

**Incidencia del relieve en la estructura y composición vegetal de un bosque subandino en la  
Cordillera Oriental de Colombia**

**Guiller Yesenia Malpica Barroso**

Programa de biología, Facultad de ciencias básicas

Universidad de Pamplona

Pamplona, Colombia

2023

**Incidencia del relieve en la estructura y composición vegetal de un bosque subandino en la  
Cordillera Oriental de Colombia**

**Guiller Yesenia Malpica Barroso**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Bióloga

Directores:

M.Sc., Luis Roberto Sánchez Montaña

Facultad de Ciencias Básicas – Universidad de Pamplona

M.Sc., Carlos Herney Cáceres Martínez

Facultad de Ciencias Básicas – Universidad de Pamplona

Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas

Universidad de Pamplona

Pamplona, Colombia

2023

### **Agradecimientos**

Mis especiales agradecimientos a mis directores Luis R. Sánchez Montaña y Carlos Cáceres Martínez, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como dedicar su valioso tiempo para el desarrollo de este proyecto.

Mi gratitud también está en compañeros y profesores del programa de biología que influyeron e impulsaron mi formación académica en las ciencias básicas.

También agradecer al Área Natural Única Los Estoraques por brindar la oportunidad de realizar esta investigación, a funcionarios y contratistas del parque por su amable apoyo durante el trabajo en campo

Y para finalizar este trabajo va dedicado a mi madre por su esfuerzo y amor durante este proceso, por darme una carrera para mi futuro y creer en mi capacidad.

## Tabla de contenido

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen.....                                                                     | 10 |
| Abstract .....                                                                   | 11 |
| Introducción .....                                                               | 13 |
| Planteamiento del problema y justificación .....                                 | 15 |
| Objetivos.....                                                                   | 34 |
| Objetivo General .....                                                           | 34 |
| Objetivos específicos .....                                                      | 34 |
| Marco teórico .....                                                              | 18 |
| Diversidad neotropical: .....                                                    | 18 |
| Heterogeneidad ambiental a diferentes escalas: .....                             | 20 |
| ¿Cómo influye el microclima topográfico en la vegetación? .....                  | 21 |
| Área Natural Única Los Estoraques.....                                           | 23 |
| Reserva Forestal Protectora de la Cuenca Alta de la Quebrada La Tenería .....    | 24 |
| Características biofísicas.....                                                  | 25 |
| Clima y vegetación: .....                                                        | 25 |
| Bosques subandinos de Colombia .....                                             | 26 |
| Antecedentes .....                                                               | 29 |
| Efectos de la topografía en bosques montanos bajos tropicales o .....            | 29 |
| Efecto de la pendiente en la estructura de un bosque montano pluvial .....       | 30 |
| Efecto de la topografía sobre la estructura vegetal en un bosque andino tropical | 31 |
| Comparación de la composición y diversidad de especies vegetales en dos áreas    |    |
| de matorral seco subxerofítico .....                                             | 32 |

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Análisis multitemporal de los cambios en el uso del suelo y su influencia en la oferta hídrica ..... | 32 |
| Métodos.....                                                                                         | 35 |
| Área de estudio .....                                                                                | 35 |
| Fase de campo.....                                                                                   | 36 |
| Composición florística del bosque:.....                                                              | 36 |
| Pendiente topográfica: .....                                                                         | 37 |
| Temperatura y humedad relativa: .....                                                                | 38 |
| Colección e identificación de las muestras botánicas: .....                                          | 38 |
| Tratamiento de los datos .....                                                                       | 38 |
| Composición, diversidad y riqueza florística: .....                                                  | 38 |
| Similitud entre niveles topográficos: .....                                                          | 41 |
| Estructura .....                                                                                     | 41 |
| Evaluación de las variables ambientales en la estructura y composición: .....                        | 44 |
| Variación de la estructura y diversidad .....                                                        | 44 |
| Efecto de la pendiente.....                                                                          | 44 |
| Humedad relativa .....                                                                               | 45 |
| Resultados .....                                                                                     | 45 |
| Composición florística del área: .....                                                               | 45 |
| Composición florística en cada nivel topográfico: .....                                              | 47 |
| Índices de diversidad y riqueza:.....                                                                | 48 |
| Similitud entre los niveles topográficos:.....                                                       | 50 |
| Estructura: .....                                                                                    | 51 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Clases diamétricas:.....                       | 52 |
| Estructura vertical: .....                     | 54 |
| Variación de la estructura y diversidad: ..... | 66 |
| Efecto de la pendiente.....                    | 67 |
| Humedad relativa: .....                        | 69 |
| Discusión.....                                 | 73 |
| Conclusiones .....                             | 78 |
| Referencias bibliográficas.....                | 79 |
| Apéndice .....                                 | 83 |

### Índice de figuras

|                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Localización general del Área Natural Única Los Estoraques en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander. Nuevo Límite y Límite antiguo. Fuente: Adaptado del polígono oficial del ANULE..... | 24 |
| <b>Figura 2.</b> Distribución del piso bioclimático subandino en los Andes colombianos (Rodríguez et al., 2006). .....                                                                                                    | 28 |
| <b>Figura 3.</b> Coberturas vegetales del ANULE. Parcelas por nivel topográfico en la cobertura de bosque denso alto. Fuente: Adaptación del polígono oficial del ANULE. ....                                             | 35 |
| <b>Figura 4.</b> Medición directa de la pendiente. Fuente: elaboración propia.....                                                                                                                                        | 38 |
| <b>Figura 4.</b> Clasificación de estratos, según el porcentaje de altura para el análisis de estructura vertical (Pretzsch, 2009).....                                                                                   | 42 |
| <b>Figura 5.</b> Curva de acumulación para el área total muestreada en la zona de ampliación. ..                                                                                                                          | 46 |

**Figura 6.** Curva de rarefacción-extrapolación construidas a partir de los datos de abundancia basadas en **A:** número de Hill de orden 0 y **B:** diversidad de segundo orden  $q=1$ . Línea continua indica interpolación y línea punteada indica extrapolación. La sombra muestra el intervalo de confianza del 95% para cada nivel topográfico (Cresta, Ladera Media, Ladera Baja y Vallecito). 48

**Figura 7.** Riqueza de especies según las formas de vida (A: árbol, Ab: arbolito, Ar: arbusto, B: bejuco, H: hierbas, L: liana, Mg: megaforbias, r: rastrera) para los cuatro niveles topográficos. 50

**Figura 8.** Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de 16 parcelas (4 parcelas para cada nivel topográfico) basado en la disimilitud de Bray-Curtis (stress = 0,112). Abreviatura de las parcelas: Cresta (Cr), Ladera media (Lm), Ladera baja (Lb), Vallecito (V). ..... 51

**Figura 9.** Distribución diamétrica de individuos con DAP > 1 cm para los niveles topográficos del bosque subandino en el Área Natural Única Los Estoraques. .... 54

**Figura 10.** PCA basado en atributos de comunidades de árboles estructurales y de diversidad. AB: área basal; AC: área de copa; H, altura, IND: número de individuos; DAP: diámetro altura pecho; Sp: número de especies; 1D y 2D: números de Hill. La varianza explicada por el eje 1 y el eje 2 del PCA fue del 52,5% y el 21,4%, respectivamente. Se dibujaron elipses con un nivel de confianza del 85%. ..... 67

**Figura 11.** Número de individuos por grado de inclinación presentadas entre los niveles topográficos. 68

**Figura 12.** Correlación del número de individuos, número de especies, diámetro y altura y el grado de inclinación de la pendiente presentes en los cuatro niveles topográficos. .... 69

**Figura 13.** (a) Humedad relativa media en periodo de lluvias para cada nivel medidas durante 15 días (b) Humedad relativa media del periodo seco para tres niveles topográficos. .... 71

**Figura 14.** (a) Temperatura media en periodo de lluvias para cada nivel medidas durante 15 días (b) Temperatura media del periodo seco para tres niveles topográficos. .... 72

### Índices de tabla

**Tabla 1.** Altitud y coordenadas de las parcelas por nivel topográfico. .... 37

**Tabla 2.** Variables para el cálculo de la caracterización estructural vertical. .... 43

**Tabla 3.** Valores de estimadores no paramétricos..... 47

**Tabla 4.** Análisis de los índices de diversidad y riqueza de los niveles topográficos..... 49

**Tabla 5.** Similitud en composición de especies en términos de la distancia de “Dice-Sorensen” para los niveles topográficos..... 51

**Tabla 6.** Valores **P** para arboles con DAP > 1 cm en los niveles topográficos. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ..... 53

**Tabla 7.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de Cresta y sus índices de importancia ecológica de las especies..... 55

**Tabla 8.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de Ladera media y sus índices de importancia ecológica (IVI)..... 57

**Tabla 9.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de Ladera baja y sus índices de importancia ecológica (IVI)..... 60

**Tabla 10.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de vallecito y sus índices de importancia ecológica (IVI)..... 63

**Tabla 11.** Resumen del Índice A de Pretzsch para los niveles topográficos..... 65

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 12.</b> Prueba de Kruskal-Wallis ..... | 68 |
|-------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 13.</b> Comparación de la humedad relativa y temperatura entre los niveles topográficos utilizando el método de ajuste de Holm..... | 70 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### **Apéndice**

|                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 1.</b> Lista de especies registradas en cada gradiente topográfico de la zona de ampliación del Área Natural Única Los Estoraques, ordenadas alfabéticamente por familias. ... | 83 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 2.</b> Especies exclusivas de los niveles topográficos cresta, ladera media, ladera baja y vallecito | 89 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 3.</b> Número de individuos en clases diamétricas para el nivel de cresta. .... | 90 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 4.</b> Número de individuos por clases diamétricas en el nivel de ladera media ..... | 91 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 5.</b> Número de individuos por clases diamétricas de la ladera baja. .... | 93 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 6.</b> Número de individuos por clases diamétricas en el nivel de vallecito. .... | 94 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Resumen

Este estudio se enfocó en analizar las relaciones entre el gradiente topográfico y la distribución de comunidades de plantas en el bosque húmedo subhigrofítico subandino, considerando cuatro unidades topográficas: Cresta, ladera media, ladera baja y el vallecito del Área Natural Única Los Estoraques (ANULE), ubicada en La Playa de Belén, en el departamento de Norte de Santander. Para el muestreo de la vegetación, se establecieron cuatro parcelas de 100 m<sup>2</sup> por nivel topográfico utilizando el método de cuadrantes. Inventariando todas las plantas terrestres herbáceas, arbustivas y leñosas con un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 1$  cm. Se estimaron los índices de diversidad verdadera (Números de Hill), así como la estructura horizontal y vertical (Índice A de Pretzsch). Las relaciones entre las comunidades vegetales de los niveles topográficos se analizaron mediante un NMDS y PCA. Los resultados revelaron que la ladera baja exhibió la mayor riqueza de especies, con 85 especies, seguida por el vallecito con 68, ladera media con 66 y cresta con 44 especies. La similitud entre los sitios, basada en el índice de Bray-curtis y Sorensen, fue baja, destacándose la presencia de especies únicas en el vallecito y ladera baja. En cuanto a la estructura del bosque, se observó que la ladera media presentó mayor dominancia, alturas y diversidad de especies en comparación con los otros niveles, mientras que la cresta registró los valores más bajos en estos aspectos. En cuanto a las variables del medio se encontró que la pendiente se correlaciona positivamente con el diámetro de los individuos y que existen diferencias significativas en la humedad relativa entre los niveles topográficos. Este hallazgo enfatiza la importancia de aplicar estrategias de conservación adaptadas a cada unidad topográfica, reconociendo sus particularidades y fomentando la preservación de la biodiversidad única que caracteriza a cada una de ellas. En términos de conservación, las unidades topográficas pueden ser útiles para identificar áreas críticas para la

conservación y priorizar esfuerzos de conservación en áreas donde la biodiversidad es alta y/o amenazada. Por lo tanto, la selección cuidadosa de unidades topográficas es una herramienta valiosa para la gestión y conservación de los ecosistemas.

**Palabras clave:** Conservación, diversidad, humedad relativa, ladera, pendiente, topografía.

### **Abstract**

This study focused on analyzing the relationships between the topographic gradient and the distribution of plant communities in the sub-hygrophitic sub-Andean humid forest, considering four topographic units: Ridge, middle slope, low slope and the small valley of the Los Estoraques Unique Natural Area (ANULE), located in La Playa de Belén, in the department of Norte de Santander. For vegetation sampling, four plots of 100 m<sup>2</sup> are established per topographic level using the quadrat method. Inventorying all herbaceous, shrubby and woody terrestrial plants with a diameter at breast height (DBH)  $\geq 1$  cm. True diversity indices (Hill Numbers) were estimated, as well as horizontal and vertical structure (Pretzsch A Index). The relationships between the plant communities of the topographic levels were analyzed using an NMDS and PCA. The results revealed that the low slope exhibited the greatest species richness, with 85 species, followed by the little valley with 68, the middle slope with 66, and the crest with 44 species. The similarity between the sites, based on the Bray-curtis and Sorensen index, was low, highlighting the presence of unique species in the little valley and low slope. Regarding the structure of the forest, it will be observed that the middle staircase presented greater dominance, heights and diversity of species compared to the other levels, while the crest recorded the lowest values in these aspects. Regarding the environmental variables, it was found that the slope is positively correlated with the diameter of the individuals and that there are significant differences in relative humidity between topographic levels. This finding emphasizes the

importance of applying conservation strategies adapted to each topographic unit, recognizing its particularities and promoting the preservation of the unique biodiversity that characterizes each of them. In terms of conservation, topographic units can be useful for identifying critical areas for conservation and prioritizing conservation efforts in areas where biodiversity is high and/or threatened. Therefore, the careful selection of topographic units is a valuable tool for ecosystem management and conservation.

**Keywords:** Conservation, diversity, hillside, relative humidity, slope, topography.

## Introducción

Los bosques del neotrópico se caracterizan por presentar una gran diversidad biológica, llegando a considerarse ecosistemas estructuralmente y ecológicamente complejos y de mayor extensión geográfica en el mundo (Jucker *et al.*, 2018). Por lo tanto, se han llevado a cabo numerosas investigaciones que se centran en explorar las relaciones entre las comunidades vegetales y los factores ambientales, especialmente las correlaciones entre el patrón de vegetación, la elevación y otros factores que apoyan a entender la diversidad neotropical (Qiu *et al.*, 2012). Sin embargo, incluso dentro ecosistemas intactos, la estructura, composición y función de los bosques pueden variar considerablemente a escalas espaciales muy pequeñas (Jucker *et al.*, 2018). En consecuencia, se ha logrado definir los cambios de la vegetación a lo largo de los gradientes ambientales en las diferentes escalas espaciales, que incluso a escala locales compiten con variaciones observadas en amplios gradientes ambientales y biogeográficos (Zhang & Ni 2013).

Además, comprender estas variaciones a pequeñas escalas son importante para predecir como los bosques responderán a un cambio global y así poder ampliar estrategias de conservación y manejo que maximicen la biodiversidad de estos ecosistemas (Giaccone *et al.*, 2019).

