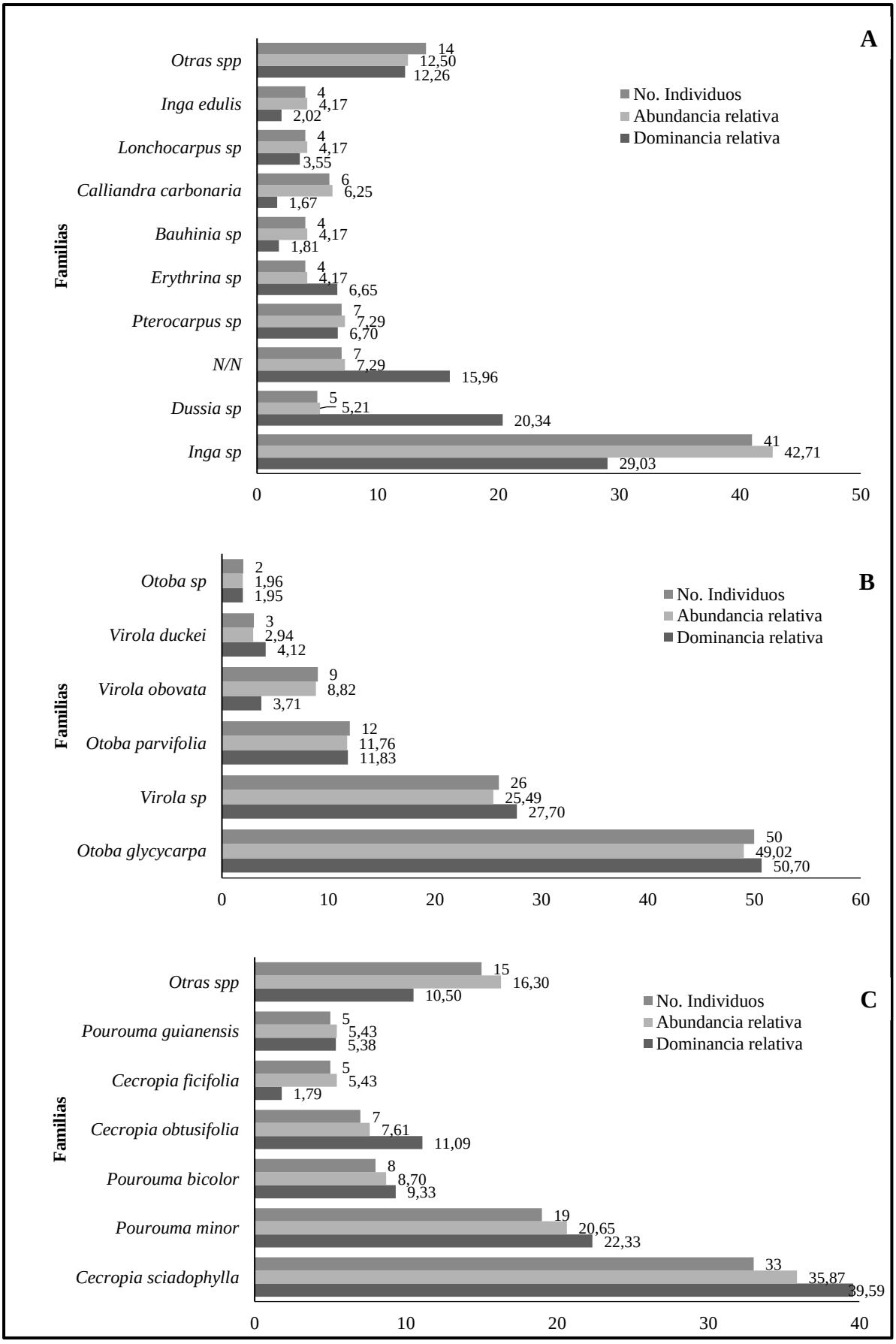



**Figura 15**. Número de individuos, abundancia y dominancia de las especies de las familias Fabaceae (A,) Myristicaceae (B) y Urticaceae (C) en función de la gradiente altitudinal.

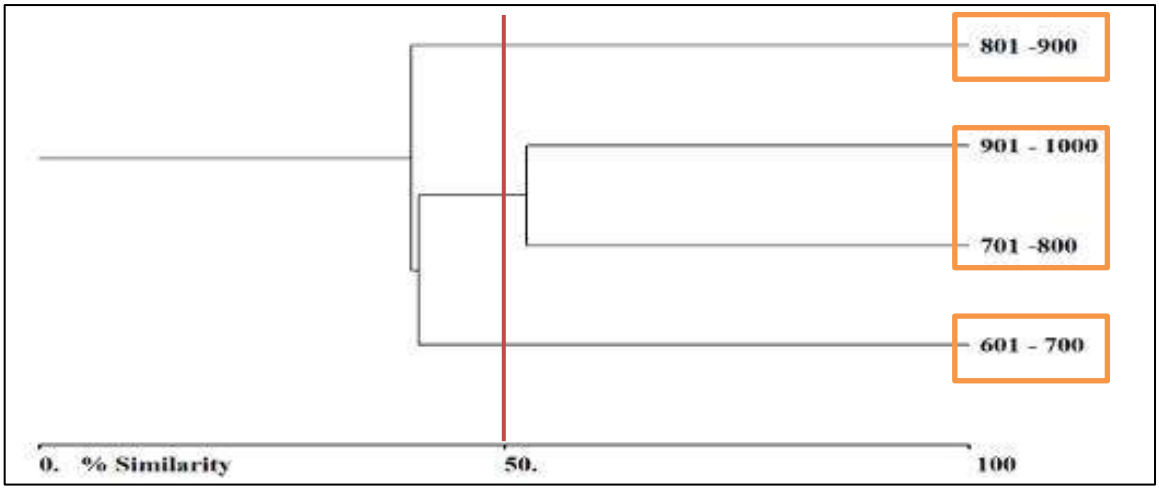



**Figura 16**. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies y gradientes altitudinales de la familia Fabaceae

En la familia Myristicaceae (Figura 17) la gradiente altitudinal 801 – 900 y 901- 1000 msnm conformó el primer grupo (dominada por *O. glycycarpa*) estas presentaron mayor número de individuos. La gradiente 701 -800 msnm formó el segundo grupo y estuvo representada por cinco de las seis especies que conforman esta familia, es decir el grupo con mayor riqueza en especie. El tercer grupo estuvo formado por la gradiente menor de 601 – 700 msnm representadas por especies poco comunes en especial *O. parvifolia*. Que solo se registró para esta altitud.

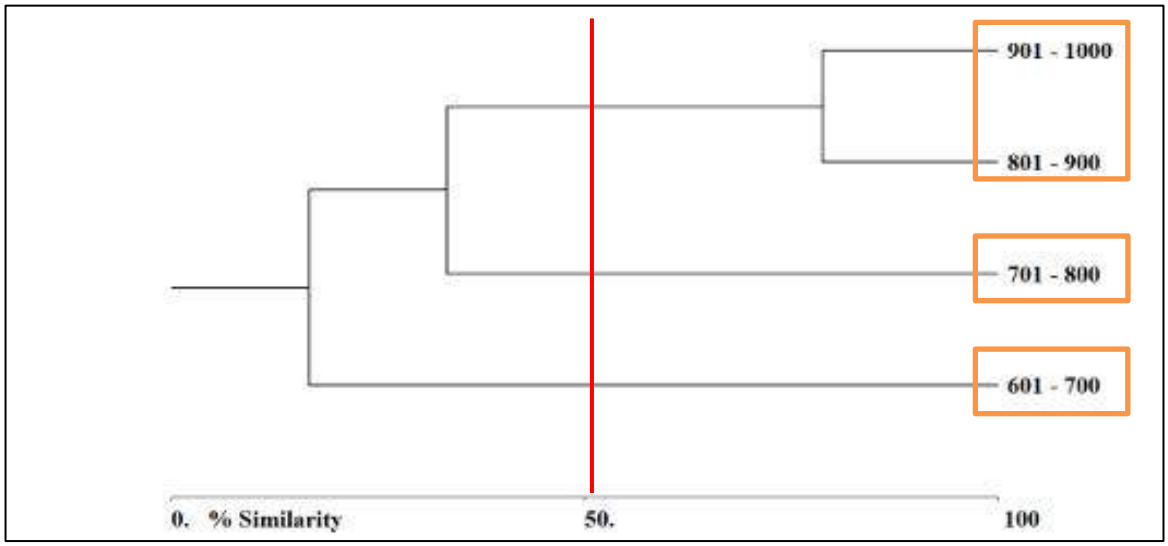



**Figura 17**. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies y gradientes altitudinales de la familia Myristicaceae

En la familia Urticaceae (Figura 18) la gradiente altitudinal 901- 1000 msnm conformó el primer grupo (de mayor riqueza en especies). Las gradientes 701 -800 y 801 - 900 msnm formaron el segundo grupo (dominada por *Cecropia sciadophylla*). El tercer grupo estuvo formado por la gradiente menor de 601 – 700 msnm representadas por especies poco comunes.

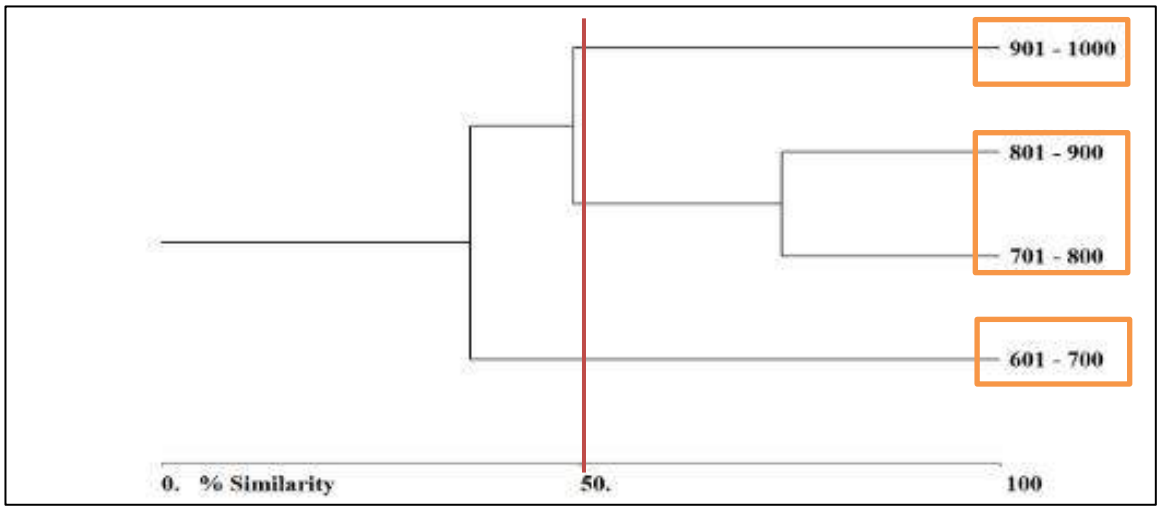
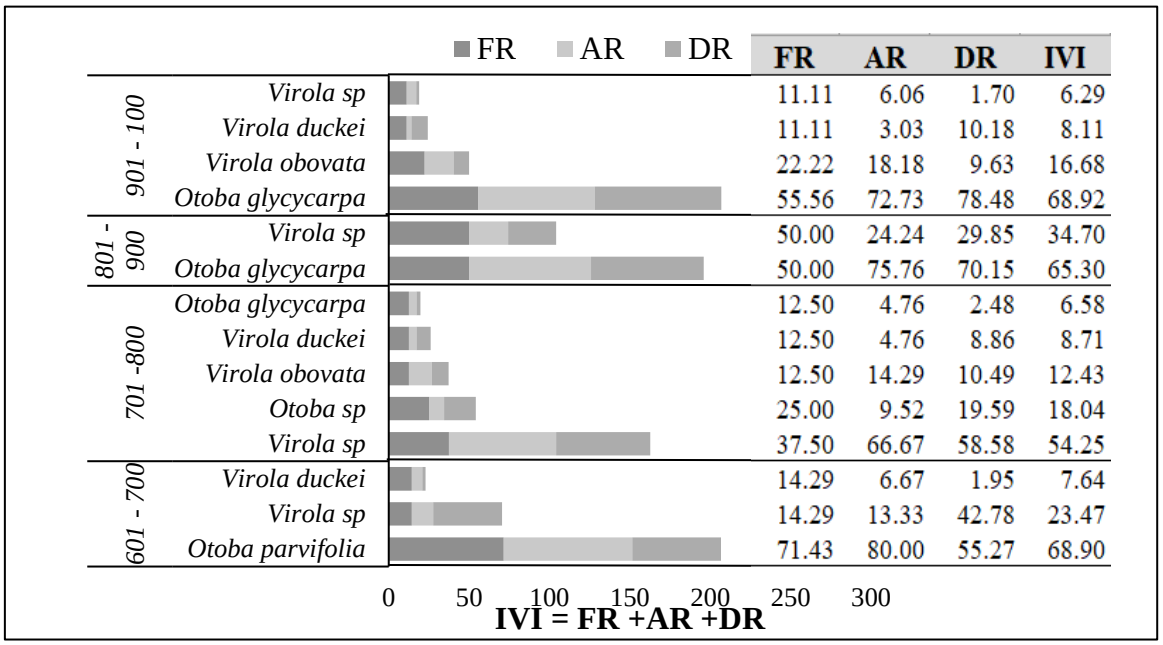



**Figura 18**. Dendrograma jerárquico (método de Bray-Curtis) de agrupamiento de las parcelas según la composición de las especies y gradientes altitudinales de la familia Urticaceae.

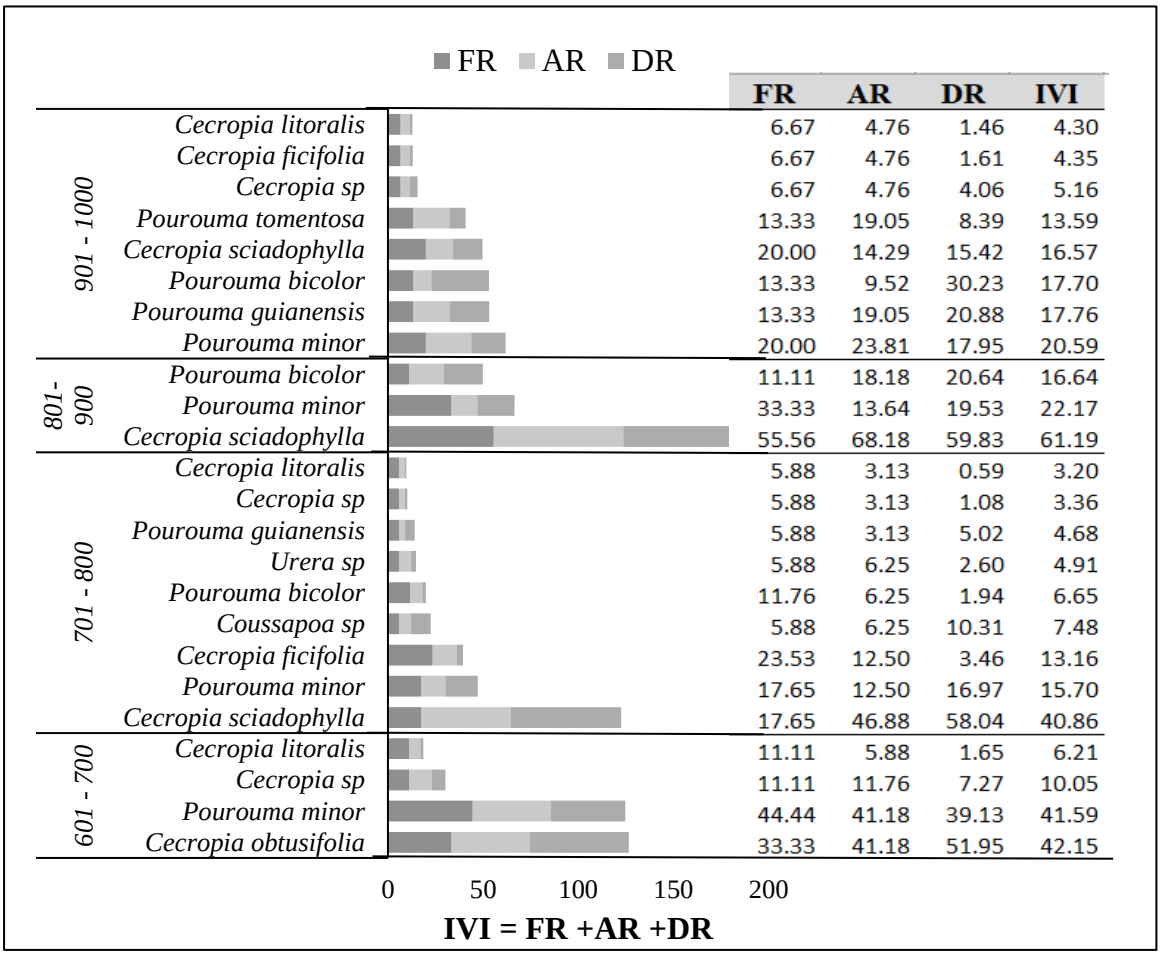
## 4. 2 Estructura de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal.

El índice de valor de importancia ecológico calculado, a nivel de especies en función de la gradiente altitudinal se caracterizó heterogénea para tres familias estudiadas (Anexo 7, 8 y 9). En la familia Myristicaceae las especies con mayores pesos ecológicos varían según la gradiente altitudinal con valores de IVI mayores al 50%. En la gradiente de 601 – 700 msnm la especie de mayor importancia fue *O. parvifolia* con un IVI de 68.90%, está pendiente solo estuvo representada por tres especies de la familia Miristicaceae. En la gradiente 701 – 800 msnm *Virola* sp. fue la de mayor IVI con 54.25% esta gradiente estuvo representada por cinco especies. A partir de los 801 msnm *O. glycycarpa* obtuvo mayor peso ecológico con 65.30 y 68.92 % de IVI en las gradientes 801 -900 y 901 – 1000 msnm respectivamente (Figura 19).




| | | FR | AR | DR | IVI |
|---|---|---|---|---|---|
| 901 - 100 | *Virola sp* | 11.11 | 6.06 | 1.70 | 6.29 |
| | *Virola duckei* | 11.11 | 3.03 | 10.18 | 8.11 |
| | *Virola obovata* | 22.22 | 18.18 | 9.63 | 16.68 |
| | *Otoba glycycarpa* | 55.56 | 72.73 | 78.48 | 68.92 |
| 801 - 900 | *Virola sp* | 50.00 | 24.24 | 29.85 | 34.70 |
| | *Otoba glycycarpa* | 50.00 | 75.76 | 70.15 | 65.30 |
| 701 -800 | *Otoba glycycarpa* | 12.50 | 4.76 | 2.48 | 6.58 |
| | *Virola duckei* | 12.50 | 4.76 | 8.86 | 8.71 |
| | *Virola obovata* | 12.50 | 14.29 | 10.49 | 12.43 |
| | *Otoba sp* | 25.00 | 9.52 | 19.59 | 18.04 |
| | *Virola sp* | 37.50 | 66.67 | 58.58 | 54.25 |
| 601 - 700 | *Virola duckei* | 14.29 | 6.67 | 1.95 | 7.64 |
| | *Virola sp* | 14.29 | 13.33 | 42.78 | 23.47 |
| | *Otoba parvifolia* | 71.43 | 80.00 | 55.27 | 68.90 |

**Figura 19**. Índice de valor de importancia ecológica de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal.

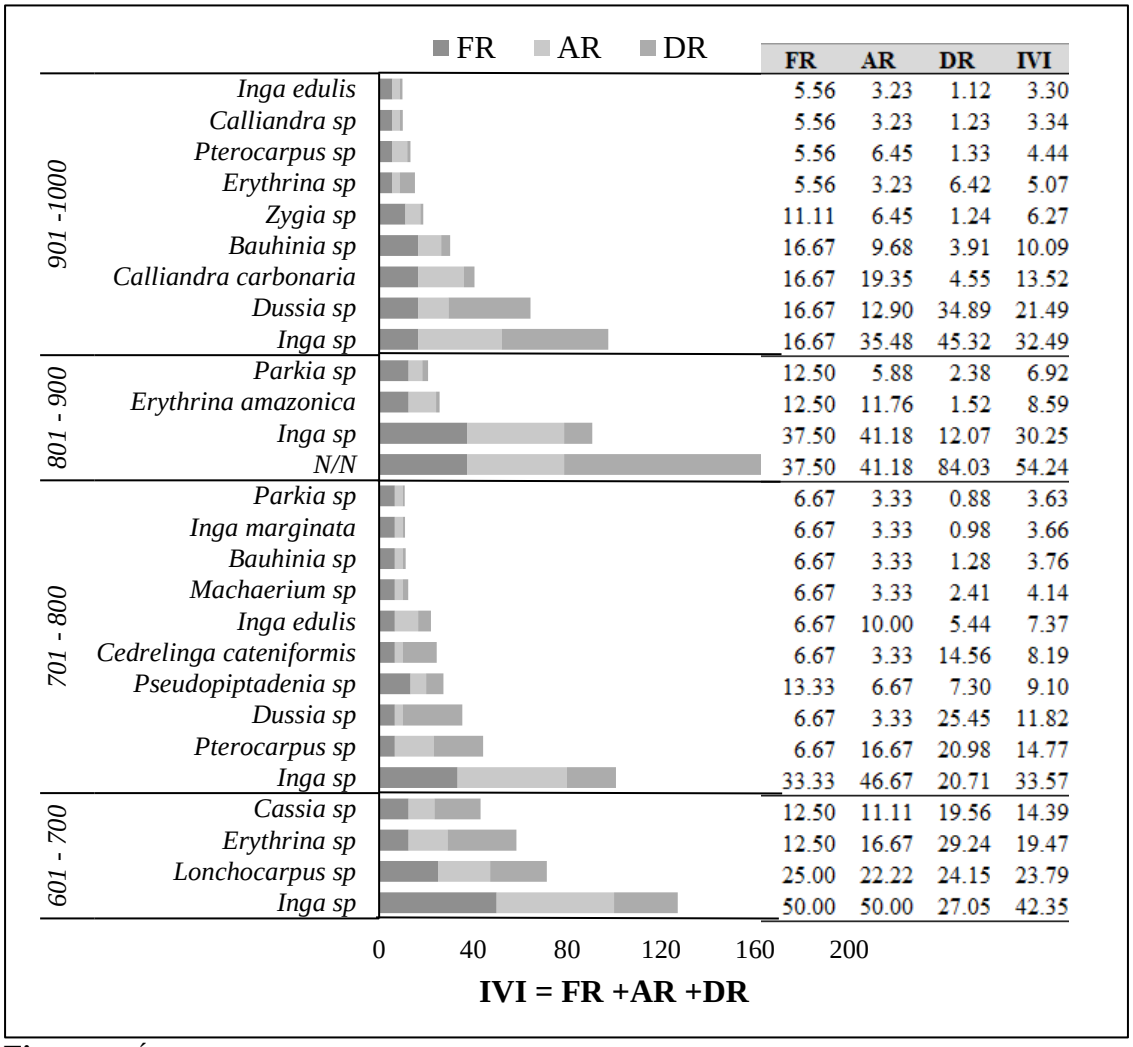



| | | FR | AR | DR | IVI |
|---|---|---|---|---|---|
| 901 - 1000 | *Cecropia litoralis* | 6.67 | 4.76 | 1.46 | 4.30 |
| | *Cecropia ficifolia* | 6.67 | 4.76 | 1.61 | 4.35 |
| | *Cecropia sp* | 6.67 | 4.76 | 4.06 | 5.16 |
| | *Pourouma tomentosa* | 13.33 | 19.05 | 8.39 | 13.59 |
| | *Cecropia sciadophylla* | 20.00 | 14.29 | 15.42 | 16.57 |
| | *Pourouma bicolor* | 13.33 | 9.52 | 30.23 | 17.70 |
| | *Pourouma guianensis* | 13.33 | 19.05 | 20.88 | 17.76 |
| | *Pourouma minor* | 20.00 | 23.81 | 17.95 | 20.59 |
| 801- 900 | *Pourouma bicolor* | 11.11 | 18.18 | 20.64 | 16.64 |
| | *Pourouma minor* | 33.33 | 13.64 | 19.53 | 22.17 |
| | *Cecropia sciadophylla* | 55.56 | 68.18 | 59.83 | 61.19 |
| 701 - 800 | *Cecropia litoralis* | 5.88 | 3.13 | 0.59 | 3.20 |
| | *Cecropia sp* | 5.88 | 3.13 | 1.08 | 3.36 |
| | *Pourouma guianensis* | 5.88 | 3.13 | 5.02 | 4.68 |
| | *Urera sp* | 5.88 | 6.25 | 2.60 | 4.91 |
| | *Pourouma bicolor* | 11.76 | 6.25 | 1.94 | 6.65 |
| | *Coussapoa sp* | 5.88 | 6.25 | 10.31 | 7.48 |
| | *Cecropia ficifolia* | 23.53 | 12.50 | 3.46 | 13.16 |
| | *Pourouma minor* | 17.65 | 12.50 | 16.97 | 15.70 |
| | *Cecropia sciadophylla* | 17.65 | 46.88 | 58.04 | 40.86 |
| 601 - 700 | *Cecropia litoralis* | 11.11 | 5.88 | 1.65 | 6.21 |
| | *Cecropia sp* | 11.11 | 11.76 | 7.27 | 10.05 |
| | *Pourouma minor* | 44.44 | 41.18 | 39.13 | 41.59 |
| | *Cecropia obtusifolia* | 33.33 | 41.18 | 51.95 | 42.15 |

**Figura 20**. Índice de valor de importancia ecológica de la familia Urticaceae en función de la gradiente altitudinal

En la Figura 20 se muestra el IVI de la familia Urticaceae, donde también se puede observar la heterogeneidad de la familia. Las especies con mayor peso ecológico fueron; *C. obtusifolia* con un IVI de 42.15% en la gradiente 601 – 700 msnm. La especie *C. sciadophylla* se mostró con mayor peso ecológico en las gradientes; 701 – 800 y 801 – 900 msnm con un IVI de 40.86% y 61.19 % respectivamente. En la gradiente 901 – 1000 msnm *P. minor* fue la especie con mayor peso ecológico con 20.59% de IVI, además, se puede observar la riqueza y rareza de especies, es decir solo están presente en esta gradiente (*P. tomentosa y P. guianensis*).

La especie *Inga* sp. resultó con mayor peso ecológico para la familia Fabaceae a lo largo de toda la gradiente (601 – 1000 msnm) con valores mayores al 30% del valor de importancia, por su alta frecuencia y fundamentalmente, por su elevada abundancia a lo largo de la gradiente (Figura 21).




| | | FR | AR | DR | IVI |
|---|---|---|---|---|---|
| 901 -1000 | *Inga edulis* | 5.56 | 3.23 | 1.12 | 3.30 |
| | *Calliandra sp* | 5.56 | 3.23 | 1.23 | 3.34 |
| | *Pterocarpus sp* | 5.56 | 6.45 | 1.33 | 4.44 |
| | *Erythrina sp* | 5.56 | 3.23 | 6.42 | 5.07 |
| | *Zygia sp* | 11.11 | 6.45 | 1.24 | 6.27 |
| | *Bauhinia sp* | 16.67 | 9.68 | 3.91 | 10.09 |
| | *Calliandra carbonaria* | 16.67 | 19.35 | 4.55 | 13.52 |
| | *Dussia sp* | 16.67 | 12.90 | 34.89 | 21.49 |
| | *Inga sp* | 16.67 | 35.48 | 45.32 | 32.49 |
| 801 - 900 | *Parkia sp* | 12.50 | 5.88 | 2.38 | 6.92 |
| | *Erythrina amazonica* | 12.50 | 11.76 | 1.52 | 8.59 |
| | *Inga sp* | 37.50 | 41.18 | 12.07 | 30.25 |
| | *N/N* | 37.50 | 41.18 | 84.03 | 54.24 |
| 701 - 800 | *Parkia sp* | 6.67 | 3.33 | 0.88 | 3.63 |
| | *Inga marginata* | 6.67 | 3.33 | 0.98 | 3.66 |
| | *Bauhinia sp* | 6.67 | 3.33 | 1.28 | 3.76 |
| | *Machaerium sp* | 6.67 | 3.33 | 2.41 | 4.14 |
| | *Inga edulis* | 6.67 | 10.00 | 5.44 | 7.37 |
| | *Cedrelinga cateniformis* | 6.67 | 3.33 | 14.56 | 8.19 |
| | *Pseudopiptadenia sp* | 13.33 | 6.67 | 7.30 | 9.10 |
| | *Dussia sp* | 6.67 | 3.33 | 25.45 | 11.82 |
| | *Pterocarpus sp* | 6.67 | 16.67 | 20.98 | 14.77 |
| | *Inga sp* | 33.33 | 46.67 | 20.71 | 33.57 |
| 601 - 700 | *Cassia sp* | 12.50 | 11.11 | 19.56 | 14.39 |
| | *Erythrina sp* | 12.50 | 16.67 | 29.24 | 19.47 |
| | *Lonchocarpus sp* | 25.00 | 22.22 | 24.15 | 23.79 |
| | *Inga sp* | 50.00 | 50.00 | 27.05 | 42.35 |

**Figura 21**. Índice de valor de importancia ecológica de la familia Fabaceae en función de la gradiente altitudinal.

La estructura por clases diamétricas resultó similar en las tres familias estudiadas, caracterizada por la concentración de individuos en las clases diamétricas inferiores, donde 60% de los individuos se encuentran en la primera clase diamétrica I (10 - 24 cm), seguida de la clase diamétrica II (24,1 - 38 cm) representando por valores menores a 20% del total de los individuos inventariados (Figura 22). Estos resultados reflejan los procesos de sucesión ecológica del bosque, en razón mayor al 50% de sus individuos son parte de la regeneración natural, por otra parte, la poca existencia de individuos en las clases diamétricas superiores está asociado a la presencia de poblaciones de diferentes edades y ritmos de crecimiento, competencia entre recursos y nutrientes, así como puede estar asociado a tala selectiva de especies de interés comercial. La distribución diamétrica para las tres familias se asemejó a la forma típica de una "Jota" invertida, representativa de un bosque natural heterogéneo o con una alta tendencia a la heterogeneidad, patrón característico de poblaciones disetáneas y maduras (Figura 23).

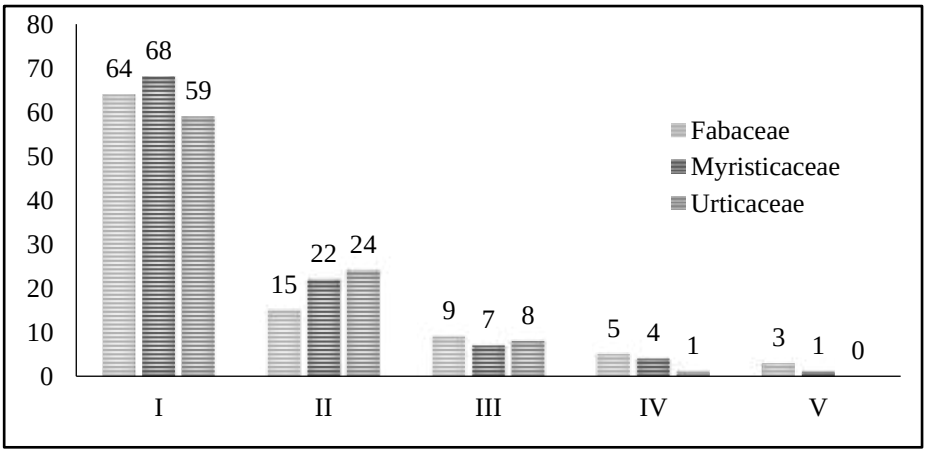



**Figura 22**. Número de individuos por clases diamétrica de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae.

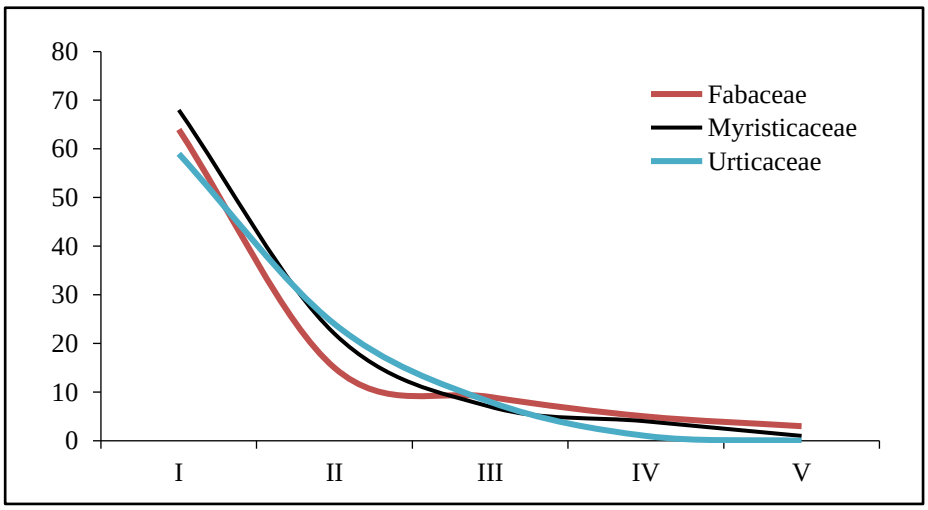



**Figura 23**. Distribución diamétrica de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae.

El cociente de mezcla, por clases diamétricas, resultó con una proporción superior para la clase inferior (10-24 cm), lo cual indicó; en las Fabaceae que por cada cinco individuos es posible encontrar una especie diferente, para la Myristicaceae se muestra más homogéneo en razón que esta familia solo presentó seis especies, lo que indica que por cada once individuos es posible encontrar una especie diferentes, esto coeficiente altos de debe a la riqueza y abundancia de la familia al presentar un total de 6 especies representadas en un total de 102 individuos. La familia Urticaceae también mostró mayor proporción en la clase inferior (10 -24 cm) lo que indica que por cada cuatro individuos es posible encontrar una especie diferente. En las tres familias se observó que en las clases superiores esta proporción fue menor e indicó una mayor heterogeneidad (Tabla 11). Los valores obtenidos en este estudio concuerdan con Lamprecht (1990), que señala que en bosques amazónicos el cociente de mezcla varía en una proporción de 1:3 y 1:4 y en condiciones promedio es de aproximadamente 1:7.