Por lo tanto, la topografía emerge como un factor clave, dado que, a grandes escalas espaciales y temporales, las respuestas en el cambio de especies están vinculadas con el clima (Takyu *et al.*, 2002). A escalas locales, la topografía afecta las condiciones térmicas, hidrológicas y edáficas (Muscarella *et al.*, 2018), siendo así que la topografía incida considerablemente en las condiciones abióticas o factores ambientales y en consecuencia influyan en la estructura, función y dinámica de las comunidades ecológicas (Qiu *et al.*, 2012). En otras palabras, las

características topográficas como el relieve del terreno, la pendiente y la curvatura son determinantes en la variación de la química del suelo, así como en la hidrología, exposición solar, corrientes de viento y el clima, que generan diferencias en la diversidad o estructura en una misma montaña (Giaccone *et al.*, 2018). La interacción de dichos factores es esencial para comprender la relación entre el clima, el relieve y la vegetación, ya que pueden dar lugar a comunidades de plantas distintas en diversos niveles topográficos. Además, la humedad relativa puede influir en la estabilidad de la pendiente y la probabilidad de deslizamientos de tierra y otros desastres naturales asociados con la topografía (Muscarella *et al.*, 2018).

El objetivo de este trabajo fue describir a escala local, la heterogeneidad estructural y diversidad florística asociada a las variaciones topográficas en el bosque húmedo subhigrofito en la zona de ampliación del Área Natural Única Los Estoraques, centrándose especialmente en las variaciones topográficas presentes en esta área, al presentar un relieve montañoso modelado por procesos fluvio erosional y lomeríos, con climas que van desde medio seco, frío húmedo y semihúmedo. Particularmente se destacó la presencia de formaciones geográficas distintas como filas, vigas, lomas y vallecitos. Es así que se llevó a cabo la caracterización de la vegetación en cuatro geoformas correspondientes a cresta, ladera media, ladera baja y vallecito, simultáneamente determinando la diversidad. Para comprender mejor cómo estas diferencias topográficas influyen en la composición y estructura del bosque, se realizaron mediciones detalladas de la humedad relativa y la pendiente del terreno. Este enfoque integral permitió examinar el efecto de la topografía en la heterogeneidad del bosque y proporciona información crucial para la gestión y conservación de este ecosistema diverso y dinámico.

### **Planteamiento del problema y justificación**

El El Área Natural Única Los Estoraques (ANULE) ubicada en el municipio de La Playa de Belén, departamento Norte de Santander, presentaba una extensión de 640,62 ha, donde surgió la iniciativa de la ampliación del ANULE, considerando el territorio vecino de la Reserva Forestal Protectora Nacional de la Cuenca Alta de la Quebrada La Tenería, debido a que los objetivos de conservación eran similares, además que existía una zona de traslape del 53% (349 ha) en las dos áreas protegidas, como resultado la extensión total del área protegida fue incrementada a 1053 hectáreas, según lo establecido en la Resolución No. 0850 del 05 de agosto de 2022, adquiriendo una relevancia significativa al albergar una concentración importante de bosque húmedo subhigrofítico maduro.

Pese a que ya se ha caracterizado mayormente la biota del ANULE (Meneses y Tinjaca, 2017) para la zona de ampliación se ha investigado poco, por lo cual es importante generar información de línea base, a partir de la caracterización de la estructura y la composición taxonómica de la vegetación en diferentes unidades topográficas que sirvan de referente para la planificación, el manejo y la conservación de estos ecosistemas (Castillo, 2015). Estos estudios de vegetación que aportan principalmente información de diversidad, recambio de especies y aspectos estructurales, también implica necesariamente analizar otras condiciones ambientales y espaciales, como la topografía del paisaje.

Y además se ha documentado que la heterogeneidad espacial es un determinante, en el origen, permanencia y reemplazo de especies en todas las escalas, lo cual aumenta las probabilidades al combinarlas con variables ambientales como la luz solar, el viento, la precipitación, la humedad y los nutrientes, que forman sitios ambientales distintos a diferentes escalas (Girón 2009). Es decir que el relieve influye en la distribución espacio-temporal de la

materia y la energía, generando que la composición florística y estructura varíen por la topografía (Takyu et al., 2002). Estas formaciones topográficas se pueden identificar a escalas espaciales globales, continentales y locales. A una escala espacial local se pueden identificar tres geoformas básicas como filos, laderas y cañadas. Por ejemplo, se ha encontrado que a mayor pendiente la densidad de plantas aumenta, la altura del dosel disminuye y el área basal se distribuye en tallas con menor diámetro (Escalante, 2011).

En este contexto, teniendo en cuenta que las características topográficas del Área Natural Única Los Estoraques que se diferencian en forma, ubicación e inclinación pueden provocar variaciones en los aportes de materia y energía a lo largo de la montaña, originando cinturones de vegetación y una gran diversidad de especies y distintas asociaciones florísticas, determinando distintos tipos de vegetación. Por lo tanto, este estudio busca describir a una escala local si la variación topográfica (Cresta, Ladera media y Ladera baja) en relación a la humedad influyen en la estructura y composición florística del bosque húmedo subhigrofitico.

Por último, dada la importancia ecológica, socioeconómica (ecoturismo), cultural y ambiental del ANULE, y a la reciente adición de la RFPN La Tenería a los límites del área protegida, es necesario conocer e identificar las comunidades vegetales y su estructura, con el fin de incluir esta información en el plan de manejo del ANULE, y así desarrollar planes y estrategias de conservación y restauración, acordes a la que presentan estas comunidades durante su desarrollo evolutivo y estado sucesional. Tratando de conservar todas las propiedades emergentes que puedan haberse desarrollado, y atributos del paisaje a escala local, en esta área que se caracteriza por tener vegetación secundaria y relictos de áreas prístinas de los que se desconoce el estado actual, así como los servicios ecosistémicos que brinda; mantenimiento de la

biodiversidad, acumulación de biomasa y carbono, regulación y aseguramiento de la provisión hídrica.

## **Marco teórico**

### **Diversidad neotropical:**

Colombia se ha caracterizado por poseer una gran diversidad biológica, que ha sido favorecida por eventos de especiación impulsada por el levantamiento de la cordillera de Los Andes y el asentamiento de especies que llegaron a través del istmo centroamericano (Girón 2009). Además, esta diversidad de la biota andina colombiana también es el resultado de la complejidad geomorfológica y topográfica por la existencia de tres cordilleras, que proporcionaron y aumentaron las posibilidades del uso de recursos, nuevos ambientes, nuevas condiciones ecológicas y barreras naturales, que generaron así la radiación y diversificación de las especies (Kattan, 2003); de esta manera se originaron casi la mitad de todas las especies de plantas neotropicales (Gentry, 1995).

Por tal razón, se ha considerado que la heterogeneidad espacial del relieve y la historia biogeográfica son los dos factores más importantes para explicar el origen, permanencia y reemplazo de especies, para el mantenimiento de la diversidad biológica y también para explicar la complejidad ecológica de los Andes tropicales (Gentry, 1995). Es así que, la topografía es uno de los gradientes ambientales importantes que proporcionan diversidad de hábitat para las comunidades de plantas, ya que es una fuente importante de heterogeneidad, porque actúa sobre los principales factores limitantes de las comunidades forestales (agua, nutrientes, luz) (Robert, 2001).

En particular, el aumento de la pendiente crea una anisotropía del recurso de luz en las copas, a través de la puesta en escena de los árboles, y además a lo largo de los gradientes topográficos desde las crestas hasta los valles, aumenta la diversidad de especies, mientras que disminuye la dominancia de especies con hojas más pequeñas y gruesas (Takyu et al., 2002). Por

otro lado, el tamaño máximo de los árboles, la biomasa y la productividad primaria neta sobre el suelo aumentan de las crestas a los valles. En consecuencia, se tiene que los cambios en las comunidades vegetales son principalmente fisiográficos, ya sea en donde se erosionen las colinas, se desarrollen planos de inundación o se amplíen los valles, resultando que una forma topográfica esté representada por una comunidad de plantas (Cowles, 1901).

Sin embargo, los mecanismos de los cambios topográficos de la vegetación aún no se comprenden bien, ya que un gradiente topográfico es un gradiente ambiental complejo que incluye muchos factores.

En este contexto, muchos estudios descriptivos de la vegetación han tratado la topografía como un gradiente de humedad del suelo, porque los suelos de las crestas a menudo estaban más secos que los de las laderas (Zhang, Hu, & Ni, 2013). Otros estudios mostraron que los nutrientes del suelo están menos disponibles en las crestas, que en las laderas; además, los fuertes vientos en las crestas y las frecuentes erosiones y deslizamientos de tierra en las laderas (Jucker et al., 2018).

En algunos casos, los rasgos de las especies se han relacionado con sus asociaciones topográficas, ilustrando los mecanismos fisiológicos que generan y refuerzan las asociaciones de hábitat locales. Por ejemplo, las especies asociadas a las crestas a menudo tienen características que les permiten hacer frente a la sequía y la limitación de nutrientes (características de uso de recursos 'conservadores' como alta densidad de madera y área foliar), mientras que las especies asociadas con las zonas más húmedas y fértiles, las condiciones de los valles tienden a tener rasgos más fuertemente asociados con un crecimiento rápido (por ejemplo, baja densidad de madera) (Zhang, Hu, & Ni, 2013).

En algunos casos, los rasgos de las especies se han relacionado con sus asociaciones topográficas, que se evidencia en los mecanismos fisiológicos que generan y fortalecen en relación al hábitat local (Muscarella *et al.*, 2018), por ejemplo, en las crestas y laderas empinadas, la fuerte competencia por la limitación de nutrientes y sequía favorece a las especies con rasgos de historia de vida orientados a maximizar la supervivencia, como es el uso de recursos “conservadores” que se manifiestan en una alta densidad de madera y de biomasa aérea (Takyu *et al.*, 2002). Por el contrario, los bosques en los valles aluviales están moldeados por una feroz competencia por la luz y generalmente desarrollan copas más altas y estratificadas verticalmente, asociándose a un crecimiento rápido que resultan en una baja densidad de madera y de biomasa aérea (Escalante 2011). En algunos casos, los rasgos de las especies se han relacionado con sus asociaciones topográficas, lo que ilustra los mecanismos fisiológicos que generan y refuerzan las asociaciones del hábitat local.

### **Heterogeneidad ambiental a diferentes escalas:**

Se pueden identificar formaciones topográficas o geoformas, a diferentes escalas. Por ejemplo, a escala global, océanos y continentes; a escala continental, cordilleras, planicies, llanuras interiores o costeras; a escala de macroformas, tierras bajas, montañas, zonas costeras o interiores, zonas de barlovento o de sotavento y a escala de geoformas, filos, valles y laderas. Sobre las geoformas y las comunidades biológicas que en ellas se desarrollan también ocurren otras perturbaciones, por ejemplo, terremotos, erupciones volcánicas, huracanes, inundaciones, incendios, sequías, tormentas, derrumbes, lluvias orográficas y formación de claros. Estas perturbaciones, a su vez, generan heterogeneidad ambiental a otros niveles de la escala espacial.

En grandes escalas espaciales y temporales, la topografía da forma a los regímenes climáticos e influye en los procesos de diversificación (Girón 2009). A escalas locales, la

topografía afecta las condiciones térmicas, hidrológicas y edáficas, y puede influir en los patrones de diversidad local de manera que reflejen los efectos en la estructura del bosque (Zhang, Hu, & Ni, 2013).

Es por esto que se considera que la heterogeneidad espacial del relieve y la historia biogeográfica como los dos factores más importantes en el origen y mantenimiento de la biodiversidad neotropical (Gentry, 1995). En el caso del continente suramericano se destacan eventos geológicos importantes como la formación de la cordillera de los Andes, el istmo centroamericano y la cuenca amazónica que favorecieron, también han permitido comprender la gran diversidad biológica y la composición de la biota en la región norandina, ya que son grandes factores de diversificación de flora y fauna en el continente (Kattan 2003).

En cuanto los Andes Colombianos esta alcanza su mayor complejidad estructural al ramificarse en tres segmentos que son: Cordillera Oriental, Centra y Occidental que se formaron en gran parte del Cenozoico (Cuervo *et al*, 2015), las cuales confieren una mayor dificultad geomorfológica y topográfica, generando diferencias en la biota andina presentando un conjunto de ecosistemas como páramos, bosques altoandinos, andinos y subandinos, y selvas tropicales entre otros (Chaves 2010). Por lo tanto, estos bosques de montaña o en especial los bosques andinos y subandinos contienen una gran diversidad biológica, debido a las características geográficas de la región andina que presentan unidades topográficas como valles, cañones, colinas y crestas montañosas, generan ambientes diferentes que permiten la diferenciación de poblaciones y la evolución de distintas especies (Kattan 2003).

### **¿Cómo influye el microclima topográfico en la vegetación?**

En extensos gradientes geográficos, se ha documentado una variabilidad notable en la composición de las comunidades vegetales. Incluso dentro de regiones de topografía

aparentemente uniforme, se ha demostrado que la deformación de la superficie y la microtopografía pueden ejercer una influencia ecológica significativa (Giaccone *et al.*, 2019). Estos factores se convierten en determinantes críticos para la distribución de las plantas, ya que favorecen su establecimiento en áreas con microclimas favorables, creando diferentes parches de vegetación. Además del agua y los nutrientes, la colonización de las plantas en un determinado entorno está intrínsecamente ligada a la estabilidad del terreno y al microclima que prevalece en la región (Bennie *et al.*, 2008).

La humedad relativa, en particular, desempeña un papel crucial en la distribución y el crecimiento de la vegetación. Dentro del dosel forestal, por ejemplo, la humedad relativa puede alcanzar niveles de saturación durante la noche, proporcionando un ambiente óptimo para muchas especies. Sin embargo, durante el día, esta humedad puede disminuir hasta aproximadamente un 60%, lo que puede afectar la disponibilidad de agua para las plantas y, en consecuencia, su capacidad para sobrevivir y desarrollarse (Melo y Vargas. 2003; Bazzaz y Pickett. 1988).

Es importante tener en cuenta que los niveles de humedad relativa pueden variar significativamente según la estación climática y la estructura del bosque. Por ejemplo, en áreas con densa vegetación y una cubierta arbórea espesa, es probable que se retenga más humedad en el aire, creando microclimas más húmedos y estables. Por otro lado, en zonas más abiertas o con menor cobertura arbórea, la humedad relativa puede fluctuar más, lo que puede afectar la distribución de las especies vegetales (Burnett *et al.*, 2008).

Además, la diferencia en la variación diaria de la humedad relativa entre el dosel y el sotobosque también puede tener un impacto significativo en la diversidad y la distribución de las plantas. Mientras que el dosel puede experimentar fluctuaciones más moderadas debido a la protección

proporcionada por la cubierta arbórea, el sotobosque puede estar más expuesto a cambios bruscos en la humedad relativa, lo que puede influir en la composición de la vegetación en diferentes estratos del bosque. En resumen, la humedad relativa juega un papel crucial en la estabilidad del terreno y la distribución de las plantas, al influir en su capacidad para acceder al agua y regular su metabolismo. La comprensión de estos procesos es fundamental para entender la dinámica de los ecosistemas forestales y su respuesta a los cambios ambientales.

### **Área Natural Única Los Estoraques**

De El Área Natural Única los Estoraques, es una de las 60 áreas naturales protegidas que conforman el sistema de parques naturales de Colombia (RUNAP. SPNN); ubicada sobre la vertiente oriental de la cordillera oriental de los Andes, en los municipios de la Playa de Belén y Ocaña, del departamento de Norte de Santander (Arias & Pineda, 2014). Este parque se caracteriza por su relieve montañoso y la presencia de formaciones geológicas que son esencialmente colinas y mesetas fuertemente erosionadas por la energía hídrica y eólica, e incluso por una acelerada acción antrópica, conocidas como “Estoraques” que contribuyen a la belleza escénica del área (Baez, 2021).

El ANULE presentaba una extensión de 662,924 ha con alturas desde 1400 hasta los 1900 m s.n.m. (Meneses y Tinjaca, 2017), tiempo después surgió la iniciativa de la ampliación del ANULE sobre La Reserva Forestal Protectora Nacional de la Cuenca Alta de la Quebrada La Tenería, debido a que los objetivos o propósitos de conservación eran similares, además que existía un traslape del 53% (349 ha) en las dos áreas protegidas, resultando así en una extensión total aproximada del área protegida ampliada de 1053.44 ha, establecida por la resolución No. 0850 del 05 de agosto del 2022 por medio de la cual se reserva, delimita, alindera y declara

como parte del Área Natural Única “Los Estoraques”, un área ubicada en los municipios de La Playa de Belén y Ocaña, en el departamento de Norte de Santander.

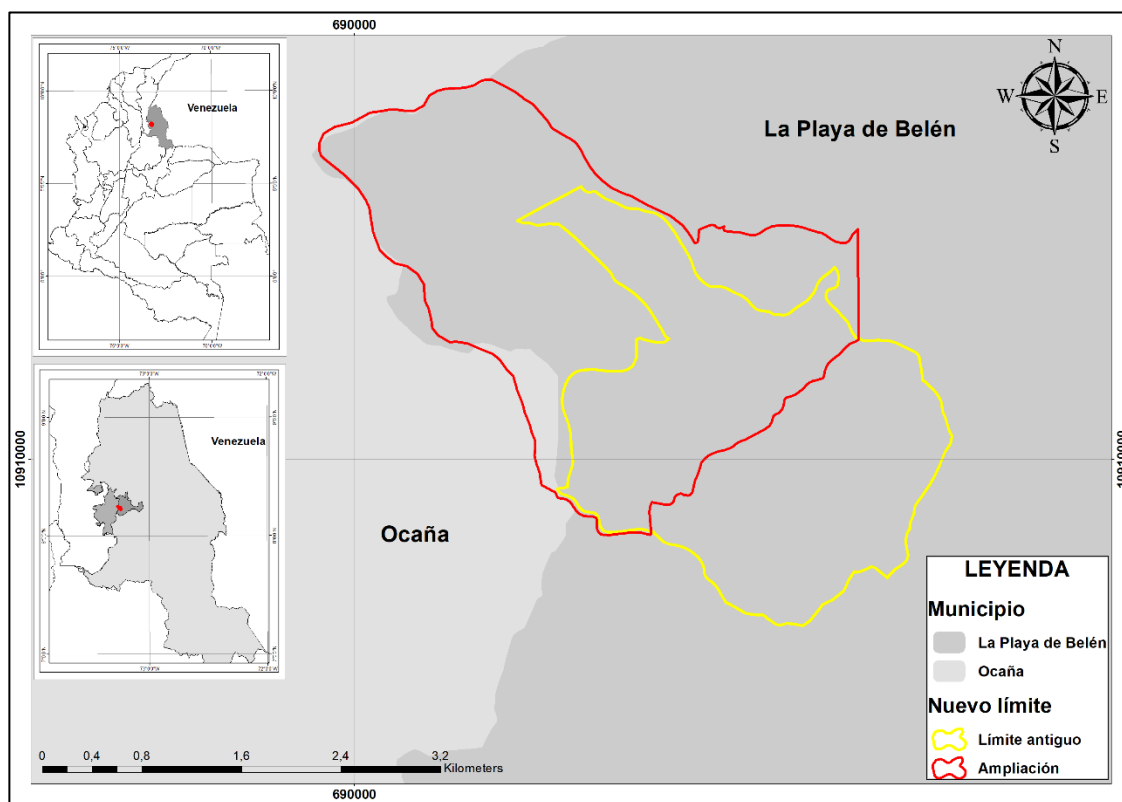


**Figura 1.** Localización general del Área Natural Única Los Estoraques en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander. Nuevo Límite y Límite antiguo. Fuente:

Adaptado del polígono oficial del ANULE

### **Reserva Forestal Protectora de la Cuenca Alta de la Quebrada La Tenería**

Declarada como área protegida en 1984 porINDERENA, está localizada en la microcuenca La Tenería, subcuenca del río Algodonal, municipio de La Playa de Belén; presentaba un área total de 650 ha, en el que se destaca su importancia al considerarse un nodo principal de conservación alrededor del límite antiguo del ANULE, debido al nivel de

endemismos y concentración de bosque húmedo subhigrofítico maduro que posee. Además, la RFPN La Tenería hace parte de la subcuenca de la quebrada Cargamanta, que aporta recurso hídrico a través de las quebradas La Honda, Piritama, Tenería, Pantanillo y Caldo de Huevo (Meneses y Tinjaca 2017).

### **Características biofísicas**

El área de estudio está formada por un paisaje principalmente de relieve montañoso fluvio erosional y lomeríos, con climas que van desde medio seco, frío húmedo y semihúmedo; particularmente presenta filas y vigas, lomas y pequeños vallecitos, provocando que las condiciones del suelo sean de baja fertilidad natural, alto escurrimiento, baja infiltración, con pendiente de inclinada a escarpada lo que la hace susceptible a erosión moderada. Siendo así que presenta pendientes complejas, donde sus rangos de elevación van desde los 1440 hasta los 2250 m s.n.m., en el que la parte más elevada de la reserva se encuentra al occidente, y la zona más baja de esta se ubica en la desembocadura que aporta a la cuenca del algodonal.

### **Clima y vegetación:**

Debido a las diferentes elevaciones presentes en el ANULE, las condiciones climáticas en esta área varían entre dos zonas de vida según el sistema propuesto por Holdridge (1967). De acuerdo con los valores de precipitación anual y evapotranspiración potencial, se definen dos ecosistemas distintos: el bosque seco y el bosque húmedo. En consecuencia, la parte más baja del área protegida se caracteriza por el ecosistema de bosque seco premontano (bs-pm), que exhibe precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm, temperaturas entre los 18° y 24° C, con un promedio de 18° C, y una relación de evapotranspiración entre 1 y 2. Por otro lado, la parte más alta del ANULE se encuentra determinada por la zona de vida de bosque húmedo premontano

(bh-pm). Esta región presenta un promedio anual de lluvias que varía de 1000 a 2000 mm, con temperaturas entre 12 y 18°C y una relación de evapotranspiración entre 0.5 y 1.

Según los conceptos de Hernández et al. (1992), el ANULE se sitúa regionalmente sobre orobiomas o biomas de montaña, los cuales modifican el régimen hídrico y generan cinturones o fajas de vegetación en función de su aumento en altitud y/o humedad. Estos orobiomas, a su vez, se subdividen en subtipos de biomas, siendo el Orobioma I del tipo higrófito andino u orobioma de selva subandina el que refleja una vegetación húmeda de montaña siempre verde, con un clima diurno ecuatorial. Este tipo de orobioma corresponde a la parte alta del ANULE. Por otro lado, el pedorobioma subxerofítico subandino o bioma azonal está más directamente influenciado por condiciones edáficas e hidrológicas que por factores climáticos (Baez, 2021).

En este sentido el Área Natural Única Los Estoraques, presenta 8 unidades de paisaje que fueron definidas principalmente por su fisiografía, ecosistemas (zonas de vida) y coberturas vegetales presentes; y dado que la zona de estudio presenta coberturas de bosque natural denso alto y bosque ripario, con un relieve montañoso, se tiene en cuenta las unidades de paisaje de Piedemonte de Bosque Subandino y Bosque Ripario, y la unidad de Bosque Subandino de clima frío, en alta pendiente como zona de estudio (Meneses y Tinjaca, 2017).

### **Bosques subandinos de Colombia**

De acuerdo a lo anterior, es necesario hablar más a detalle sobre la región subandina que es considerada como una de las más biodiversas (Franco, Betancur & Fernández, 1997) la cual está comprendida en Colombia entre el rango altitudinal de 1.000 y 2.400 m s.n.m. (Cuatrecasas, 1958), rango que varía de acuerdo a las tres cadenas montañosas principales y sus vertientes, como se observa en la figura 2 (Rodríguez et al., 2017). La temperatura media va desde los 18°C a 24°C (Casanare & Corporinoquia, 2007); con precipitaciones calculadas entre los 1.000 mm y

4000 mm anuales regularmente distribuidos (Forero, 2017). Estos bosques, al comprender diferentes ecosistemas por su gran variabilidad geomorfológica y altitudinal, propician una complejidad de paisajes y climas generando una alta riqueza, diversidad y flora endémica, es así que esta región presenta climas húmedos, muy húmedos y pluviales (Rudas et al., 2007); por lo que no presentan una dinámica hídrica regular, en ellos, la niebla y la lluvia transportadas por el viento se convierten en un aporte adicional de agua al ecosistema, que en condiciones de no intervención favorecen el establecimiento de coberturas boscosas densas y de porte alto (Camargo et al., 2019).

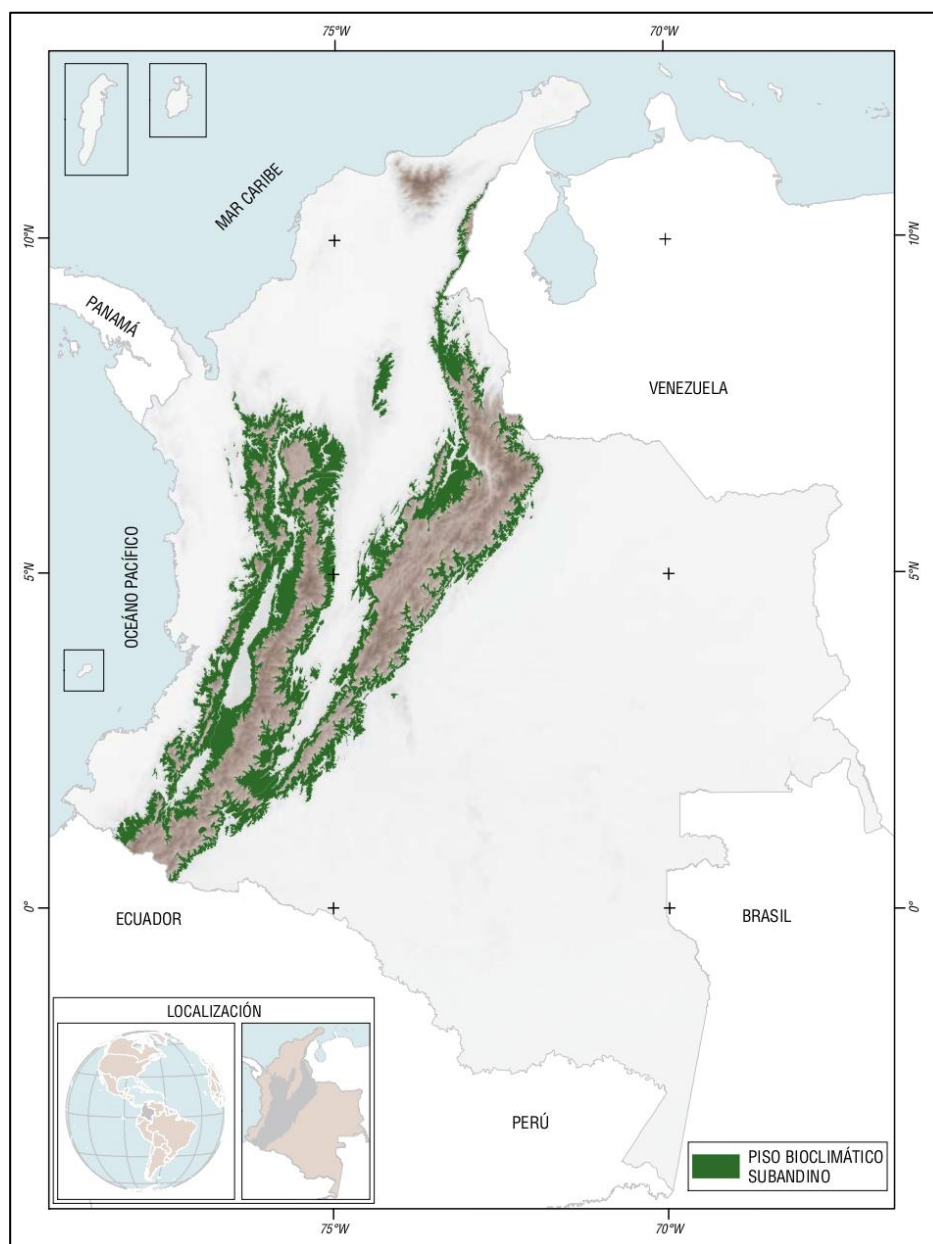


**Figura 2.** Distribución del piso bioclimático subandino en los Andes colombianos  
(Rodríguez et al., 2006).

El concepto de Cuatrecasas (1958) de Selva subandina, el cual describe la fisonomía de los bosques como semejante a la selva inferior, pero que contienen un menor número de especies con raíces estribos, menor cantidad de lianas y de epifitas leñosas. Del mismo modo, Hernández

et al., (1992), indican que este bioma guarda estrechas relaciones con los biomas zonales, por lo que comparten muchas especies que tuvieron su origen en áreas de selva húmeda cálida.

Particularmente la delimitación entre el bioma de bosque altoandino y subandino no es muy nítida, debido a la presencia del complejo de robledales, que tienen una amplia distribución en las tres cordilleras y una gran amplitud altitudinal, ya que generalmente se desarrollan entre los 1700 y 2800 m s.n.m., pero localmente sus límites pueden descender a 1300 m o menos, o ascender hasta unos 3600 m. En síntesis, el bosque subandino constituye una transición entre el trópico propiamente dicho, y los ambientes de alta montaña (Rudas et al., 2007). El dosel de bosque puede alcanzar alturas de hasta 35 m, y en ellos es común la presencia de palmas y especies de las familias Lauraceae y Sapotaceae; así como epífitas, orquídeas y helechos arbóreos. Es así que el elemento florístico predominante de los bosques subandinos a partir de diferentes estudios incluye especies de las familias Melastomataceae, Rubiaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae y Clusiaceae (Malagon. 2019), ocupando un rango entre 1.350 y 2.500 m s.n.m. Los géneros *Hieronyma* y *Cytherexylum* ocupan el límite superior, mientras que especies de Sapotaceae y algunas especies de *Brosimum* se encuentran en el inferior (Rodríguez et al., 2006).