**Tabla 11.** Composición florística de las familias Fabaceae, Myristicacea y Urticaceae en parcelas permanentes de Bosque siempreverde piemontano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes.

| Cantones | Clases diamétrica | No. individuos | No. especies | CM |
|---|---|---|---|---|
| Fabaceae | I | 64 | 14 | 1 : 5 |
| | II | 15 | 9 | 1 : 2 |
| | III | 9 | 6 | 1 : 2 |
| | IV | 5 | 3 | 1 : 2 |
| | V | 3 | 3 | 1 : 1 |
| | **Total** | **96** | **18** | **1 : 5** |
| Myristicaceae | I | 66 | 6 | 1 : 11 |
| | II | 24 | 5 | 1 : 5 |
| | III | 7 | 3 | 1 : 2 |
| | IV | 3 | 3 | 1 : 1 |
| | V | 2 | 2 | 1 : 1 |
| | **Total** | **102** | **6** | **1 : 17** |
| Urticaceae | I | 44 | 10 | 1 : 4 |
| | II | 25 | 8 | 1 : 3 |
| | III | 14 | 5 | 1 : 3 |
| | IV | 7 | 4 | 1 : 2 |
| | V | 2 | 2 | 1 : 1 |
| | **Total** | **92** | **11** | **1 : 8** |

De acuerdo a la posición sociológica (Figura 24), las familias estudiadas presentaron distintas distribuciones de sus especies dentro del bosque. En la familia Fabaceae el 50% de sus especies se encuentran presente en dos estratos (*25% son compartidas por el estrato inferior e intermedio y otro 25% son compartidas por el estrato intermedio y superior*), el 44% se encuentran en un solo estrato (intermedio) y solo 5.56% de las especies se encuentra presente en los tres estratos (representada por una sola especie *Inga*. sp. En cambio, para la familia Myristicaceae 66.67% de sus especies presenta en tres estratos (representada por *O, glycycarpa, O. parvifolia* y *Virola* sp.), el restante del 33.33% de sus especies se encuentran en un solo estrato (intermedio). En la familia Urticaceae el 54.55% de sus especies se encuentran presente en dos estratos (*66.6% son compartidas por el estrato inferior e intermedio y 33.33% son compartidas por el estrato intermedio y superior*), el 118.18% se encuentran en un solo estrato.

En la Familia Fabaceae, *Inga* sp con 45.78% de posición sociológica fue la única especie con distribución continua. Para las Myristicaceae las especies que ocuparon mayor posición sociológica y a la vez de mayor distribución continua, fueron: *Otoba glycycarpa* (51.55%), *Virola* sp (27.12%) y Virola oboyata (12.46%). En la familia Urticaceae las especies que ocuparon mayor posición sociológica y a la vez de mayor distribución continua, fueron: *Cecropia sciadophylla* (37.62%) *y Pouroma minor* (19.77%) (Anexo 4, 5 y 6).

Estos resultados de la posición sociológica reflejaron las especies de las familias Fabaceae y Urticaceae tienen un bajo potencial reproductivo (Figura 24), por la baja presencia de especies en los tres estratos, lo que refleja el predominio de un patrón de distribución vertical no continúo que las hace más vulnerable a futuros escenarios de cambios ambientales. A diferencia de familia Myristicaceae donde el 66.67% de sus especies están presentes en los tres estratos (representada por *O, glycycarpa, O. parvifolia y Virola sp*), lo que refleja una distribución continua y garantiza la perpetuidad de sus especies y representatividad de esta familia.

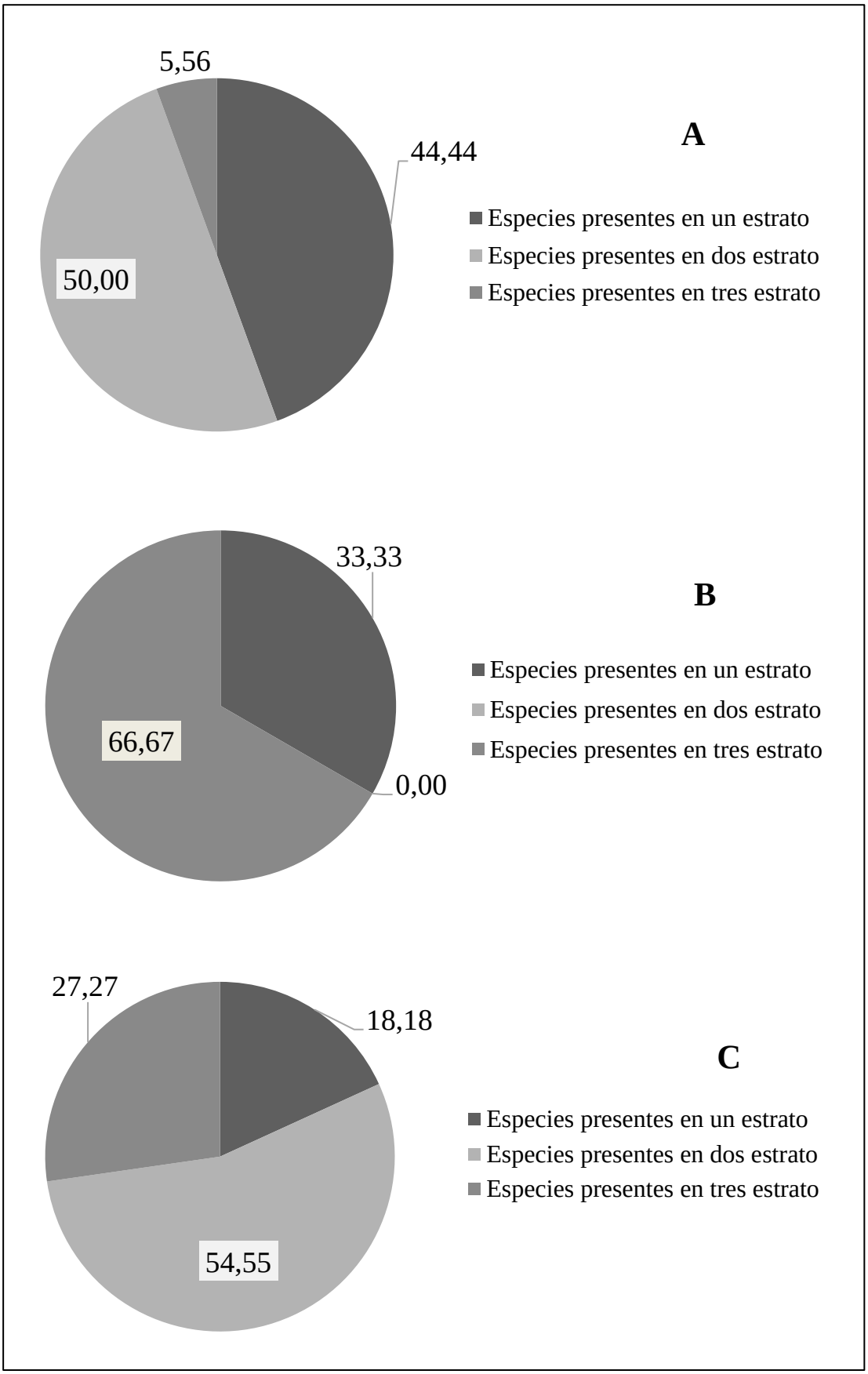



**Figura 24**. Porcentaje de especies presentes en los estratos inferior, intermedio y superior de las familias; Fabaceae (A), Myristicaceae (B) y Urticaceae (C) en función de la gradiente altitudinal.

El análisis de la estratificación vertical en función de las clases de altura encontró una distribución irregular en cuanto al número de individuos en las tres clases de altura, especialmente en el estrato superior (Figura 25 y 26). El estrato intermedio (10,1 - 20 m) resultó el más representado en las tres familias; Fabaceae (62 individuos, 64.58%), Myristicaceae (56 individuos, 54.90%) y Urticaceae (61 individuos, 66.30%), seguido del estrato inferior (≤ 10 m); Fabaceae (18 individuos, 18.75%), Myristicaceae (34 individuos, 33.33%) y Urticaceae (18 individuos, 19.57%) y por último el estrato superior (> 20 m); Fabaceae (16 individuos, 16.67%), Myristicaceae (12 individuos, 11.76%) y Urticaceae (13 individuos, 14.13%). Esto reflejó la fisionomía característica del ecosistema de bosque siempreverde piemontano amazónico, distinguido por árboles entre 10-20 m de altura. Estos resultados concuerdan con varios estudios realizados en bosques siempreverde piemontano donde presentan mayor riqueza y altas densidades de individuos en los estratos medio e inferior (Flores et al., 2016; Tirado, 2016; Padilla et al., 2017; Mina, 2020).

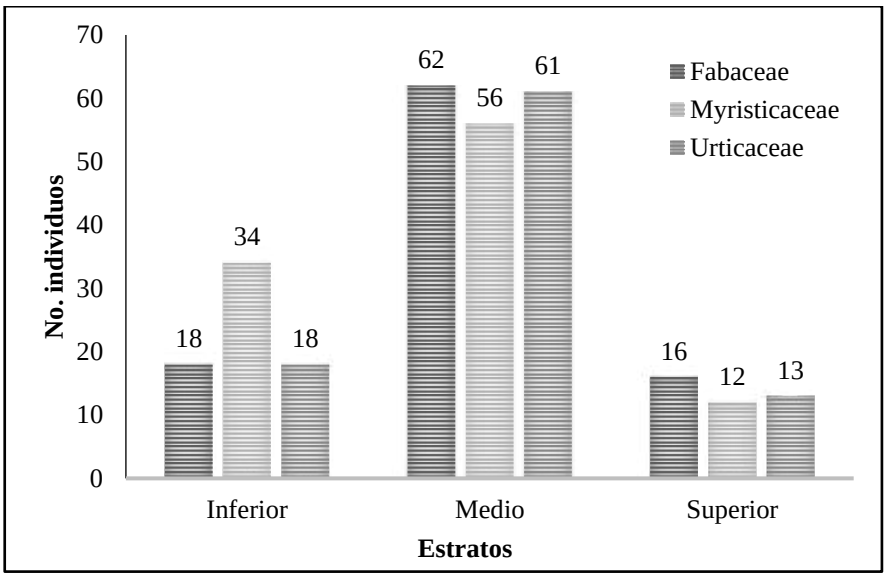



**Figura 25**. Número de individuos por estratos inferior (≤10 m), intermedio (≥ 10.1 – 20 m) y superior (≥ 20.1 m) de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae.

En la familia Fabaceae las especies presentes en los tres estratos fueron; *Pterocarpus* sp. e *Inga* sp. para la familia Myristicaceae fueron; *Virola* sp. y *O. glycycarpa* y en la familia Urticaceae fueron; *C. sciadophylla*, *P. minor*, *P. bicolor* estas especies fueron respresentativas por su frecuencia y abundancia lo que garantiza su perpetuidad al establecerse en los tres estratos (Figura 26).

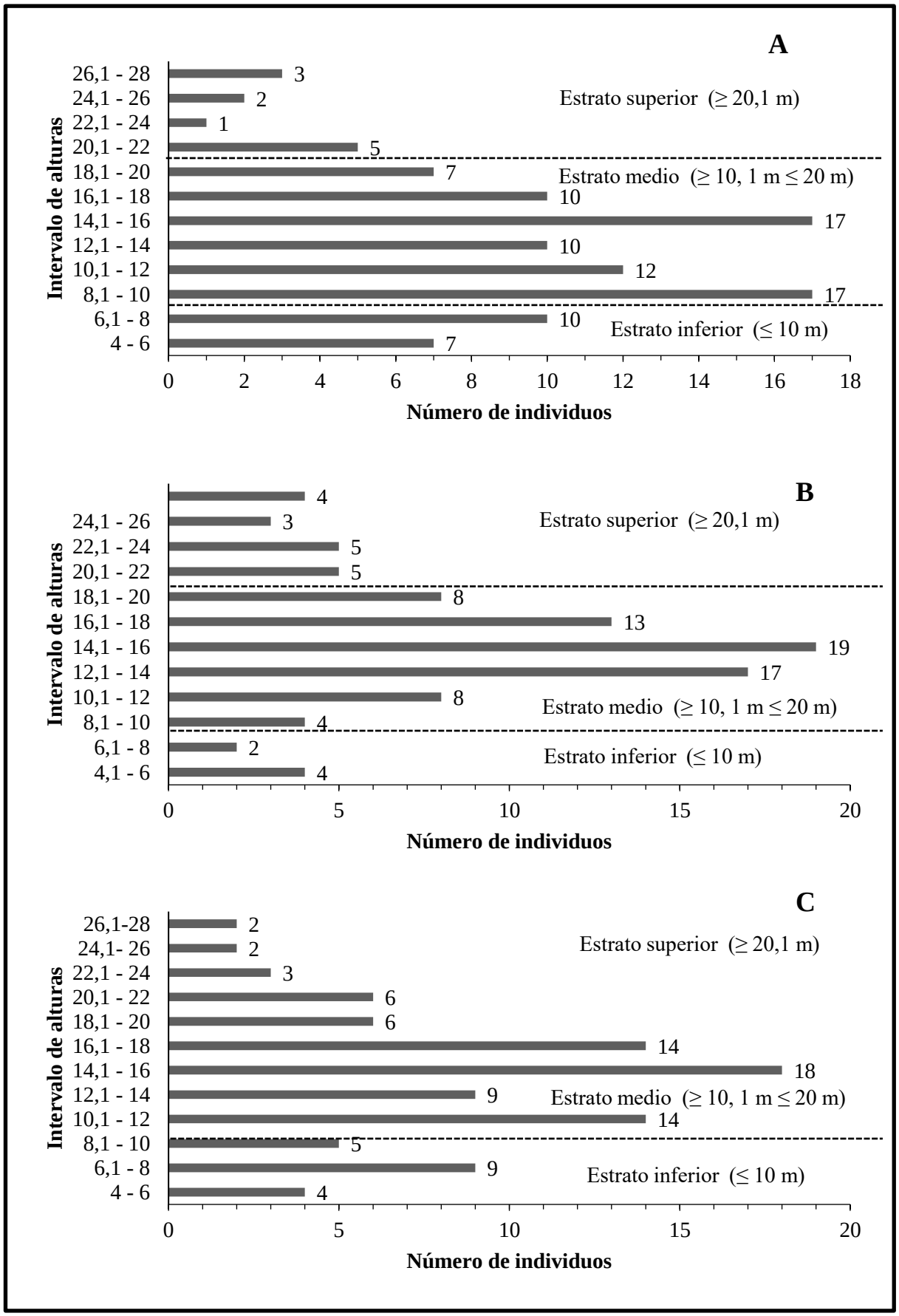



**Figura 26**. Número de individuos por clases de altura de las Fabaceae (A), Myristicaceae (B) y Urticaceae.(C).

## 4. 3 Diversidad alfa y beta de las especies en las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae considerando la gradiente altitudinal.

Los índices diversidad de especies analizados en función de gradientes altitudinales resultaron similares para la familia Fabaceae y Urticaceae. La diversidad expresada a través del índice de Shannon (H´) osciló en valores comprendidos de 0,55 a 1,91 para el índice de dominancia de Simpson (1-D) osciló en valores comprendidos de 0,34 a 0,83. Los resultados obtenidos para H´ indicó una diversidad media (66, 66%) y baja (33, 33%) a lo largo de la gradiente para las familias Fabaceae y Urticaceae. La diversidad H´ para la familia Myristicaceae fue baja en todas las gradientes, mientras que la diversidad según la dominancia de Simpson (1 – D) indicó una diversidad media en todas las gradientes, a diferencia de las familias Fabaceae y Urticaceae que resultó una diversidad media (66, 66%) y alta (33, 33%) a lo largo de la gradiente (Tabla 12).