### **Antecedentes**

#### **Efectos de la topografía en bosques montanos bajos tropicales bajo diferentes condiciones geológicas en el Monte Kinabalu, Borneo**

Este estudio realizado por Takyu, Aiba y Kanehiro en el sureste asiático (2002), examinaron las diferencias en las condiciones de humedad y nutrientes del suelo a lo largo de los gradientes topográficos cubiertos con tres tipos de sustratos geológicos, es decir, rocas sedimentarias cuaternarias y terciarias y rocas ultrabásicas. Investigaron los cambios topográficos en la estructura del bosque, la composición de especies y la diversidad de especies

entre los tres sustratos; en el que se plantearon tres preguntas ¿Varios atributos de la vegetación cambian junto con la topografía? ¿Varía la magnitud de estos cambios topográficos entre diferentes sustratos geológicos? ¿Los cambios en la vegetación con la topografía y los sustratos son consistentes con los de las condiciones de nutrientes o humedad del suelo? Para esto, establecieron nueve parcelas de estudio, eligiendo tres unidades topográficas (cordillera, pendiente media y baja) en cada uno de los tres sustratos geológicos. En la cual encontraron que, la complejidad del relieve y varios sustratos contribuyen a la diferenciación de diversas comunidades de plantas en los bosques montanos bajos tropicales en el monte Kinabalu, donde las diferencias entre sustratos en la condición de nutrientes del suelo fueron mayores en las laderas más bajas que en las crestas, el tamaño máximo de los árboles disminuyó y la densidad de tallos aumentó cuesta arriba en cada sustrato. Por otro lado, dado que las restricciones microclimáticas sobre el desarrollo de la vegetación y los suelos son menores en las laderas que en las crestas, las diferencias en el contenido de minerales derivados de las rocas madre entre los sustratos, pueden reflejarse fuertemente en la vegetación y los suelos de las laderas. La vegetación y los suelos pueden haberse desarrollado de forma interactiva a lo largo de gradientes topográficos y la interacción puede estar influenciada por la condición inicial del sustrato.

### **Efecto de la pendiente en la estructura de un bosque montano pluvial, noreste del Área Natural de manejo integrado Apolobamba**

Escalante (2011), realizó un estudio en Bolivia para conocer la relación de la pendiente y la estructura de la vegetación en un bosque montano pluvial, y al mismo tiempo determinar la importancia ecológica de las especies, géneros y familias presentes en el área muestreada. Empleó el método de parcelas permanentes de una hectárea de superficie, donde tomó datos de la pendiente del terreno mediante un clinómetro en unidades de porcentaje (%) cada 2 y 5 m de

distancia sobre las líneas principales que delimitaban las subparcelas. De acuerdo a esto se reportó que, la clase de pendiente predominante en el área de estudio fue la clase 3 (31% - 40%), que aglomera el 42,5% de los individuos. La pendiente y la estructura (altura y diámetro) se correlacionan en -0,3 (5%) significativamente, lo que permite señalar que la pendiente influye en el crecimiento de la altura y el diámetro de los árboles; existiendo individuos pequeños en superficie con inclinación mayores al 40%. De la misma forma, la acumulación de la biomasa está influenciada por la pendiente significativamente en un 30%; por lo que se debe considerar que es un factor que determina la acumulación de la biomasa en superficies con mayor inclinación, tiende a acumular menor biomasa.

### **Efecto de la topografía sobre la estructura vegetal en un bosque andino tropical**

Girón (2009) realizó una investigación en Risaralda-Colombia, en la que describe que la heterogeneidad espacial del relieve constituye uno de los ejes angulares en la comprensión de la organización y la composición de los bosques andinos tropicales, donde evaluó el efecto de la topografía a escala local sobre la estructura vegetal, en un bosque andino de niebla, en el que consideraron dos unidades topográficas: filos y laderas. Estableció un sistema de parcelas pareadas, que le permitieron respaldar la hipótesis de que la topografía afecta la estructura vegetal, donde reportaron que las plantas de mayor diámetro y altura presentaron una abundancia relativa ligeramente superior en las laderas, los bejucos fueron dos veces más abundantes y significativamente de mayor talla en las laderas que en los filos, y esto puede ser explicado porque en las laderas hay una mayor disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo y una menor exposición al viento pueden haber favorecido la longevidad y/o el crecimiento en diámetro y altura de las plantas.

### **Comparación de la composición y diversidad de especies vegetales en dos áreas de matorral seco subxerofítico, del Área Natural Única los Estoraques**

Molina y Pineda (2014), realizaron una comparación de la composición y diversidad de especies de plantas, en dos áreas de matorral seco subxerofítico, una aislada hace tres años y el otro si aislar en el ANU los estoraques. Tomaron datos de composición, ubicación y abundancia de cada una de las especies herbáceas y arbustivas presentes. Los resultados de este estudio respecto a las diferencias en la composición, diversidad y abundancia de especies entre los biotopos matorral arbustivo, pastizal y zona riparia tanto en el interior como en el exterior del predio Platanillo, indicaron que no existen diferencias importantes en tales atributos de la vegetación. A excepción de la zona riparia, parece que la trayectoria sucesional después de 3 tres años de aislamiento del predio Platanillo, no presenta diferencias sustanciales en la composición y diversidad de especies dentro y fuera del predio, excepto algunas variaciones en la distribución de las abundancias de las especies.

### **Análisis multitemporal de los cambios en el uso del suelo y su influencia en la oferta hídrica superficial en la microcuenca La Tenería del municipio de La Playa- de Belén, Norte de Santander**

Aponte y Galeano (2017), realizaron un análisis multitemporal de los cambios de los usos y su influencia en la oferta hídrica superficial en la microcuenca La Tenería, que permitió determinar las características biofísicas de la zona, la cual presenta dos zonas de vida bh-PM y bs-PM, donde los bosques en la parte alta de la microcuenca representan una cobertura vegetal de 32%, en la parte media y baja del área un 28% en rastrojos altos, los rastrojos bajos con un 19%, las tierras eriales 19% y en cuanto al uso de suelo se encuentran los cultivos con un 1,9% del área total de la microcuenca en donde las condiciones del suelo son de baja fertilidad natural,

alto escurrimiento, baja infiltración, con pendiente de inclinada a escarpada lo que la hace susceptible a erosión moderada, con lo que se determinó que el suelo de la microcuenca es de tierras malas con clase VII y VIII.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar el efecto del relieve en la heterogeneidad y estructura vegetal a una escala local en el ecosistema de bosque húmedo subhigrofito, del Área Natural Única Los Estoraques.

### **Objetivos específicos**

Determinar cómo varía la diversidad de la vegetación de las unidades topográficas seleccionadas, en un fragmento de bosque húmedo subhigrofito.

Analizar la estructura horizontal y vertical de la vegetación en relación a las unidades topográficas seleccionadas en un fragmento de bosque húmedo subhigrofito.

Establecer la importancia de la selección de unidades topográficas para la elaboración de estrategias de conservación de la biodiversidad en áreas naturales estratégicas.

## Métodos

### Área de estudio:

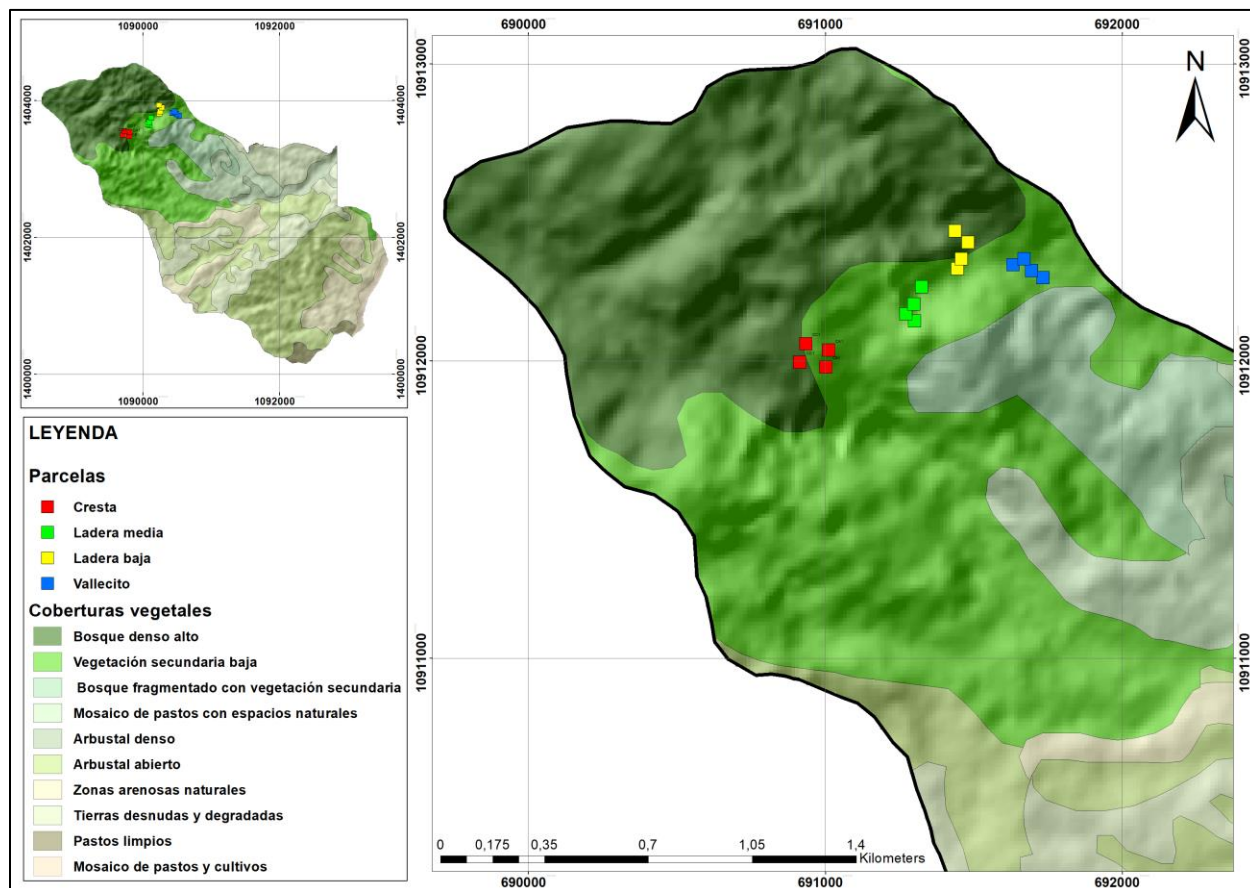


**Figura 3.** Coberturas vegetales del ANULE. Parcelas por nivel topográfico en la cobertura de bosque denso alto. Fuente: Adaptación del polígono oficial del ANULE.

El Área Natural Única Los Estoraques (ANULE) se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental en el municipio de La Playa de Belén, departamento Norte de Santander; está constituida por dos ecosistemas que corresponden a bosque seco y bosque subandino, a su vez clasificados como bosque subxerofítico y bosque húmedo subhigrofitico, respectivamente, con una altitud que varía entre los 1400 y 2100 m s.n.m, con temperaturas promedio entre los 17°C y los 23°C. Teniendo en cuenta que el área de ampliación es más significativa para el bosque

húmedo subhigrofitico, las características biofísicas y factores como la accesibilidad y estado de conservación, se eligió para el muestreo la cobertura vegetal de bosque denso alto (figura 3), localizado en la parte más alta del área protegida, que se caracteriza por presentar un relieve montañoso fluvio erosional, con pendientes entre 50 y 75% y formaciones de valles estrechos (Meneses y Tinjaca, 2017).

### **Fase de campo**

#### **Composición florística del bosque:**

Para la evaluación de la vegetación se utilizó el método de cuadrantes, estableciendo 16 parcelas separadas, distribuidas en 4 niveles topográficos: Cresta, ladera media, ladera baja y vallecito (Tabla 1), de 4 x 25 metros, divididas en 5 subparcelas de 5 x 4 m y a su vez en cada subparcela se delimitó un cuadrado de 1 m<sup>2</sup> para la identificación de hierbas, con un área total de muestreo de 1600 m<sup>2</sup> (0,16 ha). En el interior de cada parcela se registraron todas las especies de plantas herbáceas, arbustivas y leñosas con un DAP mayor o igual a 1 cm, con el fin de tener una mejor representación de los estratos inferiores (sotobosque) (Villareal et al., 2004); se tomó la medida de la circunferencia a la altura del pecho o CAP mayor o igual a 1,15 cm, esta medida se transformó a DAP ( $DAP = CAP/\pi$ ).

Para cada planta se registró el diámetro de copa en dirección Norte-Sur y Este-Oeste, la altura del dosel estimada visualmente tomando como referente cada 1 metro y el hábito de las plantas, clasificadas como árbol, arbolito, arbusto, hierbas, megaboforbias que es definido como una hierba perenne de gran tamaño (Zambrano, 2020), lianas y bejucos diferenciadas según su circunferencia. De igual forma se tomaron datos del área de estudio como las coordenadas geográficas, temperatura, humedad relativa y pendiente (Tinoco 2014).

**Tabla 1.** *Altitud y coordenadas de las parcelas por nivel topográfico.*

| Nivel topográfico | Altitud (m) | Coordenadas del centroide |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| Cresta            | 2044        | 8°14'50,4"N 73°16'59,2"W  |
|                   | 2021        | 8°14'48,4"N 73°16'0,31"W  |
|                   | 2018        | 8°14'49,7"N 73°15'57,1"W  |
|                   | 2004        | 8°14'47,9"N 73°15'57,4"W  |
| Ladera media      | 2023        | 8°14'53,7"N 73°15'48,6"W  |
|                   | 2020        | 8°14'53,7"N 73°15'48,6"W  |
|                   | 2014        | 8°14'53,7"N 73°15'48,6"W  |
|                   | 1999        | 8°14'56,6"N 73°15'46,8"W  |
| Ladera baja       | 1938        | 8°15'2,7"N 73°15'43,1"W   |
|                   | 1936        | 8°14'58,6"N 73°15'42,9"W  |
|                   | 1924        | 8°14'59,6"N 73°15'42,4"W  |
|                   | 1923        | 8°15'1,5"N 73°15'41,2W    |
| Vallecito         | 1877        | 8°14'59,6"N 73°15'35,5"W  |
|                   | 1878        | 8°14'58,9"N 73°15'35,5"W  |
|                   | 1868        | 8°14'58,3"N 73°15'34,7"W  |
|                   | 1856        | 8°14'57,5"N 73°15'34,4"W  |

**Pendiente topográfica:** Se calculó el grado de inclinación de la pendiente con ayuda de un clinómetro utilizando una varilla recta marcada con una cinta roja a la altura de los ojos de la persona que realizó la medición, sostenida por un ayudante de campo a 5 metros de distancia en cada subparcela (Escalante, 2011).

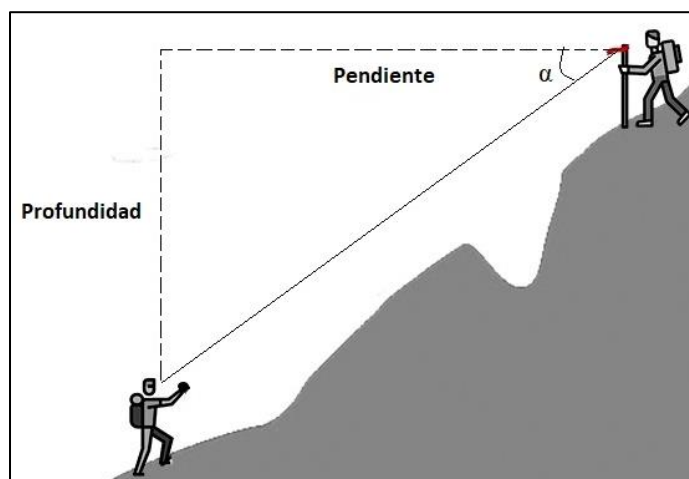


**Figura 4.** Medición directa de la pendiente. Fuente: elaboración propia.

**Temperatura y humedad relativa:** Se midió la temperatura ambiente y la humedad relativa teniendo en cuenta el comportamiento bimodal de La Playa (Meneses y Tinjaca. 2017) en un periodo de lluvias y un periodo seco, en tres sitios topográficos (Cresta, ladera media y vallecito). Los datos se recogieron en intervalos de media hora durante 15 días, a partir del 28 de mayo al 11 de junio para el periodo de lluvias y para el periodo seco se tomaron a partir del 22 de julio al 5 de agosto. Se utilizaron dos equipos diferentes, para el nivel de Cresta y ladera media los datos se registraron con (Data Logger HOBO Pro v2 U23), y para el vallecito se utilizó el equipo (SensorPush HT.w).