**Tabla 12.** Índice de riqueza y diversidad de especies. R = Riqueza de especies; H`= índice de Shannon - Winnen; 1 - D= índice de Dominancia de Simpson, Dmg= Índice de Margalet.

| Familias | Gradientes | Indv | R | H´ | 1 - D | Dmg | Jackknife 2 | Chao 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fabaceae | 601 - 700 | 18 | 4 | 1.22 | 0.66 | 1.04 | 7 | 7 |
| | 701 -800 | 30 | 10 | 1.75 | 0.73 | 2.65 | 16 | 48 |
| | 801 - 900 | 17 | 4 | 1.15 | 0.64 | 1.06 | 26 | 53 |
| | 901 - 1000 | 31 | 9 | 1.86 | 0.80 | 2.33 | 30 | 28 |
| Myristicaceae | 601 - 700 | 15 | 3 | 0.63 | 0.34 | 0.74 | 4 | 3 |
| | 701 -800 | 21 | 5 | 1.06 | 0.52 | 1.31 | 6 | 7 |
| | 801 - 900 | 33 | 2 | 0.55 | 0.37 | 0.29 | 7 | 6 |
| | 901 - 1000 | 33 | 4 | 0.82 | 0.43 | 0.86 | 8 | 8 |
| Urticaceae | 601 - 700 | 17 | 4 | 1.15 | 0.64 | 1.06 | 3 | 4 |
| | 701 -800 | 32 | 9 | 1.72 | 0.73 | 2.31 | 10 | 15 |
| | 801 - 900 | 22 | 3 | 0.84 | 0.48 | 0.65 | 13 | 13 |
| | 901 - 1000 | 21 | 8 | 1.91 | 0.83 | 2.30 | 15 | 15 |

Los resultados obtenidos para los índices de diversidad de Shannon vs Simpson difieren puesto que en el primero resulta una diversidad media y baja y para el segundo una diversidad alta a media, esto concuerda puesto que las diferencias entre los índices de diversidad se hallan en el peso relativo que dan a la uniformidad y la riqueza de especies. H´ expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la

muestra y mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Aguirre, 2013). Mientras 1 – D está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes y mide la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie.

Los resultados obtenidos para el índice de Margalet (Dmg; mide la riqueza de especies) indicó que las gradientes 701 – 800 y 901 – 1000 msnm tienen una alta diversidad para las familias Fabaceae y Urticacaeae, a diferencia de las Myristicaceae la diversidad fue baja a lo largo de toda la gradiente (601 – 1000 msnm), esto resultado reflejan la riqueza que tienen las familias Fabaceae (18 spp.) y Urticaceae (11 spp.), a diferencia de las Myristicaceae que presentó 6 especies muy abundantes (Tabla 12). La alta diversidad en la Fabaceae y Urticaceae se debe a sus patrones de distribución siendo las Fabaceae consideradas una de las más diversa en la flora ecuatoriana con 541 especies nativas, en cuanto a las Urticaceae se puede mencionar que es una familia ampliamente distribuida en los Trópicos y se han reporta más de 87 especies para Ecuador (León et al., 2011). Los índices de Jackknife y Chao 2 corresponden a método no paramétrico utilizados para estimador de riqueza florística, mismos que determinan el número de especies en una sola muestra (especies únicas), los resultados de los índices en mención para las familias Fabaceae y Urticaceae indicaron subestimación en la riqueza específica, por lo que se debe consideran la utilización de otros indicadores de riqueza. Sin embargo, los resultados de Jackknife y Chao 2 para la familia Myristicaceae fue aceptable, donde se expresa la riqueza de cada gradiente como se observa en la Tabla (12). De manera general los resultados obtenidos en la diversidad alfa concuerdan con que teóricamente se postula, que a mayor diversidad, mayor estabilidad ecológica, mayor productividad y mayor resistencia frente a la invasión de especies exóticas (Valdés, 2003).

La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis reflejó a través del resumen de contrastes de hipótesis (Tabla 13) rechaza la hipótesis nula que considera la diversidad (abundancia y dominancia) es la misma a lo largo de gradiente altitudinal (601 – 1000msnm) de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae está directamente relacionada a gradientes altitudinales y se acepta la hipótesis que considera que la diversidad (abundancia y dominancia) esta varía a lo largo de gradiente altitudinal (601 – 1000msnm), estos resultados se justifican en cuanto la composición florística está definida por un conjuntos de gradientes

ambientales; de precipitación, suelo, altitudinal y latitudinal, donde se ha evidenciado que a mayor gradiente altitudinal disminuye la diversidad, si bien no se observa un aumento en la flora, se observaran cambios estructurales importantes ( Gentry, 1988; Lieberman, 1996).

**Tabla 13.** Resumen del contraste de hipótesis para los índices de diversidad de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de la gradiente altitudinal.

| Hipótesis nula | Prueba | Significancia | Decisión |
|---|---|---|---|
| La distribución de los Individuos es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.526 | Conserva la hipótesis nula |
| La distribución de la Riqueza es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.146 | Conserva la hipótesis nula |
| La distribución de Shanon es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.017 | Rechaza la hipótesis nula |
| La distribución de Simpson es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.017 | Rechaza la hipótesis nula |
| La distribución de Margalet es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.100 | Conserva la hipótesis nula |
| La distribución de Jackknife es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.025 | Rechaza la hipótesis nula |
| La distribución de la Chao es la misma en todas las categorías de familia | muestras-independientes prueba de kruskal-wallis | 0.030 | Rechaza la hipótesis nula |

Los resultados del coeficiente de similitud de Sørensen (Tabla 14), como medida de diversidad a escala beta mostró similitudes entre las gradientes en las tres familias estudiadas con altos valores de similitud, la familia que mostró mayor similitud a lo largo de la gradiente

fue la Myristicaceae, se justifica debido a que solo se registró seis especies (abundante) para estas familias a diferencia de la Fabaceae donde se registró un total de 18 especies a lo largo de la gradiente (601 – 1000 msnm). Como se observa en la (Tabla 13), la mayor similitud se registró entre la gradiente 701 – 800 vs 901 -1000 mnsm. La familia Fabaceae mostro solo similitud entre las gradientes 701 – 800 vs 901 -1000 mnsm con el 52.6% de similaridad. La familia Myristicaceae mostró similitud a lo largo de toda la gradiente (601 – 1000 msnm) con valores de 40% hasta 88.9% de similaridad. La familia Urticaceae mostró similitud en casi toda lo largo de la gradiente con valores mayores a 46% hasta 82%, excepto la gradiente 601 -700 vs 801 – 900 msnm con 28.6%. Estos resultados reflejan la dinámica de los bosques tropicales amazónicos, el cual esta diferenciado por la amazonía de tierras baja, por ejemplo, la mayoría de los individuos de la familia Myristicaceae se encuentran en las planicies húmedas tropicales, principalmente en tierra firme y bosques inundables y algunas especies en Ecuador como los géneros; *Compsoneura* y *Otoba* ascienden hasta los 2500 m de altitud, en las estribaciones de la cordillera de Los Andes.

| **SORENSEN** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| FABACEAE | | 601 - 700 | 701 -800 | 801 -900 | 901 - 1000 |
| | 601 - 700 | | 0.143 | 0.250 | 0.308 |
| | 701 -800 | 0.143 | | 0.286 | 0.526 |
| | 801 -900 | 0.250 | 0.286 | | 0.154 |
| | 901 - 1000 | 0.308 | 0.526 | 0.154 | |
| MYRISTICACEAE | | 601 - 700 | 701 -800 | 801 -900 | 901 - 1000 |
| | 601 - 700 | | 0.500 | 0.400 | 0.571 |
| | 701 -800 | 0.500 | | 0.571 | 0.889 |
| | 801 -900 | 0.400 | 0.571 | | 0.667 |
| | 901 - 1000 | 0.571 | 0.889 | 0.667 | |
| URTICACEAE | | 601 - 700 | 701 -800 | 801 -900 | 901 - 1000 |
| | 601 - 700 | | 0.462 | 0.286 | 0.500 |
| | 701 -800 | 0.462 | | 0.500 | 0.824 |
| | 801 -900 | 0.286 | 0.500 | | 0.500 |
| | 901 - 1000 | 0.50 | 0.824 | 0.500 | |

**Tabla 14.** Índice de similitud de Sorensen de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae.

El índice de Jaccard (Tabla 15), también de similitud como el índice de Sorensen fue analizado, los resultados obtenidos difieren en cuanto a la similitud de las gradientes en cada

familia que mostró el índice de Sorensen donde se observa una buena similitud de las familias a lo largo de la gradiente (601 -1000 msnm). Estos resultados indica que la familia Fabaceae mostró una baja similitud a lo largo de la gradiente (601 – 1000msnm). La mayor similitud se registró en 701 -800 vs 901 -1000 msnm con el 35.7% el resto de gradiente tiene una similitud por debajo de 18.2%. La familia Urticaceae obtuvo resultados similares con la Fabaceae, donde igualmente la similitud más alta fue en 701 -800 vs 901 -1000 msnm con 70% el resto de gradiente tiene una similitud por debajo de 38%. A diferencia de la familia Myristicaceae que mostró valores de similitud de sus especies entre las gradientes mayores a 25% hasta 80%, siendo 701 -800 vs 901 -1000 msnm de mayor similitud con 80% (Tabla 14). Estos resultados o diferencias entre los índices de Jaccard y Sorensen se justifican en sus manera se analizar la similitud de los ecosistemas, si bien Sorensen relaciona la presencia- ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas (o comunidades) y en el número total de especies (Kent & Coker, 1992), Jaccard considera en su análisis de similitud especies exclusivas, es decir presentes en el sitio *A* (por no encontrarse en *B*), por su parte *b*, involucra sólo aquellas presentes en la comunidad B, en conclusión familias estudiadas a lo largo de la gradiente 601 -1000msnm son semejantes considerando su riqueza específica y no su rareza.

| | **JACCARD** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| FABACEAE | | 601 - 700 | 701 -800 | 801 -900 | 901 - 1000 |
| | 601 - 700 | | 0.077 | 0.143 | 0.182 |
| | 701 -800 | 0.077 | | 0.167 | 0.357 |
| | 801 -900 | 0.143 | 0.167 | | 0.083 |
| | 901 - 1000 | 0.182 | 0.357 | 0.083 | |
| MYRISTICACEAE | | 601 - 700 | 701 -800 | 801 -900 | 901 - 1000 |
| | 601 - 700 | | 0.33 | 0.25 | 0.40 |
| | 701 -800 | 0.33 | | 0.40 | 0.80 |
| | 801 -900 | 0.25 | 0.40 | | 0.50 |
| | 901 - 1000 | 0.40 | 0.80 | 0.50 | |
| URTICACEAE | | 601 - 700 | 701 -800 | 801 -900 | 901 - 1000 |
| | 601 - 700 | | 0.30 | 0.17 | 0.33 |
| | 701 -800 | 0.30 | | 0.33 | 0.70 |
| | 801 -900 | 0.17 | 0.33 | | 0.38 |
| | 901 - 1000 | 0.33 | 0.70 | 0.38 | |

**Tabla 15.** Índice de similitud de Jaccard de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae.

## 4. 4 Biomasa sobre el suelo de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae mediante la aplicación de la ecuación alométrica.

Como se observa en la (Figura 28), la biomasa sobre el suelo (BSS) de las familias vegetales estudiadas a partir de los árboles con DAP ≥ 10, varió a lo largo de la gradiente y no se observa un patrón de aumento o disminución a medida que aumenta la gradiente altitudinal, esta diferencia se observó entre familias vegetales, esta variación no fue significativa entre la variables; BBS, carbono acumulado (CA), gradientes y familias (ver anexos Figuras; 35 y 36 – prueba no paramétrica de Kruskal Wallis). El valor máximo de BSS a lo largo de la gradiente altitudinal BSS fue 56.58 Mg $ha^{-1}$ y mínimos 8.23 Mg $ha^{-1}$. A nivel de familia; la Fabaceae registró mayor BSS con 146.68 Mg $ha^{-1}$ (96 individuos) seguida de las Myristicaceae con 90.33 Mg $ha^{-1}$ (102 individuos) y Urticaceae con 59.24 Mg $ha^{-1}$ (92 individuos).

A nivel de gradiente la familia Fabaceae y Myristicaceae contribuyeron mayormente con la BSS, las Myristicaceae contribuyó más BSS en las gradientes; 601 – 700 msnm (27.98 Mg $ha^{-1}$) y 801 -900 msnm (33.95 Mg $ha^{-1}$) y la familia Fabaceae contribuyó más en las gradientes; 701 -800 msnm (40.98 Mg $ha^{-1}$) y 901 – 1000 msnm (56.58 Mg $ha^{-1}$). La BSS de la familia Fabaceae a lo largo de la gradiente osciló 18.34 a 56.58 Mg $ha^{-1}$, la gradiente que más contribuyó en BSS fue 901 – 1000 msnm con 56.58 Mg $ha^{-1}$, seguida de 701 -800 msnm con 40.98 Mg $ha^{-1}$. La familia Myristicaceae a lo largo de la gradiente osciló 18.63 a 33.95 Mg $ha^{-1}$, la gradiente que más contribuyó en BSS fue 801 – 900 msnm con 33.95 Mg $ha^{-1}$, seguida de 601 -700 msnm con 27.98 Mg $ha^{-1}$. La familia Urticaceae a lo largo de la gradiente osciló 8.23 a 28.51 Mg $ha^{-1}$, la gradiente que contribuyo con mayor BSS fue 701 - 800 msnm (28.51 Mg $ha^{-1}$) y las demás gradientes reportó una BSS por debajo de 12.87 Mg $ha^{-1}$ a diferencia de las familias Fabaceae y Myristicaceae, esta familia fue de menor contribución de BSS. La densidad de árboles no mostró aumento gradual a través de la gradiente altitudinal, por lo que no influenció en el aporte total de BSS, donde se observa alta densidad en las Myristicaceae en la gradiente 701 – 800 msnm (80 individuos) con una BSS de 28.51 Mg $ha^{-1}$ con respecto a la Fabaceae en la misma gradiente, obtuvo una BSS de 40.98 Mg $ha^{-1}$ con una densidad de 60 árboles (Figura 28).

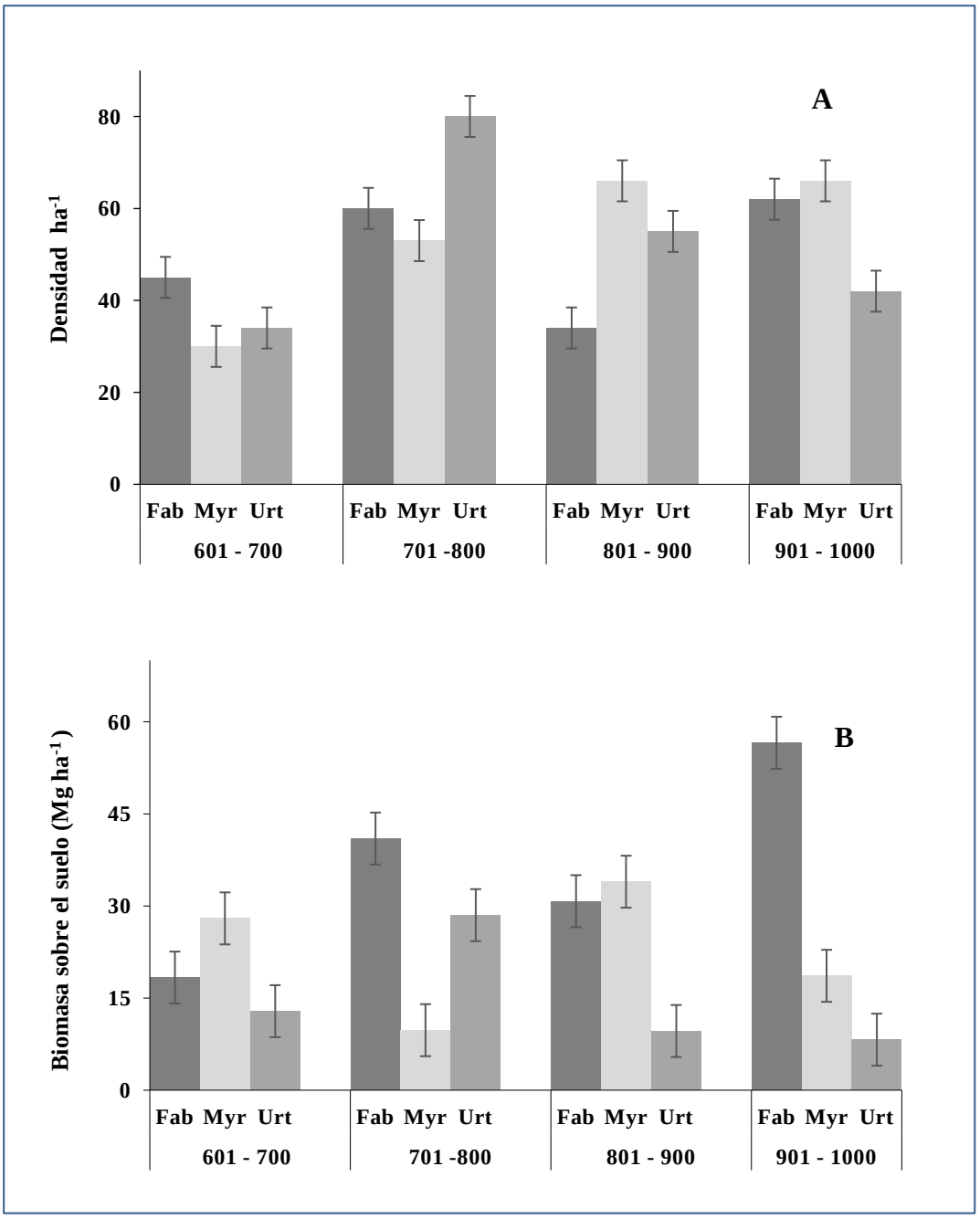



**Figura 27**. Medias de la densidad de árboles (A) y biomasa sobre el suelo (B) de las familias; Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de la gradiente altitudinal.