**Colección e identificación de las muestras botánicas:** Se recolectaron y preservaron muestras botánicas según las recomendaciones de Rangel & Velásquez (1997), se almacenaron en el herbario Catatumbo Sarare (HECASA), ubicado en la Universidad de Pamplona. Los especímenes se identificaron con ayuda de literatura disponible, claves taxonómicas (Gentry. 1993; Galeano y Bernal. 2010), y para muestras estériles se hizo comparando imágenes de ejemplares de herbarios virtuales como Trópicos.org, Neotropical Herbarium Specimens, Herbario Virtual Austral Americano, Museum National D’histoire Naturelle y la colección en línea de la Universidad Nacional de Colombia. Para la nomenclatura de familias botánicas se basó en la clasificación APG IV (2016).

### **Tratamiento de los datos**

#### **Composición, diversidad y riqueza florística:**

Se realizó una curva para toda la zona de muestreo, mediante el ordenamiento al azar de las parcelas con el programa EstimateS, utilizando 4 estimadores no paramétricos, ACE que

considera tanto la abundancia de las especies presentes como la abundancia de las especies no observadas; Chao1 que se basa en la frecuencia de especies raras en una muestra; Chao 2 que utiliza datos de presencia-ausencia por lo cual está basado en la incidencia y Bootstrap que se basa en el muestreo repetido de la comunidad (Villareal, *et al.*, 2004).

El análisis de riqueza en cada nivel topográfico se realizó mediante la generación de una curva rarefacción/extrapolación basada en el número de individuos con datos de abundancia, utilizando los números de Hill. Se comparó la diversidad calculada mediante el uso de intervalos de confianza del 95% (con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ ) y se realizó una evaluación visual basada en la superposición de estos intervalos de confianza para establecer si existen diferencias entre los niveles topográficos. El análisis fue realizado con el script iNext para R Studio (Chao *et al.*, 2014).

Los aspectos de la diversidad, composición y riqueza florística entre los niveles topográficos se analizaron utilizando los siguientes parámetros: Índice de Margalef, índice de dominancia de Simpson y el índice de Shannon-Wiener, realizando la conversión de estos índices a la serie de número de Hill (Joss, 2006)

**Índice de Margalef:** El Índice de Margalef estima la diversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos en la muestra (Clifford y Stephenson, 1975):

$$I = \frac{S - 1}{\ln N}$$

**Índice de Shannon - Wiener:** El índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de las especies de la muestra. (Shannon, 1948):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

**Índice de diversidad verdadera de Shannon:** Conversión del índice a un número efectivo de especies:

$${}^1D = \exp^{(H)'}$$

El exponencial del índice de Shannon (denominada  ${}^1D$ ) asigna una importancia proporcional a las especies en función de su abundancia, lo que significa que puede interpretarse como el número de especies "comunes" o "típicas".

**Índice de Simpson:** El índice de diversidad de Simpson mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una población provengan de la misma especie (Simpson, 1949)

$$D = \sum p_i^2$$

Para mayor claridad en la interpretación del índice de Simpson, Pielou (1969) menciona que es deseable que valores altos del índice de probabilidad correspondan con valores altos de diversidad. Por lo que puede calcularse como  $1 - D$ , y así un valor cercano a 1 manifiesta mayor diversidad y valores cercanos a 0 indican menor diversidad (Rodríguez *et al.*, 2020)

**El inverso del índice de Simpson:**

$$D_{inv} = \left( \frac{1}{\sum p_i^2} \right)$$

Donde:

$D_{inv}$  = índice de Simpson

$p$  = proporción de individuos en la  $i$ ésima especie respecto al número total de individuos.

puede ser interpretado como el número de especies “muy abundantes” o “dominantes” en la comunidad. Un valor más alto de  $D_{inv}$  o también denominado como  $^2D$  indica una mayor diversidad en la comunidad, con una distribución más equitativa de la abundancia relativa de las especies.

### **Similitud entre niveles topográficos:**

se realizó un Escalado multidimensional no métrico (NMDS) para visualizar la variación composicional de los niveles en función a la abundancia de las especies basado en la disimilitud de Bray-Curtis, debido a que sirve para encontrar relaciones de disimilitud entre sitios y distancias ecológicas entre especies. Para evaluar si hay diferencias entre los agrupamientos observados en el NMDS, se empleó un análisis de similitud unidireccional (ANOSIM). Este método permite detectar diferencias en la composición de especies entre los grupos identificados y dentro de cada uno de ellos, mediante la realización de permutaciones sobre la matriz original de datos. También se calculó la disimilitud de Sorensen entre los niveles topográficos. Estos análisis se realizaron utilizando el paquete R 'vegan' (Yang *et al.*, 2020).

### **Estructura**

**Clases diamétricas:** El análisis de clases diamétricas para el número de intervalos se obtuvo según la ecuación:  $n_i = 1 + 3.32 \log_{10} N$  donde  $n_i$  es el número de intervalos y  $N$  es el tamaño de la muestra;  $C = X_{max} - X_{min}/n_i$ ,  $C$ = amplitud del intervalo (Melo y Vargas, 2003). Es así que el diámetro de los árboles fue distribuido en 10 clases para los cuatro niveles, los cuales fueron resumidos a 6 clases diamétricas, debido a que algunas clases estaban representadas por un solo individuo. Se realizó un análisis de Kruskal Wallis para determinar diferencias diamétricas entre los niveles.

Estructura vertical: El análisis estructural se realizó mediante el índice de distribución vertical de especies (Índice A de Pretzsch), establecido en 1996 a partir del índice de Shannon (Pretzsch, 2009) que evalúa la variedad de especies y el cómo ocupan el espacio vertical de la población, en el que se establecen tres estratos de altura de acuerdo a la altura máxima registrada, donde el árbol más alto representa el 100% que corresponde al estrato I con un rango de 80 a 100%, y a partir del cual se definen las proporciones de los árboles subsiguientes; el estrato II comprende las alturas con 50 a 80% de la altura total registrada, y el estrato III va de 0 a 50% (figura 4) (Rubio *et al.*, 2014; Pretzsch, 2009).

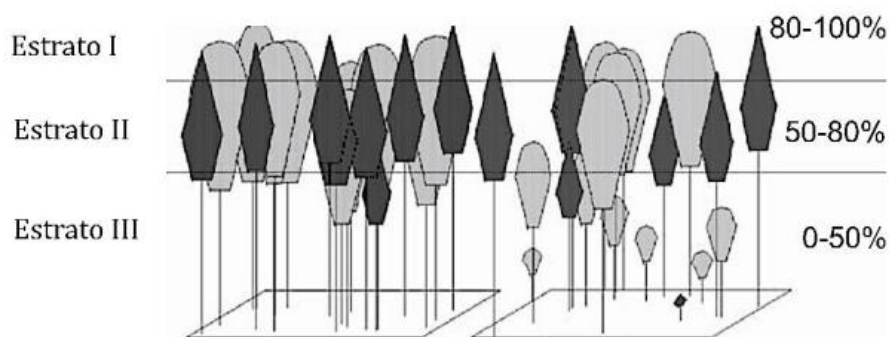


**Figura 4.** Clasificación de estratos, según el porcentaje de altura para el análisis de estructura vertical (Pretzsch, 2009).

El índice de **A** caracteriza la ubicación de las especies en los tres estratos, tomando valores entre cero y un valor máximo (**A<sub>max</sub>**); cuando un valor  $A = 0$  significa que el rodal está constituido por una especie que ocurre en un solo estrato (Suarez *et al.*, 2017)). El **A<sub>max</sub>** se consigue cuando la totalidad de las especies están presentes en la misma proporción, tanto en el rodal como en los diferentes estratos y el **A<sub>rel</sub>** es la estandarización en porcentaje del índice A para poder comparar el índice de Pretzsch. Para su cálculo se muestran sus ecuaciones en la (Tabla 2) (Rubio-Camacho *et al.*, 2014)

**Tabla 2.** Variables para el cálculo de la caracterización estructural vertical.

| Índice/ecuación                                           | Descripción                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Índice A de Pretzsch                                      | Donde:                                                                                                    |
| $A = - \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^z P_{ij} \cdot \ln P_{ij}$ | S es el número de especies presentes.                                                                     |
| $A_{m\acute{a}x} = \ln(S \cdot Z)$                        | Z es el número de estratos de altura.                                                                     |
| $A_{rel} = \frac{A}{\ln(S \cdot Z)} \cdot 100$            | Pij es el porcentaje de especies en cada zona.                                                            |
| $P_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$                               | nij es el número de individuos de la misma especie(i) en la zona (j) y N es el número total de individuos |

Fuente: Pretzsch (2009).

**Importancia ecológica de las especies (IVI):** Para determinar los valores de importancia de las especies se utilizan los valores porcentuales de la abundancia definido como el número de árboles por hectárea (N/ha), dominancia que explica el espacio ocupado por una o más especies con respecto al área basal (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y la frecuencia, como el número de individuos por especie por parcela cuyo valor determina la presencia o ausencia de cada especie dentro de la comunidad (Rubio et al., 2014).

**IVI** = Abundancia relativa (*ARi*) + Dominancia relativa (*DRi*) + Frecuencia relativa (*FRi*)

Donde:

**Abundancia relativa (%)** = Número de individuos de la especie/ Número total de individuos × 100.

**Dominancia relativa (%)** = Sumatoria del área basal de todos los individuos de cada especie/sumatoria del área basal total × 100.

**Frecuencia relativa (%)** = número de veces o submuestras en que se repita una especie/Número total de submuestras  $\times 100$

El resultado final se da en una escala de 0 a 300 con la anterior formular, por lo que se utilizó la fórmula con una pequeña variación presentada en el libro Muestro Ecológico de la Vegetación (Rodríguez *et al.*, 2020), que expresa el resultado en una escala de 0 a 100 para que su interpretación sea más sencilla:

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^n (ARi, DRi, FRi)}{3}$$

Para cada uno de los tres estratos de altura se determinaron los índices de importancia ecológica de las especies (IVI).

### **Evaluación de las variables ambientales en la estructura y composición:**

**Variación de las estructura y diversidad:** Se utilizó un análisis de los componentes principales (PCA) basado en atributos de comunidades de árboles estructurales y de diversidad (números de Hill, individuos, altura, DAP, área basal y área de copa) mediante la ordenación de parcelas entre los niveles topográficos, utilizando los paquetes “factoextra” y “FactoMineR” (Méndez *et al.*, 2016).

**Efecto de la pendiente:** Para evaluar la relación de número de individuos, estructura y pendiente topográfica, se utilizó una gráfica con puntos de dispersión, que nos reflejará la tendencia entre el número de individuos y el grado de inclinación entre los niveles topográficos. Asimismo, se aplicó una correlación de Spearman, ya que los datos no cumplen los parámetros de normalidad, para determinar el grado de relación que existe entre el número de individuos, número de especies y la estructura con la pendiente (Escalante, 2011).

**Humedad relativa:** En relación a la variable de humedad relativa, se llevó a cabo un proceso de imputación de valores faltantes. Durante el periodo de lluvias, se detectó la ausencia de datos en el nivel topográfico de Vallecito debido a una falla en uno de los equipos de medición. Para abordar esta situación, se implementó un método de imputación basado en un modelo lineal. Se utilizó la información disponible de los otros niveles topográficos como conjunto de entrenamiento para ajustar un modelo que relaciona la humedad relativa con los distintos niveles. Posteriormente, este modelo fue empleado para predecir los valores faltantes específicamente para el nivel de Vallecito, se aplicó un test de Kruskal-Wallis para encontrar diferencias de la humedad relativa y temperatura entre los niveles, ya que los datos no siguen una distribución normal. Además, se realizaron comparaciones post hoc utilizando un Mann Whitney Wilcoxon test para ver en cuales de los niveles específicos está la diferencia. Este procedimiento fue llevado a cabo utilizando el programa estadístico de R con el paquete “Stats” y “tidyverse”.

## **Resultados**

### **Composición florística del área:**

En un área de 1.600 m<sup>2</sup> se registró un total de 2482 individuos pertenecientes a 156 especies, 112 géneros y 63 familias, entre las cuales Rubiaceae fue la familia más numerosa con 17 especies, seguida de la familia Lauraceae con 14 especies, Melastomataceae con 9 especies y Piperaceae con 7 especies (**Apéndice 1**), comparado con otros estudios realizados a la misma altitud, tipo de bosque y métodos, presentan una similitud en familias, géneros y especies (Medina *et al.*, 2010; Gentry, 1995; Franco *et al.*, 1997) donde estas familias son constantes en la mayoría los bosques subandinos de Colombia. Del total, 132 (83%) se identificaron hasta especie, 26 (16,3%) hasta género y una especie de árbol no pudo identificarse taxonómicamente por falta de una muestra reproductiva. Los hábitos de crecimiento estuvieron representados de la

siguiente manera: 68 especies de árboles, 21 de arbolitos, 12 arbustos, 6, lianas, 6 bejucos, 31 hierbas, 5 lianas, 6 megaforbias y 2 en roseta (*Tillandisa* y *Vriesea*).

La curva de acumulación de especies para toda la zona de muestreo tomando las 16 parcelas como unidades muestrales, muestra que esta va en ascenso a media que el área va incrementando, sin llegar a estabilizarse, lo que significa que el muestreo en la zona de ampliación no fue suficiente para obtener una representación completa de la diversidad de especies (**Figura 5**). Según los estimadores no paramétricos se obtuvo que la riqueza de especies esperadas para el área total de muestreo, mediante Bootstrap Mean, ACE Mean y Chao 1 se obtuvo un valor entre 185,31 y 222,1 especies esperadas, lo que permite afirmar que se obtuvo entre el 70 y 84% de la riqueza de especies en la zona de ampliación (**Tabla 3**).

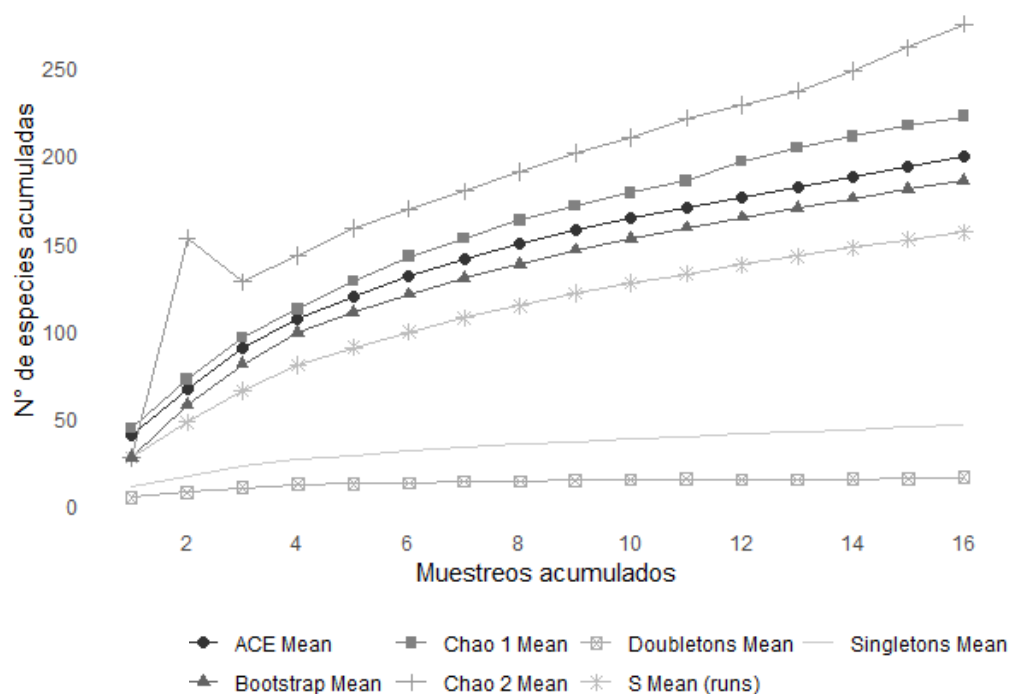


**Figura 5.** Curva de acumulación para el área total muestreada en la zona de ampliación.

**Tabla 3.** *Valores de estimadores no paramétricos*

| Estimador       | Valor  | Representatividad (%) |
|-----------------|--------|-----------------------|
| S Mean (runs)   | 156    | -                     |
| Singletons Mean | 46     | -                     |
| Doubletons Mean | 16     | -                     |
| ACE Mean        | 199,06 | 78,37                 |
| Chao 1 Mean     | 222,1  | 70,24                 |
| Bootstrap Mean  | 185,31 | 84,18                 |

**Composición florística en cada nivel topográfico:**

La riqueza de especies observada fue mayor para la Ladera baja con 85 especies, seguido del nivel de Vallecito con 68, ladera media con 66 y finalmente la cresta con 44 especies.

De acuerdo con las curvas de rarefacción/extrapolación para cada nivel topográfico, se observó que la riqueza de especies ( ${}^1D$ ) no se estabiliza a medida que se agregan individuos a la muestra, reflejando que la curva no llegue a la asíntota en cada una de las cuatro unidades topográficas, donde solo el nivel de cresta crece de manera estable y de forma asintótica. Además, permite observar que hay diferencias en la diversidad de plantas entre los niveles, a excepción del vallecito y la ladera media que no presentaron diferencias significativas en cuanto a riqueza de especies ya que sus intervalos de confianza (95%) se superponen completamente, siendo el nivel de Cresta el que presentó menor riqueza (**Figura 6.A**). Sin embargo, cuando se tiene en cuenta la abundancia relativa de las especies, índice exponencial de Shannon ( $q_1$ ), las curvas de ladera media y Cresta, llegan a la asíntota (**Figura 6.B**), y para los niveles de Ladera baja y Vallecito se observa fueron las más diversas.

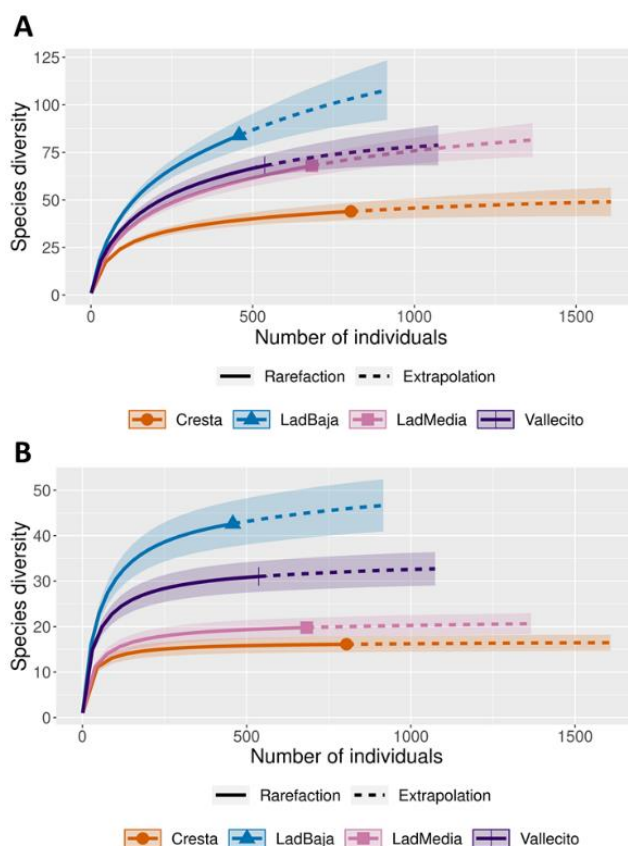


**Figura 6.** Curva de rarefacción-extrapolación construidas a partir de los datos de abundancia basadas en **A**: número de Hill de orden 0 y **B**: diversidad de segundo orden  $q=1$  Línea continua indica interpolación y línea punteada indica extrapolación. La sombra muestra el intervalo de confianza del 95% para cada nivel topográfico (Cresta, Ladera Media, Ladera Baja y Vallecito).

### Índices de diversidad y riqueza:

Los valores más altos de los índices de diversidad se registraron en el nivel de Ladera baja ( $H' = 3,75$ ,  ${}^1D=42,62$ ), seguido del vallecito ( $H'=3,43$ ,  ${}^1D=31$ ), el nivel de Ladera media ( $H'=2,98$   ${}^1D =19,78$ ) y por último el nivel de Cresta ( $H'=2,78$   ${}^1D=16,12$ ). Se encontró una alta dominancia ( $1-D$ ) entre los sitios de Ladera baja y vallecito con valores cercanos a 1.

**Tabla 4.** *Análisis de los índices de diversidad y riqueza de los niveles topográficos.*

|                                     | Cresta   | Ladera media | Ladera baja | Vallecito |
|-------------------------------------|----------|--------------|-------------|-----------|
| Riqueza observada                   | 44       | 66           | 85          | 68        |
| Individuos                          | 804      | 683          | 458         | 537       |
| Margalef                            | 6,42     | 6,5          | 13,7        | 10,65     |
| Shannon H'                          | 2,78     | 2,98         | 3,75        | 3,43      |
| Diversidad verdadera <sup>1</sup> D | 16,12    | 19,78        | 42,62       | 31        |
| Simpson (1-D)                       | 0,88     | 0,86         | 0,97        | 0,95      |
| Diversidad verdadera <sup>2</sup> D | 8.332251 | 7.098668     | 25.309363   | 18.987884 |

**Riqueza de especies según el hábito:** La mayoría de las especies en los cuatro niveles fueron arborescentes (árboles, arbolitos y arbustos) (**Figura 7**), que corresponden al 63,6% de las especies en la Cresta, 65 % en ladera media, 63% en ladera baja y el 61,8% en el vallecito. Las hierbas también estuvieron representadas con 31 especies distribuidos entre los niveles. Los bejucos estuvieron menos representados con 12 especies y las megaforbias con 4 especies. Los arbustos y hierbas estuvieron mejor representados en el nivel de ladera baja.

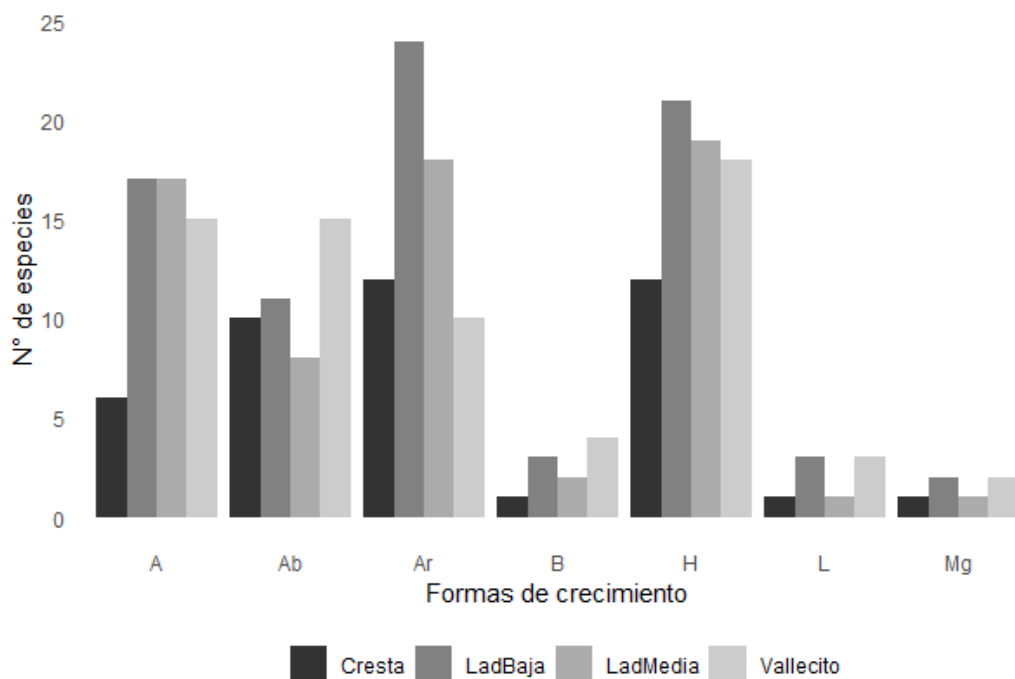


**Figura 7.** Riqueza de especies según las formas de vida (A: árbol, Ab: arbolito, Ar: arbusto, B: bejuco, H: hierbas, L: liana, Mg: megaforbias) para los cuatro niveles topográficos.

### **Similitud entre los niveles topográficos:**

El escalamiento multidimensional no métrico (NMDC) mostró que el nivel de recambio florístico entre niveles topográficos está separado en el espacio de ordenación sin superposición mayormente en el nivel de vallecito (**Figura 8**). Según los valores obtenidos en el análisis de similitud (ANOSIM) mostró que las parcelas dentro de los grupos son más similares entre sí que con las parcelas de otros grupos, lo que indica una diferencia composicional significativa entre los niveles topográficos ( $R = 0.52$ ,  $p = 0.001$ ). El coeficiente de similitud de Sorensen (Tabla 5) indica que el nivel que más se diferencia es el Vallecito, con valores de similitud bajos entre 0,23 y 0,35 con respecto a los demás niveles topográficos. Para los otros niveles como es el caso del nivel de Cresta comparado a las laderas se observa una similitud moderada (0,48 – 0,49), sin embargo, aún existen diferencias significativas entre ellos, siendo equivalente para las laderas que presentan una similitud de 0,56 lo que quiere decir que, aunque compartan algunas especies, también tienen muchas especies únicas.

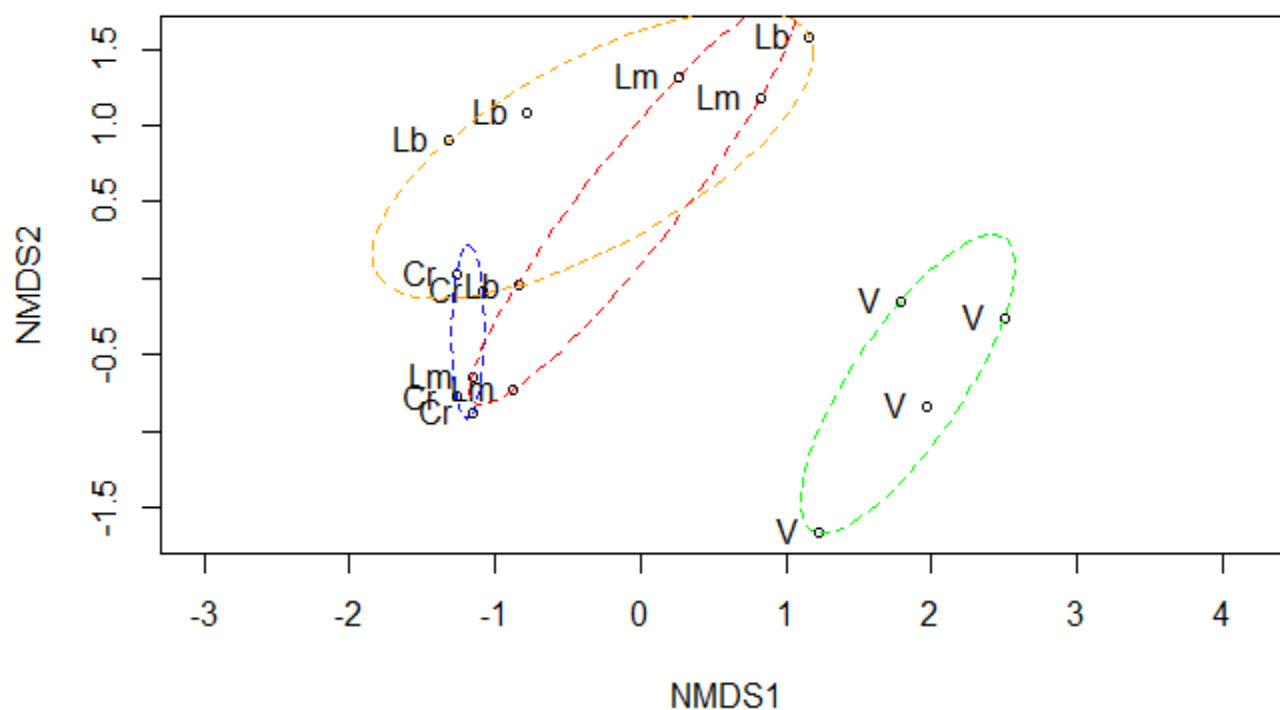


**Figura 8.** Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de 16 parcelas (4 parcelas para cada nivel topográfico) basado en la disimilitud de Bray-Curtis (stress = 0,112).

Abreviatura de las parcelas: Cresta (Cr), Ladera media (Lm), Ladera baja (Lb), Vallecito (V).

**Tabla 5.** Similitud en composición de especies en términos de la distancia de “Dice-Sorensen” para los niveles topográficos.

|              | Cresta | Ladera media | Ladera baja |
|--------------|--------|--------------|-------------|
| Ladera media | 0.49   | -            | -           |
| Ladera baja  | 0,48   | 0,56         | -           |
| Vallecito    | 0,23   | 0,31         | 0,35        |

#### Estructura:

Se encontraron 1109 individuos con  $DAP \geq 1$  cm, de los cuales 965 son árboles, 68 helechos arborescentes, 60 palmeras, 15 lianas y 1 caña. Para el nivel topográfico de Cresta, se encontraron 44 especies (28 familias y 37 géneros), de los cuales 29 especies tenían un  $DAP > 1$

cm y 20 especies con DAP>10 cm; en el nivel de Ladera media, se encontraron 66 especies (35 familia y 54 géneros) de las cuales 45 tienen un DAP > 1 cm y 28 con DAP>10 cm; para la Ladera baja se encontraron 85 especies (41 familias y 67 géneros) de las cuales 55 especies tenían DAP> 1 cm y 24 especies un DAP > 10 cm y para el nivel de vallecito se encontraron 68 especies (37 familias y 56 géneros) en las que 44 especies tenían un DAP> 1cm y 16 especies un DAP>10 cm.