Las clases diamétricas menores (10 a ≤ 30 cm) presentaron las densidades más altas en las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae (especialmente en las gradientes 701 – 800 y 901 – 1000msnm) independientemente de la gradiente altitudinal, llegando a 50 árboles/ha, las densidades de árboles para las otras dos clases diamétricas varió de manera no significativa lo largo de la gradiente y entre familias vegetales estudiadas, además se puede observar (Figura 29) en la Myristicaceae y Urticaceae la poca presencia de individuos con

DAP > 50cm., donde no se registró presencia en las gradiente 901 - 1000 msnm. Estos responden resultados se justifican a procesos ecológicos relacionados con la dinámica de los bosque y ecología de las especies, como el caso de las Urticaceae (registrada en este estudio corresponden al género *Cecropia*), que en su mayoría son heliófila efímera (HE) y durables (HD), para el caso de *Cecropia* corresponde a HE, donde la desaparición de individuos es notoria por su crecimiento y ciclo de vida, muchas especies del género *Cecropia* no alcanzan diámetros mayores a 50 cm. En cuanto a las Myristicaceae estos resultados se deben a la distribución de las especies de esta familia que encuentran mayormente en la amazonía baja, sin embargo, es una familia con especies muy abundante por lo que el aporte de BSS es notorio.

La BSS de la Fabaceae de la clase diamétrica 10 a ≤ 30 cm a lo largo de la gradiente 601 – 1000msnm fue variada como mayor contribución en los 701 – 800 msnm con 11.18 Mg $ha^{-1}$, y un aporte 26.70 Mg $ha^{-1}$ para esta clase diamétrica. Para la segunda clase de 30 > a ≤ 50 cm de DAP aportó con 42.84 Mg $ha^{-1}$ y la tercera clase diamétrica > 50 cm de DAP contribuyo con 77.18 Mg $ha^{-1}$. En la Myristicaceae la clase diamétrica 10 a ≤ 30 cm obtuvo una BSS de 31.16 Mg $ha^{-1}$, en la clase 30 > a ≤ 50 cm no se registró aporte de BSS en la gradiente 601 – 700 msnm, sin embargo, considerable aporte a partir de los 801 hasta los 1000msnm con 23.35 Mg $ha^{-1}$ del total de 24.96 Mg $ha^{-1}$ que contribuye esta segunda clase diamétrica, la contribución de los árboles > 50 cm de DAP fue 34.88 Mg $ha^{-1}$(Figura 29).

A nivel de especies se puede observar en la (Figura 30), las especies que aportaron mayormente en BSS y almacenamiento de carbono para las familia; Fabaceae fueron *Inga* sp. (195.95 Mg $ha^{-1}$) y *Dussia* sp. (195,36 Mg $ha^{-1}$) y carbono almacenado de aprox. 97.00 Mg $ha^{-1}$, para las Urticaceae fue *C. sciadophylla* con 103.36 Mg $ha^{-1}$ y 51.68 Mg $ha^{-1}$ de carbono almacenado y Myristicaceae fueron *O. glycycarpa* (166.93 Mg $ha^{-1}$) y *Virola* sp. (156 Mg $ha^{-1}$) con carbono almacenado de aprox. 83.00 Mg $ha^{-1}$, estos resultados son similares a los reportados por Ureta (2015) en su estudio en bosques Amazónicos del Perú quién obtuvo una BSS acumulada de 376.97Mg/$ha^{-1}$ y 9.92Mg/$ha^{-1}$ promedio y las especies con mayor BSS acumulada fue *Virola pavonis* (60.99Mg/$ha^{-1}$), *Otoba parvifolia* (52.74Mg/$ha^{-1}$) y *Osteophloeum platyspermum* (48.49Mg/$ha^{-1}$), por otra parte Paipa & Triana en el., (2018), en un bosque húmedo tropical en Paimadó, Chocó, reportó una BSS acumulada de 15.40 ± 0.25Mg/$ha^{-1}$ para *Iryanthera juruensis*,

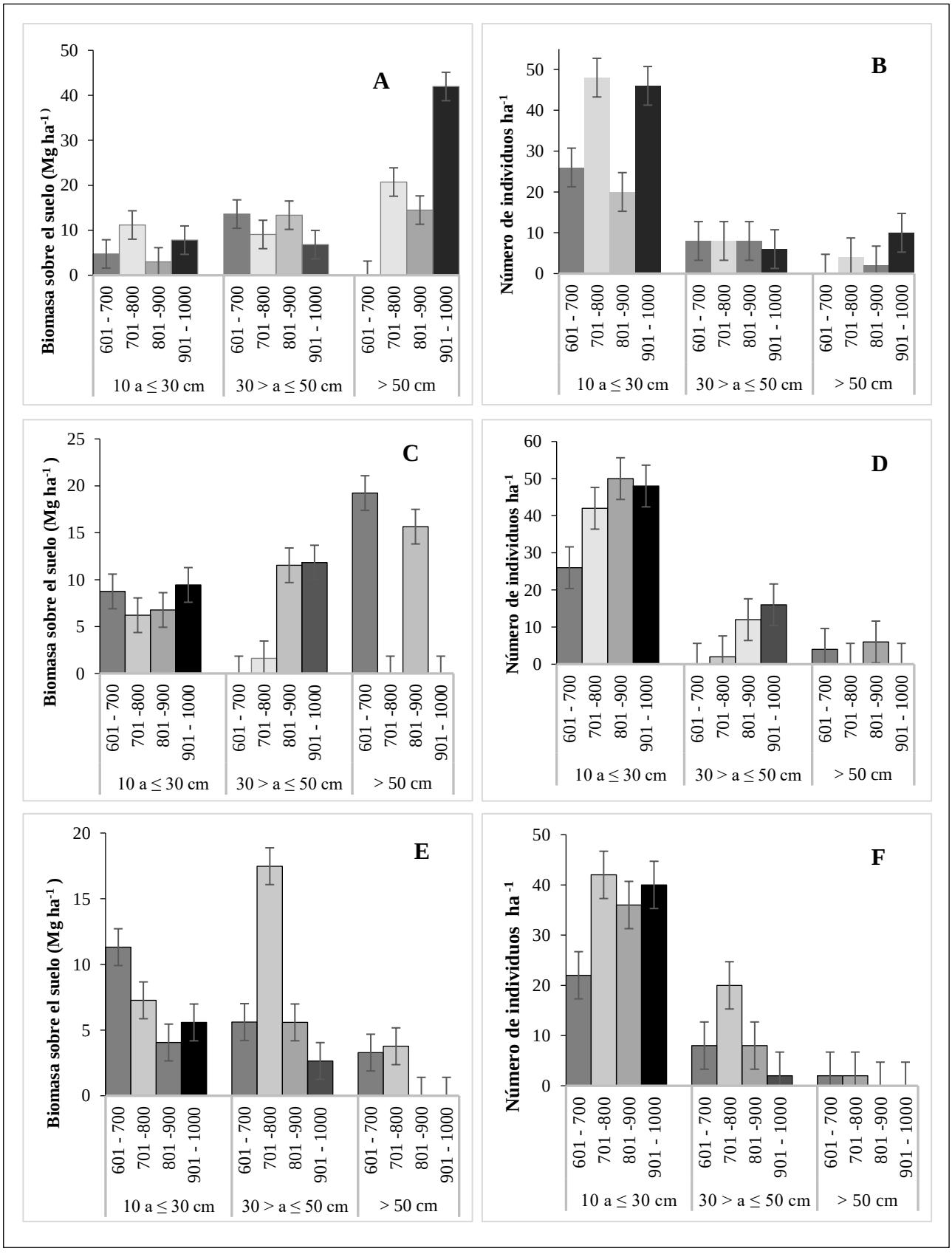



**Figura 28**. Medias de la densidad de árboles y biomasa sobre el suelo de las familias; Fabaceae (A, B), Myristicaceae (C, D) y Urticaceae (E, F) en función de la gradiente altitudinal.

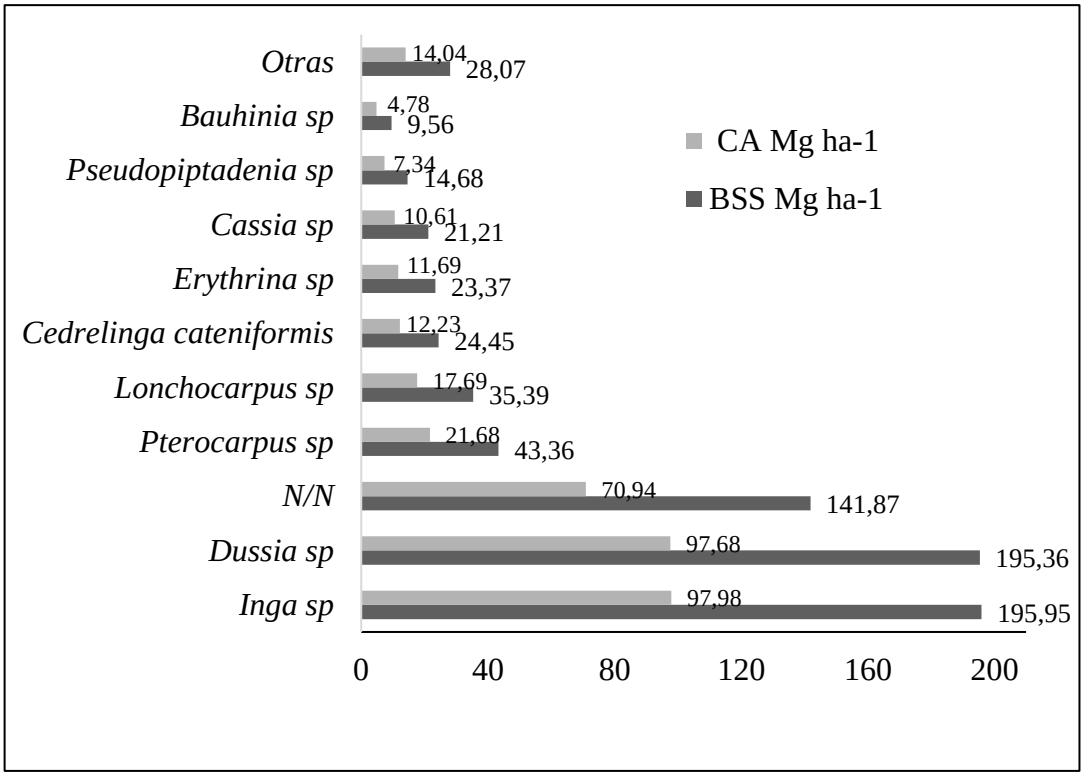



**Figura 29**. Biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Fabaceae en función de la gradiente altitudinal

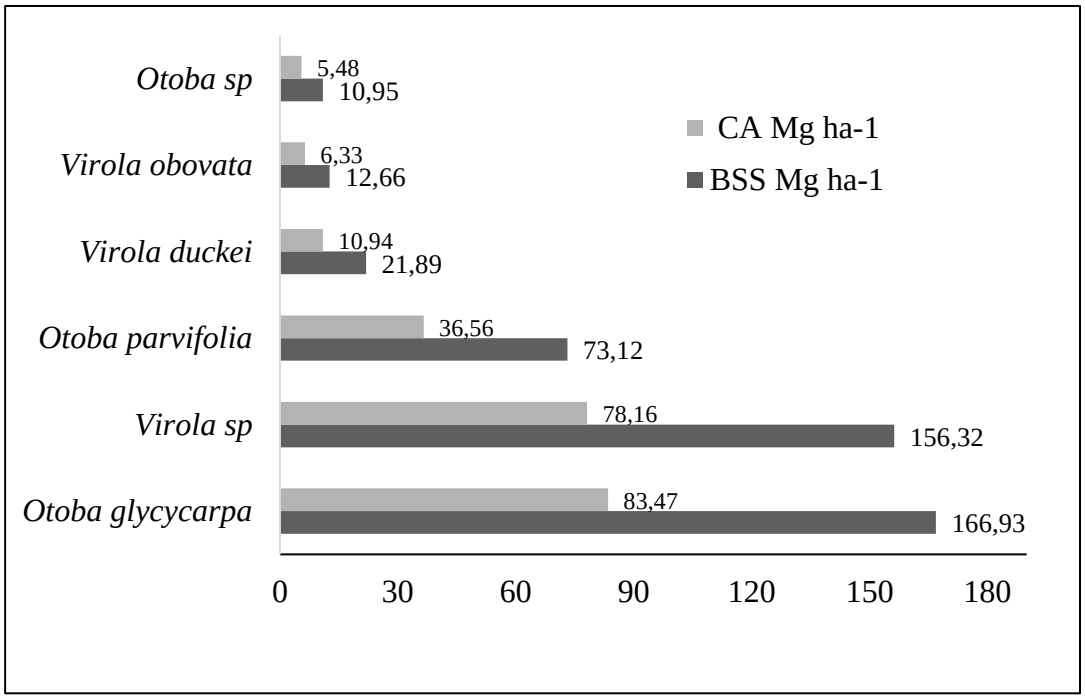



**Figura 30**. Biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal**.**

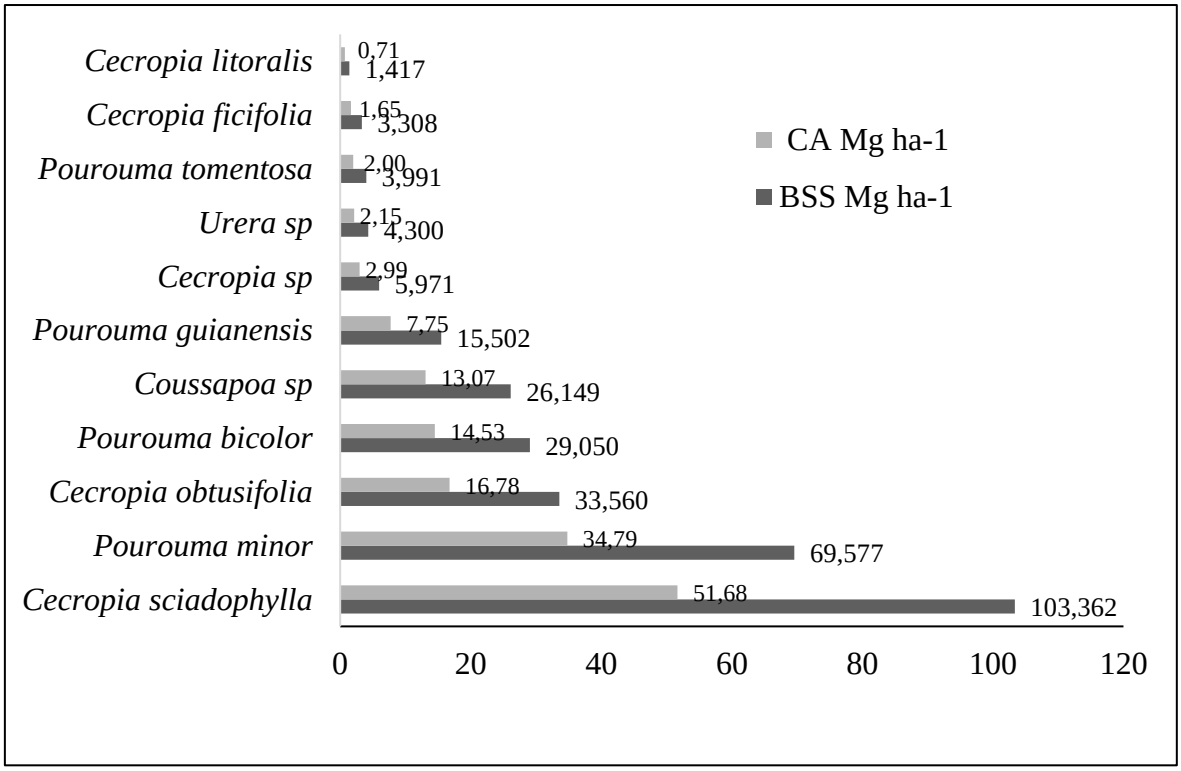



**Figura 31**. Biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Urticaceae en función de la gradiente altitudinal.

El índice de importancia de la biomasa (IVB), de la familia Fabaceae indicó que *Inga* sp. mostró mayor IVB a lo largo de la gradiente (601 – 1000 msnm) con valores de 19.99% a 42.87%, esta importancia es compartida con *Dussia* sp. en las gradientes 701 – 800 msnm con 22.48% y 901 – 1000 msnm con 29.62%, en cuanto a la especie dentro de esta familia como menor IVB fue *Inga edulis* con 1.64% (901 – 1000msnm). Los IVB para la familia Myristicaceae mostraron valores altos de IVB, como *O. glycycarpa* alcanzó 68.40 y 73.95% de IVB a partir de 801 a 1000msnm, *O. parvifolia* y *Virola* sp. también demostraron tener importancia en cuanto a su biomasa en las gradientes 601 – 800 msnm con 62.51% y 59.25% respectivamente, estos resultados mayores se reflejan por los niveles de abundancia de las especies de las Myristicaceae es características de habitas de bosques tropicales. En cuanto a la familia Urticaceae estuvo representada mayormente por especies de los géneros *Cecropia* (5 spp.) y *Pouroma* (4 spp) de un total de 11 especies, por tanto *C. obtusifolia*, *C. sciadophylla*, *P. minor*, *P. bicolor* y *P guianensis* con valores 19.80% hasta 60% de IVB (Tabla 16).