### **Clases diamétricas:**

Las distribuciones diamétricas indican que la mayor parte de los individuos se concentran entre las primeras tres clases diamétricas, lo que refleja un comportamiento en forma de “J” invertida característica de bosques tropicales y típico de ecosistemas heterogéneos (**Figura 9**). Este patrón exhibe que el mayor número de individuos se concentran en las clases menores y a medida que el diámetro aumenta los individuos disminuyen. De esta manera se observa una dominancia de árboles jóvenes con diámetros entre 1 y 10,46 cm en los 4 niveles topográficos. De los 1109 individuos registrados, la mayoría de los individuos (94,3%) se encuentran relativamente con diámetros menores a 20 cm. En la primera clase los individuos fueron similares para el nivel de Cresta y Ladera media, mientras que difirieron en el nivel de Ladera media y especialmente en el nivel de vallecito, donde se observó una mayor representatividad. Entre las especies con mayor número de individuos para el nivel de cresta son *Wettinia praemorsa* (28 individuos), *Beilschmiedia towarensis* (23 individuos), *Meriania speciosa* (20 individuos) y *Toxicodendron striatum* (17 individuos). En el nivel de Ladera media, las especies más abundantes son, *Palicourea axillaris* (21 inividudos), *Myrsine sp.* (16 individuos) y *Wettinia praemorsa* (13 individuos). En la ladera baja se presentan las especies de, *Cyathea cf andina* (38 individuos), *Tapirira guianensis* (11 individuos) y *Faramea cf cazaderensis* (9 indiidvudos), y

para el nivel más bajo se presentan las especies de, *Piper cf divortans* (93 individuos), *Piper marequitense* (57 individuos), *Piper arboreum* (20 individuos) y *Palicourea thyrsoiflora* (18 individuos).

Conforme el diámetro aumenta, se observa una disminución en el número de individuos. En la clase 6 (48-114 cm), se registraron únicamente dos individuos pertenecientes a la especie *Quercus humboldtii* en la cresta, mientras que solo se encontró un individuo de la especie *Vochysia duquei* en los demás niveles. Estadísticamente, se hallaron diferencias significativas en los diámetros de los árboles ( $p = < 2.2e-16$ ), siendo el nivel de Vallecito el que presenta la mayor variabilidad (**Tabla 6**).

**Tabla 6.** Valores *P* para arboles con *DAP* > 1 cm en los niveles topográficos. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

| Nivel topográfico | Cresta  | Ladera media | Ladera baja |
|-------------------|---------|--------------|-------------|
| Ladera media      | 0,16    | -            | -           |
| Ladera baja       | 0,7     | 0,7          | -           |
| Vallecito         | 1.7e-15 | < 2e-16      | 4.2e-11     |

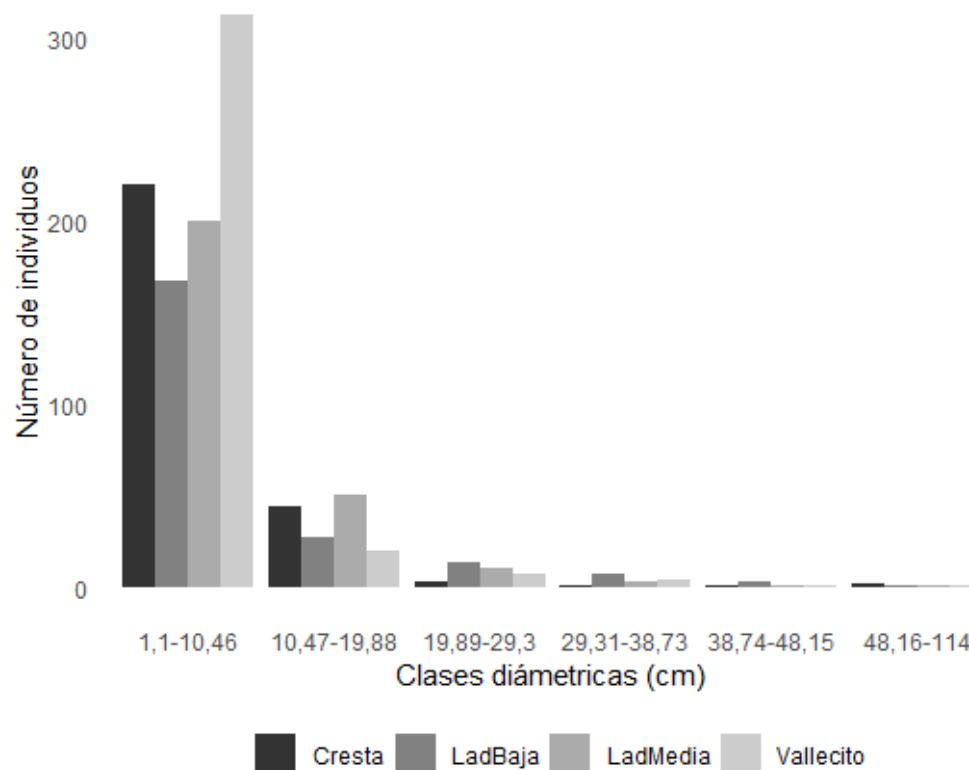


**Figura 9.** Distribución diamétrica de individuos con DAP > 1 cm para los niveles topográficos del bosque subandino en el Área Natural Única Los Estoraques.

#### Estructura vertical:

**Índice A de Pretzch:** La estructura vertical de los cuatro niveles se distribuye en tres estratos, donde las especies que dominan el estrato superior (>80%) son diferentes en cada nivel topográfico,

**Cresta:** El índice de distribución vertical de las especies se definió en tres estratos: El estrato I o superior (18 – 14,4 m), el estrato II o intermedio (9,0 – 14,3 m) y el estrato III o inferior (> 9 m). En el estrato inferior se presenta el 88,2% de las alturas con 29 especies, que es el total de especies registradas para este nivel. Para el estrato superior e intermedio tiene un 2,5 y 9,3% de las alturas compuesto por 3 y 14 especies respectivamente (**Tabla 7**). El resultado del

Índice A fue de 3,29 con un *Amax* de 4,47 y un *Arel* del 73,5%, este resultado indica que hay una alta diversidad estructural y que las especies tienen una distribución uniforme para el nivel de cresta, ya que las especies con mayor valor de importancia (IVI) se encuentran distribuidas en los tres estratos, con una altura promedio de 6,4 m.

En el estrato superior el árbol con mayor índice de valor de importancia fue *Quercus humboldtii* representando el 65,14% y con un promedio de 17,6 m de altura. Sin embargo, su dominancia tiende a disminuir en los siguientes estratos, registrando un 7,45% en el estrato II y un 6,76% en el estrato III. Además, otras especies adquieren mayor importancia en los estratos II como *Meriania speciosa* que representa el 15,25% y una altura promedio de 10 m; *Clusia sp.* con un valor de 11,2% y una altura de 11 m; *Nectandra cuspidata* con promedio de altura de 10 m y un  $IVI_{rel}$  de 11,02%; *Beilschmiedia towarensis* con un promedio de hasta 11,3 m y un  $IVI_{rel}$  de 9,6% y *Toxicodendron striatum* con una altura promedio de 10,5 m y un valor de importancia de 8,48% que disminuyen su importancia para el estrato III. En cambio, la especie *Wettinia praemorsa* incrementa su  $IVI_{rel}$  al 12,82% en el estrato III con un promedio de altura de 4,1 m, por lo que se evidencia una distribución uniforme en los estratos.

**Tabla 7.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de Cresta y sus índices de importancia ecológica de las especies.

| Estrato | Especie                                | No. Ind. | Abundancia         |              | Dominancia                      |              | Frecuencia |              | IVI (%)      |
|---------|----------------------------------------|----------|--------------------|--------------|---------------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
|         |                                        |          | Abs.               | Rel.         | Abs.                            | Rel.         | Abs.       | Rel.         |              |
|         |                                        |          | N ha <sup>-1</sup> | (%)          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | (%)          | N/Parcela  | (%)          |              |
| I       | <i>Clusia sp.</i>                      | 1        | 25                 | 14,29        | 0,81                            | 4,49         | 1          | 25,00        | 14,59        |
|         | <i>Ilex laurina</i>                    | 2        | 50                 | 28,57        | 1,31                            | 7,23         | 1          | 25,00        | 20,27        |
|         | <b><i>Quercus humboldtii</i></b>       | <b>4</b> | <b>100</b>         | <b>57,14</b> | <b>16,03</b>                    | <b>88,28</b> | <b>2</b>   | <b>50,00</b> | <b>65,14</b> |
|         | <b>Total</b>                           | 7        | 175                | 100          | 18,15                           | 100          | 4          | 100          | 100          |
|         | <b><i>Beilschmiedia towarensis</i></b> | <b>3</b> | <b>75</b>          | <b>15,15</b> | <b>0,89</b>                     | <b>8,40</b>  | <b>1</b>   | <b>5,26</b>  | <b>9,60</b>  |
|         | <i>Clarisia biflora</i>                | 1        | 25                 | 3,03         | 0,18                            | 1,68         | 1          | 5,26         | 3,33         |

|     |                                  |           |               |              |              |              |           |              |              |
|-----|----------------------------------|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|
| II  | <i>Clethra cf fagifolia</i>      | 1         | 25            | 3,03         | 0,44         | 4,13         | 1         | 5,26         | 4,14         |
|     | <b>Clusia sp</b>                 | <b>2</b>  | <b>50</b>     | <b>6,06</b>  | <b>2,31</b>  | <b>21,75</b> | <b>1</b>  | <b>5,26</b>  | <b>11,02</b> |
|     | <i>Gonocalyx cf pterocarpus</i>  | 1         | 25            | 3,03         | 0,17         | 1,57         | 1         | 5,26         | 3,29         |
|     | <i>Graffenrieda cf cucullata</i> | 2         | 50            | 6,06         | 0,64         | 6,00         | 1         | 5,26         | 5,77         |
|     | <b>Meriania speciosa</b>         | <b>3</b>  | <b>75</b>     | <b>18,18</b> | <b>1,81</b>  | <b>17,03</b> | <b>2</b>  | <b>10,53</b> | <b>15,25</b> |
|     | <i>Myrsine sp</i>                | 1         | 25            | 3,03         | 0,33         | 3,15         | 1         | 5,26         | 3,81         |
|     | <b>Nectandra cuspidata</b>       | <b>3</b>  | <b>75</b>     | <b>9,09</b>  | <b>1,19</b>  | <b>11,16</b> | <b>2</b>  | <b>10,53</b> | <b>10,26</b> |
|     | <i>Palicourea thyrsiflora</i>    | 1         | 25            | 3,03         | 0,08         | 0,75         | 1         | 5,26         | 3,01         |
|     | <b>Quercus humboldtii</b>        | <b>2</b>  | <b>50</b>     | <b>9,09</b>  | <b>0,93</b>  | <b>8,78</b>  | <b>1</b>  | <b>5,26</b>  | <b>7,71</b>  |
|     | <b>Toxicodendron striatum</b>    | <b>3</b>  | <b>75</b>     | <b>9,09</b>  | <b>0,62</b>  | <b>5,81</b>  | <b>2</b>  | <b>10,53</b> | <b>8,48</b>  |
|     | <i>Weinmannia pinnata</i>        | 1         | 25            | 3,03         | 0,40         | 3,79         | 1         | 5,26         | 4,03         |
|     | <i>Wettinia praemorsa</i>        | 1         | 25            | 6,06         | 0,49         | 4,62         | 2         | 10,53        | 7,07         |
|     | <b>Total</b>                     | <b>25</b> | <b>625</b>    | <b>100</b>   | <b>10,63</b> | <b>100</b>   | <b>16</b> | <b>100</b>   | <b>100</b>   |
|     | <i>Alchornea cf glandulosa</i>   | 1         | 25,00         | 0,43         | 0,01         | 0,04         | 1         | 1,69         | 0,72         |
| III | <b>Beilschmiedia towarensis</b>  | <b>19</b> | <b>475,00</b> | <b>8,26</b>  | <b>0,59</b>  | <b>3,46</b>  | <b>4</b>  | <b>6,78</b>  | <b>6,17</b>  |
|     | <i>Cecropia sp</i>               | 3         | 75,00         | 1,30         | 0,32         | 1,88         | 2         | 3,39         | 2,19         |
|     | <i>Clarisia biflora</i>          | 4         | 100,00        | 1,74         | 0,09         | 0,52         | 1         | 1,69         | 1,32         |
|     | <i>Clethra cf fagifolia</i>      | 4         | 100,00        | 1,74         | 0,47         | 2,80         | 2         | 3,39         | 2,64         |
|     | <b>Clusia sp</b>                 | <b>9</b>  | <b>225,00</b> | <b>3,91</b>  | <b>0,25</b>  | <b>1,49</b>  | <b>3</b>  | <b>5,08</b>  | <b>3,50</b>  |
|     | <i>Cyathea cf andina</i>         | 9         | 225,00        | 3,91         | 1,45         | 8,57         | 2         | 3,39         | 5,29         |
|     | <i>Faramea cf cazaderensis</i>   | 4         | 100,00        | 1,74         | 0,06         | 0,37         | 1         | 1,69         | 1,27         |
|     | <i>Ficus cf yoponensis</i>       | 2         | 50,00         | 0,87         | 0,08         | 0,48         | 1         | 1,69         | 1,02         |
|     | <i>Ficus tonduzii</i>            | 3         | 75,00         | 1,30         | 0,56         | 3,32         | 1         | 1,69         | 2,11         |
|     | <i>Gonocalyx cf pterocarpus</i>  | 3         | 75,00         | 1,30         | 0,05         | 0,27         | 1         | 1,69         | 1,09         |
|     | <i>Graffenrieda cf cucullata</i> | 15        | 375,00        | 6,52         | 0,52         | 3,09         | 4         | 6,78         | 5,46         |
|     | <i>Hieronyma alchorneoides</i>   | 5         | 125,00        | 2,17         | 0,67         | 3,98         | 3         | 5,08         | 3,75         |
|     | <i>Ilex laurina</i>              | 5         | 125,00        | 2,17         | 0,24         | 1,41         | 2         | 3,39         | 2,32         |
|     | <b>Meriania speciosa</b>         | <b>20</b> | <b>500,00</b> | <b>8,70</b>  | <b>1,33</b>  | <b>7,89</b>  | <b>4</b>  | <b>6,78</b>  | <b>7,79</b>  |
|     | <i>Miconia cf lateriflora</i>    | 5         | 125,00        | 2,17         | 0,33         | 1,97         | 1         | 1,69         | 1,95         |
|     | <i>Miconia prasina</i>           | 1         | 25,00         | 0,43         | 0,29         | 1,70         | 1         | 1,69         | 1,28         |
|     | <i>Myrsine sp</i>                | 11        | 275,00        | 4,78         | 0,58         | 3,40         | 2         | 3,39         | 3,86         |
|     | <b>Nectandra cuspidata</b>       | <b>17</b> | <b>425,00</b> | <b>7,39</b>  | <b>1,17</b>  | <b>6,91</b>  | <b>3</b>  | <b>5,08</b>  | <b>6,46</b>  |
|     | <i>Palicourea thyrsiflora</i>    | 2         | 50,00         | 0,87         | 0,03         | 0,17         | 2         | 3,39         | 1,48         |
|     | <i>Paragynoxys cf corei</i>      | 9         | 225,00        | 3,91         | 0,32         | 1,90         | 2         | 3,39         | 3,07         |
|     | <i>Piper cf dichroostachyum</i>  | 12        | 300,00        | 5,22         | 1,99         | 11,75        | 2         | 3,39         | 6,79         |
|     | <i>Psammisia penduliflora</i>    | 1         | 25,00         | 0,43         | 0,02         | 0,14         | 1         | 1,69         | 0,76         |
|     | <b>Quercus humboldtii</b>        | <b>16</b> | <b>400,00</b> | <b>6,96</b>  | <b>1,03</b>  | <b>6,11</b>  | <b>4</b>  | <b>6,78</b>  | <b>6,61</b>  |

|  |                               |     |        |       |       |       |    |      |      |
|--|-------------------------------|-----|--------|-------|-------|-------|----|------|------|
|  | <i>Tapirira guianensis</i>    | 1   | 25,00  | 0,43  | 0,61  | 3,62  | 1  | 1,69 | 1,92 |
|  | <i>Toxicodendron striatum</i> | 17  | 425,00 | 7,39  | 0,84  | 4,97  | 4  | 6,78 | 6,38 |
|  | <i>Wettinia praemorsa</i>     | 32  | 800,00 | 13,91 | 3,01  | 17,78 | 4  | 6,78 | 12,8 |
|  | <b>Total</b>                  | 240 | 6000   | 100   | 16,91 | 100   | 59 | 100  | 100  |
|  | <b>Total general</b>          | 272 | 6800   | 30    | 45,69 | 300   | 79 | 300  | 300  |