**Tabla 16.** Índice de Importancia de Biomasa de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae.

| Gradiente | Especies | N % | AB % | BSS % | IVB % |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Fabaceae** | | | | |
| 601 - 700 | *Inga* sp. | 50 | 27.05 | 22.21 | 33.09 |
| | *Lonchocarpus* sp. | 22 | 24.15 | 38.59 | 28.32 |
| | *Erythrina* sp. | 17 | 29.24 | 16.07 | 20.66 |
| | *Cassia* sp. | 11 | 19.56 | 23.13 | 17.93 |
| 701 -800 | *Inga* sp. | 47 | 20.71 | 14.64 | 27.34 |
| | *Dussia* sp. | 3 | 25.45 | 38.64 | 22.48 |
| | *Pterocarpus* sp. | 17 | 20.98 | 20.24 | 19.30 |
| | *Cedrelinga cateniformis* | 3 | 14.56 | 11.94 | 9.94 |
| | *Pseudopiptadenia* sp. | 7 | 7.30 | 7.16 | 7.04 |
| | *Inga edulis* | 10 | 5.44 | 3.61 | 6.35 |
| | *Machaerium* sp. | 3 | 2.41 | 2.03 | 2.59 |
| | *Bauhinia* sp. | 3 | 1.28 | 0.88 | 1.83 |
| | *Inga marginata* | 3 | 0.98 | 0.58 | 1.63 |
| | *Parkia* sp. | 3 | 0.88 | 0.29 | 1.50 |
| 801 -900 | *N/N* | 41 | 84.03 | 92.19 | 72.47 |
| | *Inga* sp. | 41 | 12.07 | 6.72 | 19.99 |
| | *Erythrina amazonica* | 12 | 1.52 | 0.29 | 4.53 |
| | *Parkia* sp. | 6 | 2.38 | 0.80 | 3.02 |
| 901 - 1000 | *Inga* sp. | 35 | 45.32 | 47.81 | 42.87 |
| | *Dussia* sp. | 13 | 34.89 | 41.07 | 29.62 |
| | *Calliandra carbonaria* | 19 | 4.55 | 2.62 | 8.84 |
| | *Bauhinia* sp. | 10 | 3.91 | 2.74 | 5.44 |
| | *Erythrina* sp. | 3 | 6.42 | 3.05 | 4.23 |
| | *Pterocarpus* sp. | 6 | 1.33 | 0.67 | 2.81 |
| | *Zygia* sp. | 6 | 1.24 | 0.65 | 2.78 |
| | *Calliandra* sp. | 3 | 1.23 | 0.81 | 1.75 |
| | *Inga edulis* | 3 | 1.12 | 0.59 | 1.64 |
| | **Myristicaceae** | **N %** | **AB %** | **BSS %** | **IVB %** |
| 601 - 700 | *Otoba parvifolia* | 80.0 | 55.3 | 52.3 | 62.51 |
| | *Virola* sp. | 13.3 | 42.8 | 46.7 | 34.27 |
| | *Virola duckei* | 6.7 | 2.0 | 1.0 | 3.21 |
| 701 -800 | *Virola* sp. | 66.67 | 58.58 | 52.50 | 59.25 |
| | *Otoba* sp. | 9.52 | 19.59 | 28.01 | 19.04 |
| | *Virola obovata* | 14.29 | 10.49 | 8.64 | 11.14 |
| | *Virola duckei* | 4.76 | 8.86 | 9.69 | 7.77 |
| | *Otoba glycycarpa* | 4.76 | 2.48 | 1.17 | 2.80 |
| 801 -900 | *Otoba glycycarpa* | 75.76 | 70.15 | 59.30 | 68.40 |
| | *Virola* sp. | 24.24 | 29.85 | 40.70 | 31.60 |
| 901 - 1000 | *Otoba glycycarpa* | 72.73 | 78.48 | 70.65 | 73.95 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Virola obovata* | 18.18 | 9.63 | 9.97 | 12.59 |
| | *Virola duckei* | 3.03 | 10.18 | 17.91 | 10.37 |
| | *Virola* sp. | 6.06 | 1.70 | 1.47 | 3.08 |
| **Urticaceae** | | **N %** | **AB %** | **BSS %** | **IVB %** |
| **601 700** | *Cecropia obtusifolia* | 41.18 | 51.95 | 52.17 | 48.43 |
| | *Pourouma minor* | 41.18 | 39.13 | 41.14 | 40.48 |
| | *Cecropia* sp. | 11.76 | 7.27 | 5.70 | 8.24 |
| | *Cecropia litoralis* | 5.88 | 1.65 | 1.00 | 2.84 |
| **701 - 800** | *Cecropia sciadophylla* | 46.88 | 58.04 | 51.19 | 52.04 |
| | *Pourouma minor* | 12.50 | 16.97 | 17.87 | 15.78 |
| | *Coussapoa* sp. | 6.25 | 10.31 | 18.35 | 11.63 |
| | *Cecropia ficifolia* | 12.50 | 3.46 | 2.05 | 6.00 |
| | *Pourouma guianensis* | 3.13 | 5.02 | 5.26 | 4.47 |
| | *Urera* sp. | 6.25 | 2.60 | 3.02 | 3.96 |
| | *Pourouma bicolor* | 6.25 | 1.94 | 1.28 | 3.16 |
| | *Cecropia* sp. | 3.13 | 1.08 | 0.69 | 1.63 |
| | *Cecropia litoralis* | 3.13 | 0.59 | 0.30 | 1.34 |
| **801 - 900** | *Cecropia sciadophylla* | 68.18 | 59.83 | 52.60 | 60.20 |
| | *Pourouma bicolor* | 18.18 | 20.64 | 23.33 | 20.72 |
| | *Pourouma minor* | 13.64 | 19.53 | 24.06 | 19.08 |
| **901 - 1000** | *Pourouma bicolor* | 9.52 | 30.23 | 38.85 | 26.20 |
| | *Pourouma guianensis* | 19.05 | 20.88 | 19.47 | 19.80 |
| | *Pourouma minor* | 23.81 | 17.95 | 14.70 | 18.82 |
| | *Cecropia sciadophylla* | 14.29 | 15.42 | 12.28 | 13.99 |
| | *Pourouma tomentosa* | 19.05 | 8.39 | 9.70 | 12.38 |
| | *Cecropia* sp. | 4.76 | 4.06 | 3.23 | 4.02 |
| | *Cecropia ficifolia* | 4.76 | 1.61 | 0.95 | 2.44 |
| | *Cecropia litoralis* | 4.76 | 1.46 | 0.83 | 2.35 |

## 4. 5 Conclusiones

A nivel de composición florística se evidenció la abundancia y dominancia de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae, mismas que varían a lo largo de la gradiente altitudinal 601 – 1000 msnm, sin embargo, la prueba Kruskal Wallis indicó en su resumen de contrastes de hipótesis que, en número de individuos, especies y géneros, de las tres familias no existe una gradiente altitudinal significativa, por lo que la composición de las familias estudiadas no está fuertemente relacionada a las gradientes altitudinales estudiadas, sino que responde además a otras gradientes ambientales como; precipitación, suelos, latitud.

La estructura vertical y horizontal de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae del bosque siempreverde piemontano reflejaron la existencia de un ecosistema heterogéneo, con la mayor concentración de individuos en las clases diamétricas inferiores y posición sociológica con predominio de un patrón de distribución vertical no continuo para las familias Fabaceae y Urticaceae, a diferencia de Myristicaceae que mostró un patrón continuo a lo largo de toda la gradiente altitudinal 601 -1000 msnm. Estos resultados reflejan la dinámica poblacional de las familias estudiadas en bosque siempreverde amazónicos.

El índice de valor de importancia ecológica (IVI) de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticaceae en función de la gradiente altitudinal, indicó las especies; *Inga* sp. con 41 individuos (42.71%), *O. glycycarpa* con 50 individuos (49.02%), *C. sciadophylla* con 33 individuos (35.87%), fueron de mayor importancia ecológica para las familias Fabaceae, Myristicaceae y Urticacaeae respectivamente, lo que muestra que estas especies estan mejor adaptadas, ya sea porque son dominantes, muy abundantes o están mejor distribuidas a lo largo de los 601 – 1000 msnm.

La diversidad alfa de las familias en función de gradientes altitudinales mostró semejanzas entre las familias estudiadas, el H´ mostro una diversidad media (66, 66%) y baja (33, 33%), sin embargo, 1 – D mostró diversidad media (66, 66%) y alta (33, 33%), la prueba Kruskal Wallis indicó en su resumen de contrastes de hipótesis que, en abundancia y riqueza de especies, de las tres familias no existe una gradiente altitudinal significativa.

La diversidad beta indicó que existen similitudes de las familias a nivel de las gradientes altitudinales estudiadas, con altos valores de similitud, encontrándose en la Myristicaceae y Urticaceae. Estos resultados reflejan la dinámica de los bosques tropicales amazónicos, la cual está diferenciado por, la amazonía baja y amazonía de tierras baja.

La biomasa sobre el suelo (BSS) de las familias vegetales estudiadas a partir de los árboles con DAP $\geq$ 10, varió a lo largo de la gradiente y no se observa un patrón de aumento o disminución a medida que aumenta la gradiente altitudinal. El valor máximo de BSS a lo largo de la gradiente altitudinal BSS fue 56.58 Mg $ha^{-1}$ y mínimos 8.23 Mg $ha^{-1}$. A nivel de familia; la Fabaceae registró mayor BSS con 146.68 Mg $ha^{-1}$ (96 individuos) seguida de las Myristicaceae con 90.33 Mg $ha^{-1}$ (102 individuos) y Urticaceae con 59.24 Mg $ha^{-1}$ (92

individuos).

El índice de importancia de la biomasa (IVB) a lo largo de la gradiente 601 -1000 msnm, indicó que las especies con mayores IVB fueron; *Inga* sp. (42.87%), *O. glycycarpa* (73.95%) y *Cecropia sciadophylla* (60.12%) para las familias Fabaceae, Myristiacaceae y Urticaceae respectivamente, estas especies corresponde a la de mayor IVI, lo que permite considerarse como especies calves para programas de reforestación y restauración en bosques siempre verde de la amazonía ecuatoriana.

## 4. 6 Recomendaciones

En los estudios de composición florística y estructura que se realizan en bosques amazónico se recomienda realizar paralelamente estimaciones de biomasa sobre el suelo y carbono almacenado, puesto que el uso de ecuaciones alométrica permiten estimar el carbono con los datos levantados para el estudio de composición y estructura, con la finalidad de aportar al conocimiento científico y tener herramientas de mucha importancia para la toma de decisiones de manejo de los bosques amazónicos y programas de restauración forestal.

Continuar evaluando las parcelas permanentes donde se realizó esta investigación, en temas de; distribución, morfología, reproducción y fenología de las especies forestales registradas en estas parcelas, con la colaboración de los estudiantes de la Universidades amazónicas, en especial la carrera de ingeniería forestal, para involucrar a futuros profesionales en las investigaciones sobre los recursos forestales del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA


Aguirre, M. Z. (2013). Guia De Metodos Para Medir La Biodiversidad. In *Universidad Nacional de Loja*. https://www.academia.edu/download/41357809/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf

Aguirre, M. Z., Celi, D. H., & Herrera, H. C. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, *25*(3), 923–938.

Aguirre, Z., & Aguirre, N. (1999). Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales, Herbario Loja Nº 5. *Departamento de Botánica y Ecología de La Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec*.

Archibald, S., & Bond, W. J. (2003). Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of Acacia karroo in forest, savanna, and arid environments. *Oikos*, *102*(1), 3–14.

Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, *21*(1–2), 136–147. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=709

Balvanera, Patricia, Pfisterer, A. B., Buchmann, N., He, J., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., & Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, *9*(10), 1146–1156.

Bhattarai, M., & Hammig, M. (2001). Institutions and the environmental Kuznets curve for deforestation: a crosscountry analysis for Latin America, Africa and Asia. *World Development*, *29*(6), 995–1010.

Bhattarai, M., & Hammig, M. (2004). Governance, economic policy, and the environmental Kuznets curve for natural tropical forests. *Environment and Development Economics*, 367–382.

Bisby, L. A., Chen, J. F., Li, S. Q., Stratford, T. J., Cueva, N., & Crossling, K. (2011). Strengthening fire-damaged concrete by confinement with fibre-reinforced polymer wraps. *Engineering Structures*, *33*(12), 3381–3391.

Bohlman, S. O. (2006). Allometry, adult stature and regeneration requirement of 65 tree species on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 123–136.

Bravo, V. E. (2011). *La biodiversidad en el Ecuador*. Abya-Yala/UPS.

Caina, M. S. E., & Encalada, S. M. C. (2020). *Efecto de la Actividad Antrópica sobre la Composición Florística y Estructura de la Zona de Protección permanente de la*

*Cuenca del Río Pasurco, Comunidad Murialdo.* Universidad Estatal Amazónica.

Calzadilla, T. M. H., & Cayola, L. (2006). Estructura y composición florística de un bosque amazónico de pie de monte, Área Natural de Manejo Integrado Madidi, La Paz-Bolivia. *Ecología En Bolivia*, *41*(2), 117–129.

Caranqui, J., & Romero, F. (2011). *Composicion y estructura del bosque húmedo tropical en la estación experimental pastaza.*

Chao, A. (1984). Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 265–270.

Chao, A., & Lee, S.-M. (1992). Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association*, *87*(417), 210–217.

Chimbo, Y. (2019). *Valoración económico de los bienes y servicios ambientales de la cuenta alta del Río Puyo, Parroquia Fátima.* Universidad Estatal Amazónica.

Cleveland, C. C., Townsend, A. R., Taylor, P., Alvarez-Clare, S., Bustamante, M. M. C., Chuyong, G., Dobrowski, S. Z., Grierson, P., Harms, K. E., & Houlton, B. Z. (2011). Relationships among net primary productivity, nutrients and climate in tropical rain forest: a pan-tropical analysis. *Ecology Letters*, *14*(9), 939–947.

Dauber, E., J. Terán & R. Guzmán. 2000. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana 1(1):1–10.

Dietze, M. C., Wolosin, M. S., & Clark, J. S. (2008). Capturing diversity and interspecific variability in allometries: A hierarchical approach. *Forest Ecology and Management*, *256*(11), 1939–1948. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.034

Douglas, I. (2017). Ecosystems and human well-being. In *Encyclopedia of the Anthropocene* (Vols. 1–5, pp. 185–197). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09206-5

FAO. (2016). *El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma*.

Finol, H. 1971. "Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales". Revista Forestal Venezolana, 14 (21): 29 - 42.

Finol H. 1976. *Estudio Fitosociológico de las unidades II y III de la Reserva Forestal de Carapo,* Estado de Barinas. Acta Botánica Venezuelica, 10(1–4):15–103.

Funes, G., & Cabido, M. (1995). Variabilidad local y regional de la vegetación rupícola de las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Kurtziana*, *24*.

Gledhill, D. (1989). *The names of plants*. Cambridge University Press.

Gómez, C., & Salazar, M. (2010). Instalación de parcelas permanentes de muestreo, PPM,

en los bosques tropicales del Darién en Panamá. *Guía. Panamá: COMARCA EMBERA-WOUNAAN*.

Graaf, M. de, Buck, L., Shames, S., & Zagt, R. (2017). Assessing landscape governance: a participatory approach. *Assessing Landscape Governance: A Participatory Approach.*

Granizo, D. (2018). *Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de la cuenca del río Pasurco, sector Murialdo Parroquia Fátima.* Universidad Estatal Amazónica.

Halcomb, E., & Hickman, L. (2015). Mixed methods research. In *Nursing standard (Royal College of Nursing (Great Britain) : 1987)* (Vol. 29, Issue 32, pp. 41–47). https://doi.org/10.7748/ns.29.32.41.e8858

Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., Connolly, J., Harpole, W. S., Reich, P. B., Scherer-Lorenzen, M., Schmid, B., Tilman, D., & Van Ruijven, J. (2011). High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, *477*(7363), 199–202.

Josse, C., Navarro, G., Comer, P., Evans, R., Faber-Langendoen, D., Fellows, M., Kittel, G., Menard, S., Pyne, M., & Reid, M. (2003). Ecological systems of Latin America and the Caribbean. *A Working Classification of Terrestrial Systems. NatureServe*.

Kent, M., & Coker, P. (1992). Vegetation Description and Analysis. *A Practical Approach*, *CRC Press.*, 363 pp.

King, D. A. (1996). Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology*, 25–44.

KlitgĺrdB. B. (2010). *Neotropical Leguminosae (Papilionoideae)*. Neotropical.

Krebs, C. . (1989). *Ecological methodology. Harper Collins Publ. 654 pp.*

Laurance, W. F. (1999). Gaia's Lungs: Are rainforests inhaling Earth's excess carbon dioxide?. *Natural History*, *108*(2), 96.

León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. U., Navarrete, H., León-yánez, S., Valencia, R., Navarrete, H., & Pitman, N. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2011*. http://www.academia.edu/646220/Libro_rojo_de_las_plantas_endémicas_del_Ecuador_2000_Red_book_of_Ecuadors_endemic_plants_2000_

Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R., & Hartshorn, G. S. (1996). Tropical Forest Structure and Composition on a Large-Scale Altitudinal Gradient in Costa Rica. *The Journal of Ecology*, *84*(2), 137. https://doi.org/10.2307/2261350

López, M. L., & Godíne, I. O. (2002). Estructura, composición, riqueza y diversidad de

árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales Del Instituto de Biología Serie Botánica*, *73*(002).

Lyons, K. G., Brigham, C. A., Traut, B. H., & Schwartz, M. W. (2005). Rare species and ecosystem functioning. In *Conservation Biology* (Vol. 19, Issue 4, pp. 1019–1024). https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00106.x

MAE. (2017). *Deforestación del Ecuador continental periodo 2014–2016*.

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.

Maldonado, S. E. A., & Maldonado, M. F. (2010). Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, *26*(3), 235–245.

Malhi, Y., Silman, M., Salinas, N., Bush, M., Meir, P., & Saatchi, S. (2010). Introduction: Elevation gradients in the tropics: Laboratories for ecosystem ecology and global change research. In *Global Change Biology* (Vol. 16, Issue 12, pp. 3171–3175). https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02323.x

Manzano, M. J. D., & Valdez, S. R. A. (2018). *Estructura y composición florística del bosque siempreverde piemontano como bases ecológicas para la restauración de la zona alta de las microcuenca del Río Puyo.* Universidad Estatal Amazónica.

Marcelo, Peña, J. L., Reynel-Rodríguez, C., Zevallos-Pollito, P., Bulnes-Soriano, F., & Pérez-Ojeda del Arco, A. (2007). Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. *Ecología Aplicada*, *6*(1–2), 9–22.

Mather, A. S., Needle, C. L., & Fairbairn, J. (1999). Environmental Kuznets curves and forest trends. *Geography*, 55–65.

McAuliffe, J. R. (1994). Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert bajadas. *Ecological Monographs*, *64*(2), 111–148.

Meir, P., & Grace, J. (2005). The effects of drought on tropical forest ecosystems. *Tropical Forests and Global Atmospheric Change. Oxford University Press, Oxford*, 75–86.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito*.

Monro, A. (2009). *Urticaceae neotropicales Neotropikey - Recursos interactivos clave y de información para plantas con flores del Neotrópico*.

NCI. (2020). *ecosistemas y uso sostenible*. Naturaleza y Cultura Internacional.

http://www.naturalezaycultura.org/spanish/htm/ecuador/research.htm

Neill, D. A., & Ulloa, C. U. (2011). *Adiciones a la flora del Ecuador: Segundo suplemento; 2005-2010*. Fundación Jatun Sacha.

Ordóñez, A. (1999). Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso. *Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México DF*, 2–73.

Ostaiza, C. L. E. (2020). *Evaluación de la composición Florística del Bosque Siempreverde Piedemonte del Parque Nacional Sumaco Napo Galeras Sector Pacto Sumaco, Cantón Archidona, Provincia de Napo.* Universidad Estatal Amazónica.

Palacios, W. (2011). *Arboles del Ecuador: Familias y géneros MAE. Quito-Ecuador: EDISON J. ESPINOSA C.*

Palacios, W., Cerón, C., Valencia, R., & Sierra, R. (1999). Las formaciones naturales de la Amazonía del Ecuador. *Sierra R (Ed) Propuesta Preliminar de Un Sistema de Clasificación de Vegetación Para El Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito*, 109–119.

Palmer, M. W. (1990). The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, *71*(3), 1195–1198.

Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, *4*(2), 166–214.

Pearson, T., & Brown, S. (2005). Guide de mesure et de suivi du carbone dans les forêts et prairies herbeuses. *Winrock International*, *39*.

Reed, J., & Deakin, L. (2014). *Descubriendo el "enfoque de paisajes."* https://forestsnews.cifor.org/25146/descubriendo-el-enfoque-de-paisajes-estamos-en-el-camino-correcto?fnl=

Sasaki, D. (2009). *Myristicaceae neotropicales Neotropikey - Recursos interactivos clave y de información para plantas con flores del Neotrópico*.

SENPLADES. (2015). *Dato actualizado para Ecuador continental y las Islas Galápagos*. https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-5.pdf

Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continentalFundamental methods of mathematical economics* (Issue 581.909866 P965). Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Quito (Ecuador) EcoCiencia, Quito

(Ecuador).

Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. *Y Un Acercamiento a Los Próximos*, *10*, 57.

Smith, N., Mori, S. A., Henderson, A., Stevenson, D. W., & Heald, S. V. (2004). *Flowering plants of the Neotropics.* Princeton University Press.

Spurr, H. S., & Barnes, B. V. (1982). *Ecología Forestal. AGT Editor. México, D. F.*

Torres, B., Vasseur, L., López, R. et al. 2020. Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforest Syst* **94,** 1235–1245.

Vourlitis, G. L., Filho, N. P., Hayashi, M. M. S., de S. Nogueira, J., Caseiro, F. T., & Campelo Jr, J. H. (2002). Seasonal variations in the evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. *Water Resources Research*, *38*(6), 30–31.

Whittaker, R. H., Buol, S. W., Niering, W. A., & Havens, Y. H. (1968). A soil and vegetation pattern in the Santa Catalina Mountains, Arizona. *Soil Science*, *105*(6), 440–450.

Winckell, A., Zebrowski, C., & Sourdat, M. (1997). *2. Las regiones y paisajes del Ecuador*.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Inventario forestal de árboles ≥ 10 cm DAP de la familia Fabaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| No | Parcelas | *Nombre científico* | DAP (cm) | Altura total |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | *Lonchocarpus sp* | 12.0 | 3 |
| 2 | 1 | *Lonchocarpus sp* | 11.5 | 5 |
| 3 | 1 | *Inga sp* | 10.4 | 7 |
| 4 | 1 | *Erythrina sp* | 24.4 | 18 |
| 5 | 1 | *Erythrina sp* | 24.3 | 18 |
| 6 | 1 | *Lonchocarpus sp* | 12.5 | 8 |
| 7 | 1 | *Inga sp* | 31.5 | 10 |
| 8 | 1 | *Cassia sp* | 41.0 | 18 |
| 9 | 1 | *Erythrina sp* | 47.8 | 16 |
| 10 | 1 | *Cassia sp* | 25.3 | 3.5 |
| …….. | …….. | …… | …….. | …….. |
| …….. | …….. | …… | …….. | …….. |
| …….. | …….. | …… | …….. | …….. |
| 90 | 20 | *Inga sp* | 22.28 | 12 |
| 91 | 20 | *Inga edulis* | 18.21 | 14 |
| 92 | 20 | *Inga sp* | 10.16 | 13 |
| 93 | 20 | *Dussia sp* | 63.66 | 21 |
| 94 | 20 | *Dussia sp* | 42.34 | 21 |
| 95 | 20 | *Calliandra sp* | 19.10 | 13 |
| 96 | 20 | *Bauhinia sp* | 25.15 | 14 |

**Anexo 2.** Inventario forestal de árboles ≥ 10 cm DAP de la familia Myristicaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| No | Parcela | Nombre cientifico | DAP (cm) | Altura Total |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | *Otoba parvifolia* | 26,6 | 12 |
| 2 | 1 | *Virola duckei* | 17,3 | 7 |
| 3 | 2 | *Otoba parvifolia* | 17,19 | 6 |
| 4 | 3 | *Otoba parvifolia* | 15,28 | 6 |
| 5 | 3 | *Virola sp* | 76,39 | 18 |
| 6 | 3 | *Virola sp* | 26,74 | 8 |
| 7 | 3 | *Otoba parvifolia* | 27,37 | 6 |
| 8 | 3 | *Otoba parvifolia* | 23,87 | 8 |
| 9 | 4 | *Otoba parvifolia* | 24,19 | 8 |
| 10 | 4 | *Otoba parvifolia* | 55,70 | 22 |
| …… | …….. | …… | …….. | ……. |
| …… | …….. | …… | …….. | ……. |
| …… | …….. | …… | …….. | ……. |
| 98 | 20 | *Otoba glycycarpa* | 13,69 | 12 |
| 99 | 20 | *Otoba glycycarpa* | 35,65 | 16 |
| 100 | 20 | *Otoba glycycarpa* | 17,83 | 15 |
| 101 | 20 | *Otoba glycycarpa* | 25,72 | 13 |
| 102 | 20 | *Virola obovata* | 15,92 | 11 |

**Anexo 3.** Inventario forestal de árboles ≥ 10 cm DAP de la familia Urticaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| No | Parcela | Nombre cientifico | DAP (cm) | Altura Total |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | *Cecropia litoralis* | 14,5 | 15 |
| 2 | 1 | *Cecropia sp* | 20 | 8 |
| 3 | 1 | *Cecropia sp* | 23 | 7 |
| 4 | 1 | *Pourouma minor* | 50 | 6 |
| 5 | 2 | *Cecropia obtusifolia* | 24,83 | 15 |
| 6 | 3 | *Pourouma minor* | 20,37 | 6 |
| 7 | 3 | *Pourouma minor* | 21,33 | 12 |
| 8 | 3 | *Cecropia obtusifolia* | 37,88 | 15 |
| 9 | 4 | *Pourouma minor* | 17,83 | 8 |
| 10 | 4 | *Pourouma minor* | 17,83 | 8 |
| ……. | ……... | …… | …….. | …… |
| ……. | ……... | …… | …….. | …… |
| ……. | ……... | …… | …….. | …… |
| 90 | 20 | *Pourouma minor* | 15,47 | 11 |
| 91 | 20 | *Pourouma minor* | 18,78 | 14 |
| 92 | 20 | *Pourouma bicolor* | 24,83 | 20 |

**Anexo 4.** Posición sociológica absoluta (Psa) y relativa (Psr) de la familia Fabacaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| | | ≤ 10 m | | >10 m ≤ 20 m | | > 20 m | | Psa | Psr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No.** | **N. Cientifico** | **n(i)** | **VF(i) *n(i)** | **n(m)** | **VF(m) *n(m)** | **n(s)** | **VF(s) *n(s)** | | |
| 1 | *Bauhinia sp* | | | 4 | 2,83 | | | 2,83 | 5,41 |
| 2 | *Calliandra carbonaria* | 1 | 0,13 | 5 | 3,54 | | | 3,67 | 7,01 |
| 3 | *Calliandra sp* | | | 1 | 0,71 | | | 0,71 | 1,35 |
| 4 | *Cassia sp* | 1 | 0,13 | 1 | 0,71 | | | 0,83 | 1,59 |
| 5 | *Cedrelinga cateniformis* | | | | | 1 | 0,166 | 0,17 | 0,32 |
| 6 | *Dussia sp* | | | 2 | 1,42 | 3 | 0,5 | 1,92 | 3,66 |
| 7 | *Erythrina amazonica* | 1 | 0,13 | 1 | 0,71 | | | 0,83 | 1,59 |
| 8 | *Erythrina sp* | | | 4 | 2,83 | | | 2,83 | 5,41 |
| 9 | *Inga edulis* | | | 4 | 2,83 | | | 2,83 | 5,41 |
| 10 | *Inga marginata* | | | 1 | 0,71 | | | 0,71 | 1,35 |
| 11 | *Inga sp* | *5* | 0,63 | 32 | 22,67 | 4 | 0,666 | 23,96 | 45,78 |
| 12 | *Lonchocarpus sp* | *3* | 0,38 | 1 | 0,71 | | | 1,08 | 2,07 |
| 13 | *Machaerium sp* | | | 1 | 0,71 | | | 0,71 | 1,35 |
| 14 | *N/N* | | | 3 | 2,13 | 4 | 0,666 | 2,79 | 5,33 |
| 15 | *Parkia sp* | | | 2 | 1,42 | | | 1,42 | 2,71 |
| 16 | *Pseudopiptadenia sp* | | | 1 | 0,71 | 1 | 0,166 | 0,88 | 1,67 |
| 17 | *Pterocarpus sp* | | | 4 | 2,83 | 3 | 0,5 | 3,33 | 6,37 |
| 18 | *Zygia sp* | 1 | 0,13 | 1 | 0,71 | | | 0,83 | 1,59 |
| **Total** | | **12** | **1,5** | **68** | **48,17** | **16** | **2,67** | **52,33** | **100** |

**Anexo 5.** Posición sociológica absoluta (Psa) y relativa (Psr) de la familia Myristicaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| | | ≤ 10 m | | >10 m ≤ 20 m | | > 20 m | | Psa | Psr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No.** | **N. Cientifico** | **n(i)** | **VF(i) *n(i)** | **n(m)** | **VF(m) *n(m)** | **n(s)** | **VF(s) *n(s)** | | |
| 1 | *Otoba glycycarpa* | 9 | 1,13 | 34 | 24,08 | 7 | 1,17 | 26,38 | 51,55 |
| 2 | *Otoba parvifolia* | 10 | 1,25 | 1 | 0,71 | 1 | 0,17 | 2,13 | 4,15 |
| 3 | *Otoba sp* | | | 2 | 1,42 | | | 1,42 | 2,77 |
| 4 | *Virola duckei* | 1 | 0,13 | 1 | 0,71 | 1 | 0,17 | 1,00 | 1,95 |
| 5 | *Virola obovata* | | | 9 | 6,38 | | | 6,38 | 12,46 |
| 6 | *Virola sp* | 5 | 0,63 | 18 | 12,75 | 3 | 0,50 | 13,88 | 27,12 |
| **Total** | | **25** | **3,1** | **65** | **46** | **12** | **2** | **51,2** | **100** |

**Anexo 6.** Posición sociológica absoluta (Psa) y relativa (Psr) de la familia Fabacaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| | | ≤ 10 m | | >10 m ≤ 20 m | | > 20 m | | Psa | Psr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **No.** | **N. Cientifico** | **n(i)** | **VF(i) *n(i)** | **n(m)** | **VF(m) *n(m)** | **n(s)** | **VF(s) *n(s)** | | |
| 1 | *Cecropia ficifolia* | 2 | 0,250 | 3 | 2,125 | | | 2,375 | 4,99 |
| 2 | *Cecropia litoralis* | 1 | 0,125 | 2 | 1,417 | | | 1,542 | 3,24 |
| 3 | *Cecropia obtusifolia* | | | 6 | 4,250 | 1 | 0,167 | 4,417 | 9,27 |
| 4 | *Cecropia sciadophylla* | 1 | 0,125 | 23 | 16,292 | 9 | 1,500 | 17,917 | 37,62 |
| 5 | *Cecropia sp* | 2 | 0,250 | 2 | 1,417 | | | 1,667 | 3,50 |
| 6 | *Coussapoa sp* | | | 1 | 0,708 | 1 | 0,167 | 0,875 | 1,84 |
| 7 | *Pourouma bicolor* | 3 | 0,375 | 4 | 2,833 | 1 | 0,167 | 3,375 | 7,09 |
| 8 | *Pourouma guianensis* | | | 5 | 3,542 | | | 3,542 | 7,44 |
| 9 | *Pourouma minor* | 6 | 0,750 | 12 | 8,500 | 1 | 0,167 | 9,417 | 19,77 |
| 10 | *Pourouma tomentosa* | 1 | 0,125 | 3 | 2,125 | | | 2,250 | 4,72 |
| 11 | *Urera sp* | 2 | 0,250 | | | | | 0,250 | 0,52 |
| **Total** | | **18** | **2,3** | **61** | **43,2** | **13** | **2,2** | **47,6** | **100** |

**Anexo 7.** Índice de valor de importancia de la familia Fabacaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| No | Especie | No. Árboles | AB | FA | FR | AR | DR | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Inga sp* | 41 | 1.84 | 15 | 30.61 | 42.71 | 29.03 | 34.12 |
| 2 | *Dussia sp* | 5 | 1.29 | 4 | 8.16 | 5.21 | 20.34 | 11.24 |
| 3 | *N/N* | 7 | 1.01 | 3 | 6.12 | 7.29 | 15.96 | 9.79 |
| 4 | *Pterocarpus sp* | 7 | 0.42 | 2 | 4.08 | 7.29 | 6.70 | 6.02 |
| 5 | *Erythrina sp* | 4 | 0.42 | 2 | 4.08 | 4.17 | 6.65 | 4.97 |
| 6 | *Bauhinia sp* | 4 | 0.12 | 4 | 8.16 | 4.17 | 1.81 | 4.71 |
| 7 | *Calliandra carbonaria* | 6 | 0.11 | 3 | 6.12 | 6.25 | 1.67 | 4.68 |
| 8 | *Lonchocarpus sp* | 4 | 0.23 | 2 | 4.08 | 4.17 | 3.55 | 3.93 |
| 9 | *Inga edulis* | 4 | 0.13 | 2 | 4.08 | 4.17 | 2.02 | 3.42 |
| 10 | *Pseudopiptadenia sp* | 2 | 0.14 | 2 | 4.08 | 2.08 | 2.16 | 2.78 |
| 11 | *Cedrelinga cateniformis* | 1 | 0.27 | 1 | 2.04 | 1.04 | 4.31 | 2.46 |
| 12 | *Cassia sp* | 2 | 0.18 | 1 | 2.04 | 2.08 | 2.87 | 2.33 |
| 13 | *Parkia sp* | 2 | 0.05 | 2 | 4.08 | 2.08 | 0.71 | 2.29 |
| 14 | *Zygia sp* | 2 | 0.03 | 2 | 4.08 | 2.08 | 0.45 | 2.21 |
| 15 | *Erythrina amazonica* | 2 | 0.02 | 1 | 2.04 | 2.08 | 0.29 | 1.47 |
| 16 | *Machaerium sp* | 1 | 0.05 | 1 | 2.04 | 1.04 | 0.71 | 1.27 |
| 17 | *Calliandra sp* | 1 | 0.03 | 1 | 2.04 | 1.04 | 0.45 | 1.18 |
| 18 | *Inga marginata* | 1 | 0.02 | 1 | 2.04 | 1.04 | 0.29 | 1.12 |
| | | **96** | **6.342** | **49** | **100** | **100** | **100** | **100** |

**Anexo 8.** Índice de valor de importancia de la familia Myristicaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| No | Especie | No. Árboles | AB | FA | FR | AR | DR | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Otoba glycycarpa* | 50 | 2.850 | 11 | 32.35 | 49.02 | 50.70 | 44.02 |
| 2 | *Virola sp* | 26 | 1.557 | 10 | 29.41 | 25.49 | 27.70 | 27.53 |
| 3 | *Otoba parvifolia* | 12 | 0.665 | 5 | 14.71 | 11.76 | 11.83 | 12.77 |
| 4 | *Virola obovata* | 9 | 0.208 | 3 | 8.82 | 8.82 | 3.71 | 7.12 |
| 5 | *Virola duckei* | 3 | 0.231 | 3 | 8.82 | 2.94 | 4.12 | 5.29 |
| 6 | *Otoba sp* | 2 | 0.110 | 2 | 5.88 | 1.96 | 1.95 | 3.27 |
| | | **102** | **5.621** | **34** | **100** | **100** | **100** | **100** |

**Anexo 9.** Índice de valor de importancia de la familia Rubiaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| No | Especie | No. Árboles | AB | FA | FR | AR | DR | IVI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *Cecropia ficifolia* | 5 | 0.08 | 5 | 10.20 | | 35.87 | 39.59 |
| 2 | *Cecropia litoralis* | 3 | 0.04 | 3 | 6.12 | | 20.65 | 22.33 |
| 3 | *Cecropia obtusifolia* | 7 | 0.52 | 3 | 6.12 | | 8.70 | 9.33 |
| 4 | *Cecropia sciadophylla* | 33 | 1.86 | 10 | 20.41 | | 7.61 | 11.09 |
| 5 | *Cecropia sp* | 4 | 0.12 | 3 | 6.12 | | 5.43 | 1.79 |
| 6 | *Coussapoa sp* | 2 | 0.22 | 1 | 2.04 | | 5.43 | 5.38 |
| 7 | *Pourouma bicolor* | 8 | 0.44 | 5 | 10.20 | | 4.35 | 2.65 |
| 8 | *Pourouma guianensis* | 5 | 0.25 | 3 | 6.12 | | 3.26 | 0.83 |
| 9 | *Pourouma minor* | 19 | 1.05 | 13 | 26.53 | | 4.35 | 1.26 |
| 10 | *Pourouma tomentosa* | 4 | 0.06 | 2 | 4.08 | | 2.17 | 4.60 |
| 11 | *Urera sp* | 2 | 0.05 | 1 | 2.04 | | 2.17 | 1.16 |
| | | **92** | **4.70** | **49** | **100** | **100** | **100** | **100** |

**Anexo 10.** Número de individuos de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Rubiaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano.

| | No de individuos | Familias | Géneros | Especies |
|---|---|---|---|---|
| Inventario Total | 1377 | 49 | 130 | 180 |
| Tres familias | 290 | 3 | 21 | 35 |
| Fabaceae | 96 | | 15 | 18 |
| Myristicaceae | 102 | | 2 | 6 |
| Urticaceae | 92 | | 4 | 11 |

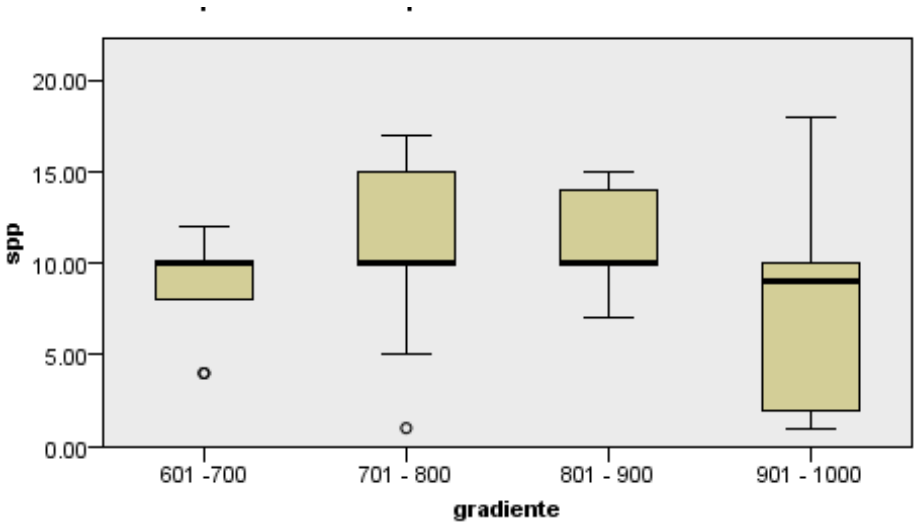
**Anexo 11.** Géneros de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Rubiaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano

| **Fabaceae** | **Myristicace** | **Urticaceae** |
|---|---|---|
| Bauhinia | Otoba | Cecropia |
| Calliandra | Virola | Coussapoa |
| Cassia | | Pourouma |
| Cedrelinga | | Urera |
| Dussia | | |
| Eritryna | | |
| Erythrina | | |
| Inga | | |
| Lonchocarpus | | |
| Machaerium | | |
| N/N | | |
| Parkia | | |
| Pseudopiptadenia | | |
| Pterocarpus | | |
| Zygia | | |

**Anexo 12.** Especies de las familias Fabaceae, Myristicaceae y Rubiaceae en parcelas permanentes de un bosque siempreverde piemontano

| **Fabaceae** | **Myristicace** | **Urticaceae** |
|---|---|---|
| *Bauhinia sp* | *Otoba glycycarpa* | *Cecropia ficifolia* |
| *Calliandra carbonaria* | *Otoba parvifolia* | *Cecropia litoralis* |
| *Calliandra sp* | *Otoba sp* | *Cecropia obtusifolia* |
| *Cassia sp* | *Virola duckei* | *Cecropia sciadophylla* |
| *Cedrelinga cateniformis* | *Virola obovata* | *Cecropia sp* |
| *Dussia sp* | *Virola sp* | *Coussapoa sp* |
| *Erythrina amazonica* | | *Pourouma bicolor* |
| *Erythrina sp* | | *Pourouma guianensis* |
| *Inga edulis* | | *Pourouma minor* |
| *Inga marginata* | | *Pourouma tomentosa* |
| *Inga sp* | | *Urera sp* |
| *Lonchocarpus sp* | | |
| *Machaerium sp* | | |
| *N/N* | | |
| *Parkia sp* | | |
| *Pseudopiptadenia sp* | | |
| Pterocarpus sp | | |
| Zygia sp | | |

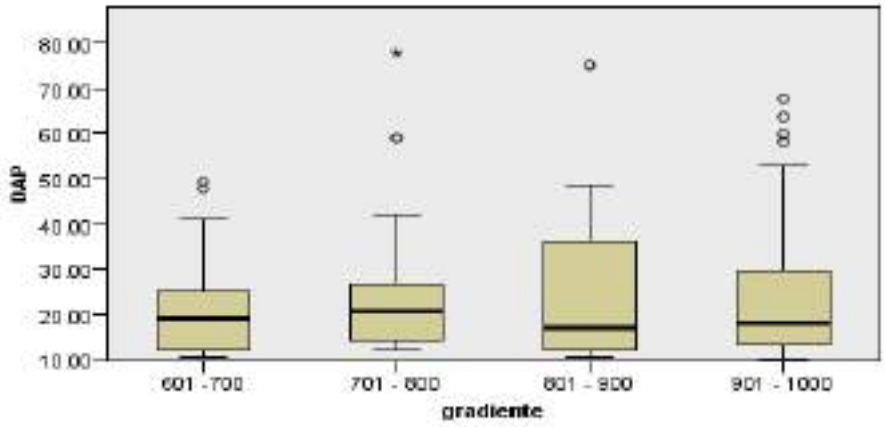
**Anexo 13.** Diagrama de cajas y estadísticas de la prueba de Kruskal – Wallis de la composición florística de la familia Fabaceae en función de la gradiente altitudinal. Si p <0,05, existen diferencias significativas variables.




| | |
|---|---|
| **Total N** | 96 |
| **Test Statistic** | 13.143 |
| **Degrees of Freedom** | 3 |
| **Asymptotic Sig. (2-sided test)** | .004 |

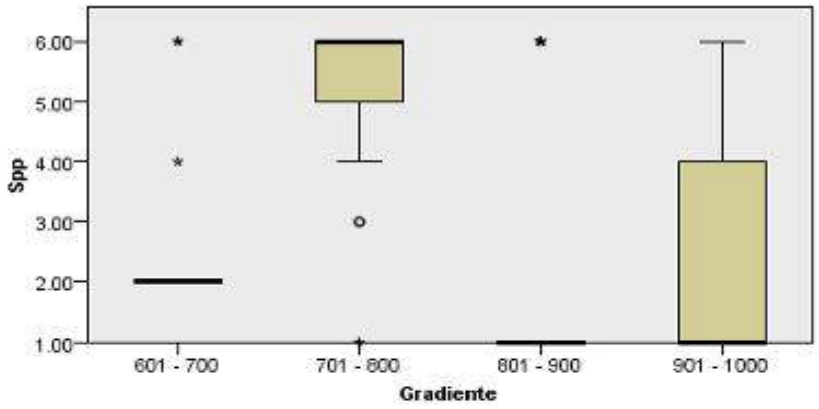
| Sample1-Sample2 | Test Statistic | Std. Error | Std. Test Statistic | Sig. | Adj.Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| 901 - 1000-601 -700 | 10.890 | 7.921 | 1.375 | .169 | 1.000 |
| 901 - 1000-701 - 800 | 20.156 | 6.846 | 2.944 | .003 | .019 |
| 901 - 1000-801 - 900 | 25.218 | 8.067 | 3.126 | .002 | .011 |
| 601 -700-701 - 800 | -9.267 | 7.969 | -1.163 | .245 | 1.000 |
| 601 -700-801 - 900 | -14.328 | 9.040 | -1.585 | .113 | .678 |
| 701 - 800-801 - 900 | -5.062 | 8.114 | -.624 | .533 | 1.000 |

**Anexo 14.** Diagrama de cajas y estadísticas de la prueba de Kruskal – Wallis del DAP de la familia Fabaceae en función de la gradiente altitudinal. Si p <0,05, existen diferencias significativas variables.




| | |
|---|---|
| Total N | 96 |
| Test Statistic | 1.166 |
| Degrees of Freedom | 3 |
| Asymptotic Sig. (2-sided test) | .761 |

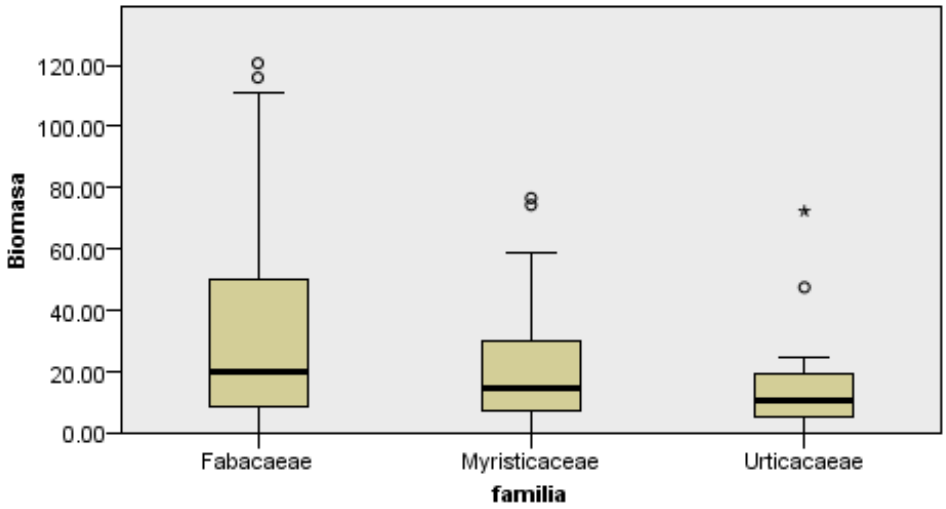
**Anexo 15.** Diagrama de cajas y estadísticas de la prueba de Kruskal – Wallis de la composición florística de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal. Si p <0,05, existen diferencias significativas variables.




| | |
|---|---|
| Total N | 102 |
| Test Statistic | 36.687 |
| Degrees of Freedom | 3 |
| Asymptotic Sig. (2-sided test) | .000 |

| Sample1-Sample2 | Test Statistic | Std. Error | Std. Test Statistic | Sig. | Adj.Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| 901 - 1000-801 - 900 | 1.955 | 6.768 | .289 | .773 | 1.000 |
| 901 - 1000-601 - 700 | 22.473 | 8.561 | 2.625 | .009 | .052 |
| 901 - 1000-701 - 800 | 41.297 | 7.675 | 5.381 | .000 | .000 |
| 801 - 900-601 - 700 | 20.518 | 8.561 | 2.397 | .017 | .099 |
| 801 - 900-701 - 800 | 39.342 | 7.675 | 5.126 | .000 | .000 |
| 601 - 700-701 - 800 | -18.824 | 9.294 | -2.025 | .043 | .257 |

**Anexo 16.** Diagrama de cajas y estadísticas de la prueba de Kruskal – Wallis de la de la biomasa sobre el suelo y carbono almacenado de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal. Si p <0,05, existen diferencias significativas variables.

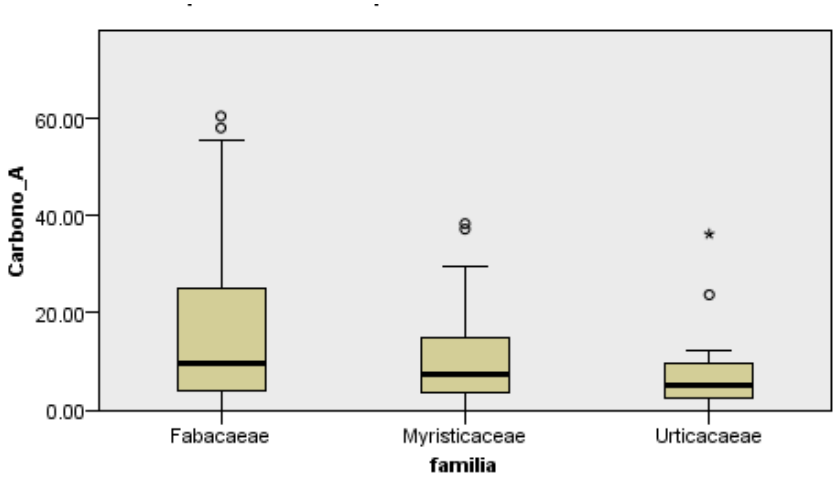



| | |
|---|---|
| Total N | 60 |
| Test Statistic | 3.330 |
| Degrees of Freedom | 2 |
| Asymptotic Sig. (2-sided test) | .189 |

| | Null Hypothesis | Test | Sig. | Decision |
|---|---|---|---|---|
| 1 | The distribution of Parcela is the same across categories of familia. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | 1.000 | Retain the null hypothesis. |
| 2 | The distribution of Biomasa is the same across categories of familia. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | .189 | Retain the null hypothesis. |
| 3 | The distribution of Carbono_A is the same across categories of familia. | Independent-Samples Kruskal-Wallis Test | .189 | Retain the null hypothesis. |

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

**Anexo 17.** Diagrama de cajas de carbono almacenado de la familia Myristicaceae en función de la gradiente altitudinal. Si p <0,05, existen diferencias significativas variables.




| | |
|---|---|
| **Total N** | 60 |
| **Test Statistic** | 3.330 |
| **Degrees of Freedom** | 2 |
| **Asymptotic Sig. (2-sided test)** | .189 |