**Ladera Media:** Para este nivel la altura mayor identificada fue 35 metros, estableciendo los estratos en: I o superior (35-28,1 m) con 3 especies, estrato II o intermedio (28-17,5 m) con 4 especies y el estrato III o inferior (>17,5 m) con 44 especies de las 45 que fueron reportadas (Tabla 8). El resultado del índice A es de 3,5 con un  $A_{max}$  de 4,91 y un  $A_{rel}$  de 71,3%, lo que indica también una alta diversidad estructural y que la distribución de especies es uniforme en los tres estratos, con una altura promedio de 7,4 metros. En este nivel la especie dominante para el estrato I y II es *Ficus cf yoponensis* que presentó una importancia del 42,15% y 35,5% respectivamente, con una altura promedio de 35 metros, el cual también disminuye para el estrato inferior presentando solo un 3,2% de  $IVI_{rel}$ . Se destacada también las especies *Hieronyma alchorneoides* con una altura de 30 m como segunda especie importante con un valor de 35,4% presente en el estrato I y *Clusia sp.* con un  $IVI_{rel}$  de 24,6% y una altura de 18 m para el estrato II. Para el estrato III dominan las especies de *Vochysia duquei* con una altura promedio de 11 m y un valor de importancia de 6,8% y *Myrsine sp.* con una altura promedio de 7,8 m y un  $IVI_{rel}$  de 5,8%.

**Tabla 8.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de Ladera media y sus índices de importancia ecológica ( $IVI$ ).

| Estrato | Especie                        | No. Ind. | Abundancia                 |             | Dominancia                              |             | Frecuencia            |             | IVI   |
|---------|--------------------------------|----------|----------------------------|-------------|-----------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------|
|         |                                |          | Abs.<br>N ha <sup>-1</sup> | Rel.<br>(%) | Abs.<br>m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | Rel.<br>(%) | Abs.<br>N/Parcel<br>a | Rel.<br>(%) |       |
| I       | <i>Ficus cf. yoponensis</i>    | 1        | 25                         | 33,33       | 2,41                                    | 59,78       | 1                     | 33,33       | 42,15 |
|         | <i>Hieronyma alchorneoides</i> | 1        | 25                         | 33,33       | 1,59                                    | 39,57       | 1                     | 33,33       | 35,41 |
|         | <i>Stylogyne cf. hayesii</i>   | 1        | 25                         | 33,33       | 0,03                                    | 0,65        | 1                     | 33,33       | 22,44 |

|            |                                     |           |            |              |             |              |          |              |              |
|------------|-------------------------------------|-----------|------------|--------------|-------------|--------------|----------|--------------|--------------|
|            | <b>Total</b>                        | 3         | 75         | 100          | 4,03        | 100          | 3        | 100          | 100          |
| <b>II</b>  | <b>Clusia sp</b>                    | <b>1</b>  | <b>25</b>  | <b>16,67</b> | <b>2,96</b> | <b>32,13</b> | <b>1</b> | <b>25,00</b> | <b>24,60</b> |
|            | <b>Ficus cf. yoponensis</b>         | <b>3</b>  | <b>75</b>  | <b>50,00</b> | <b>3,19</b> | <b>34,63</b> | <b>1</b> | <b>25,00</b> | <b>36,54</b> |
|            | <i>Indeterminado sp.</i>            | 1         | 25         | 16,67        | 1,07        | 11,66        | 1        | 25,00        | 17,78        |
|            | <i>Nectandra cuspidata</i>          | 1         | 25         | 16,67        | 1,99        | 21,59        | 1        | 25,00        | 21,08        |
|            | <b>Total</b>                        | 6         | 150        | 100,0        | 9,22        | 100,0        | 4        | 100,0        | 100,0        |
| <b>III</b> | <i>Arachnothryx reflexa</i>         | 7         | 175        | 2,72         | 1,03        | 2,26         | 1        | 1,30         | 2,09         |
|            | <i>Beilschmiedia towarensis</i>     | 12        | 300        | 4,67         | 1,07        | 2,34         | 2        | 2,60         | 3,20         |
|            | <i>Chamaedorea pinnatifrons</i>     | 6         | 150        | 2,33         | 0,15        | 0,33         | 2        | 2,60         | 1,75         |
|            | <i>Chrysocllamys dependens</i>      | 3         | 75         | 1,17         | 0,42        | 0,92         | 2        | 2,60         | 1,56         |
|            | <i>Clarisia biflora</i>             | 1         | 25         | 0,39         | 0,30        | 0,66         | 1        | 1,30         | 0,78         |
|            | <i>Clethra cf. faqifolia</i>        | 2         | 50         | 0,78         | 0,39        | 0,85         | 1        | 1,30         | 0,97         |
|            | <i>Clusia sp</i>                    | 8         | 200        | 3,11         | 3,49        | 7,63         | 1        | 1,30         | 4,01         |
|            | <i>Cyathea cf. andina</i>           | 13        | 325        | 5,06         | 2,03        | 4,43         | 4        | 5,19         | 4,89         |
|            | <i>Elaeagia laxiflora</i>           | 1         | 25         | 0,39         | 1,61        | 3,52         | 1        | 1,30         | 1,74         |
|            | <i>Elaeagia magniflora</i>          | 1         | 25         | 0,39         | 0,05        | 0,11         | 1        | 1,30         | 0,60         |
|            | <i>Eschweilera cf. Antioquensis</i> | 5         | 125        | 1,95         | 0,44        | 0,96         | 2        | 2,60         | 1,83         |
|            | <i>Eugenia cf coffeifolia</i>       | 3         | 75         | 1,17         | 1,31        | 2,87         | 2        | 2,60         | 2,21         |
|            | <i>Faramea cf. cazaderensis</i>     | 11        | 275        | 4,28         | 1,13        | 2,48         | 4        | 5,19         | 3,98         |
|            | <i>Faramea cf. multiflora</i>       | 3         | 75         | 1,17         | 0,03        | 0,07         | 1        | 1,30         | 0,84         |
|            | <b>Ficus cf yoponensis</b>          | <b>3</b>  | <b>75</b>  | <b>1,17</b>  | <b>2,77</b> | <b>6,07</b>  | <b>2</b> | <b>2,60</b>  | <b>3,28</b>  |
|            | <i>Ficus tonduzii</i>               | 2         | 50         | 0,78         | 0,33        | 0,72         | 2        | 2,60         | 1,37         |
|            | <i>Graffenrieda cf. cucullata</i>   | 13        | 325        | 5,06         | 1,34        | 2,92         | 2        | 2,60         | 3,53         |
|            | <i>Guarea glabra</i>                | 3         | 75         | 1,17         | 0,17        | 0,37         | 2        | 2,60         | 1,38         |
|            | <i>Ilex laurina</i>                 | 9         | 225        | 3,50         | 3,52        | 7,70         | 2        | 2,60         | 4,60         |
|            | <i>Indeterminado sp.</i>            | 2         | 50         | 0,78         | 0,52        | 1,14         | 2        | 2,60         | 1,51         |
|            | <i>Meriania speciosa</i>            | 13        | 325        | 5,06         | 0,88        | 1,92         | 3        | 3,90         | 3,62         |
|            | <i>Miconia cf. variabilis</i>       | 2         | 50         | 0,78         | 0,12        | 0,27         | 2        | 2,60         | 1,21         |
|            | <i>Miconia prasina</i>              | 5         | 125        | 1,95         | 1,94        | 4,24         | 4        | 5,19         | 3,79         |
|            | <i>Mollinedia viridiflora</i>       | 1         | 25         | 0,39         | 0,02        | 0,05         | 1        | 1,30         | 0,58         |
|            | <b>Myrsine sp</b>                   | <b>21</b> | <b>525</b> | <b>8,17</b>  | <b>3,14</b> | <b>6,87</b>  | <b>2</b> | <b>2,60</b>  | <b>5,88</b>  |
|            | <i>Nectandra cuspidata</i>          | 14        | 350        | 5,45         | 2,66        | 5,83         | 2        | 2,60         | 4,62         |
|            | <i>Nectandra reticulata</i>         | 2         | 50         | 0,78         | 0,12        | 0,27         | 2        | 2,60         | 1,21         |
|            | <i>Ocotea macrophylla</i>           | 4         | 100        | 1,56         | 0,06        | 0,13         | 1        | 1,30         | 0,99         |
|            | <i>Palicourea axillaris</i>         | 23        | 575        | 8,95         | 1,30        | 2,84         | 3        | 3,90         | 5,23         |
|            | <i>Palicourea brachiata</i>         | 1         | 25         | 0,39         | 0,05        | 0,10         | 1        | 1,30         | 0,60         |
|            | <i>Palicourea thyrsoflora</i>       | 6         | 150        | 2,33         | 0,65        | 1,42         | 1        | 1,30         | 1,69         |
|            | <i>Piper cf. dichroostachyum</i>    | 8         | 200        | 3,11         | 1,11        | 2,43         | 2        | 2,60         | 2,71         |
|            | <i>Psychotria brachiata</i>         | 5         | 125        | 1,95         | 0,19        | 0,42         | 1        | 1,30         | 1,22         |
|            | <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> | 1         | 25         | 0,39         | 0,18        | 0,39         | 1        | 1,30         | 0,69         |
|            | <i>Rhytidanthera splendida</i>      | 10        | 250        | 3,89         | 1,62        | 3,55         | 1        | 1,30         | 2,91         |
|            | <i>Roupala cf. dielsii</i>          | 1         | 25         | 0,39         | 0,00        | 0,01         | 1        | 1,30         | 0,56         |

|  |                               |          |            |             |             |              |          |             |             |
|--|-------------------------------|----------|------------|-------------|-------------|--------------|----------|-------------|-------------|
|  | <i>Siparuna guianensis</i>    | 1        | 25         | 0,39        | 0,07        | 0,16         | 1        | 1,30        | 0,61        |
|  | <i>Sloanea cf. brevispina</i> | 1        | 25         | 0,39        | 0,48        | 1,04         | 1        | 1,30        | 0,91        |
|  | <i>Stylogyne cf. hayesii</i>  | 1        | 25         | 0,39        | 0,08        | 0,17         | 1        | 1,30        | 0,62        |
|  | <i>Toxicodendron striatum</i> | 4        | 100        | 1,56        | 0,12        | 0,27         | 1        | 1,30        | 1,04        |
|  | <i>Trichilia sp.</i>          | 1        | 25         | 0,39        | 0,01        | 0,03         | 1        | 1,30        | 0,57        |
|  | <b><i>Vochysia duquei</i></b> | <b>6</b> | <b>150</b> | <b>2,33</b> | <b>7,09</b> | <b>15,51</b> | <b>2</b> | <b>2,60</b> | <b>6,81</b> |
|  | <i>Wettinia praemorsa</i>     | 13       | 325        | 5,06        | 1,46        | 3,20         | 3        | 3,90        | 4,05        |
|  | <i>Xylosma paucinervosa</i>   | 5        | 125        | 1,95        | 0,25        | 0,56         | 2        | 2,60        | 1,70        |
|  | <b>Total</b>                  | 257      | 6425       | 100         | 45,72       | 100          | 77       | 100         | 100,0       |
|  | <b>Total general</b>          | 266      | 6650       | 300         | 58,97       | 300          | 84       | 300         | 300         |

**Ladera Baja:** Al igual que el nivel de ladera media, el árbol más alto fue de 35 metros, estableciendo los estratos con los mismos rangos: Estrato I (35-28,1 m) con 3 especies, estrato II (28-17,5 m) con 5 especies y el estrato III (>17,5 m) con 55 especies que corresponde al total de especies para este nivel (**Tabla 9**). El resultado del Índice de A fue de 3,52, un *Amax* de 5,11 y un *Arel* de 68,9%, indicando que en el nivel de Ladera baja las especies se distribuyen medianamente uniforme en los tres estratos, con una altura promedio de 6,63 metros. En el estrato I la especie dominante es *Vochysia duquei* con 48,29% presentando una altura promedio de 35 metros, el cual no está presente en el estrato II y disminuye considerablemente en el estrato III con un 0,63 %; es así que en el estrato II la especie con mayor valor de importancia es *Clusia sp.* con 32,4% y una altura de 20 m, y para el estrato III domina *Cyathea cf. andina* con un 17,3% de  $IVI_{rel}$  y una altura promedio de 2,7 metros.

**Tabla 9.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de Ladera baja y sus índices de importancia ecológica (IVI).

| Estrato   | Especie                             | No.<br>Ind. | Abundancia         |              | Dominancia                      |              | Frecuencia |              | IVI          |
|-----------|-------------------------------------|-------------|--------------------|--------------|---------------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
|           |                                     |             | Absoluta           | Relativa     | Absoluta                        | Relativa     | Absoluta   | Relativa     |              |
|           |                                     |             | N ha <sup>-1</sup> | (%)          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | (%)          | N/Parcela  | (%)          |              |
| <b>I</b>  | <i>Ficus cf. yoponensis</i>         | 1           | 25                 | 33,33        | 2,19                            | 7,92         | 1          | 33,33        | 24,86        |
|           | <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> | 1           | 25                 | 33,33        | 3,84                            | 13,88        | 1          | 33,33        | 26,85        |
|           | <b><i>Vochysia duquei</i></b>       | <b>1</b>    | <b>25</b>          | <b>33,33</b> | <b>21,66</b>                    | <b>78,21</b> | <b>1</b>   | <b>33,33</b> | <b>48,29</b> |
|           | <b>Total</b>                        | 3           | 75                 | 100          | 27,70                           | 100          | 3          | 100          | 100          |
|           |                                     |             |                    |              |                                 |              |            |              |              |
| <b>II</b> | <i>Chrysophyllum argenteum</i>      | 1           | 25                 | 16,67        | 2,86                            | 16,20        | 1          | 20           | 17,62        |
|           | <b><i>Clusia sp</i></b>             | <b>2</b>    | <b>50</b>          | <b>33,33</b> | <b>7,79</b>                     | <b>44,03</b> | <b>1</b>   | <b>20</b>    | <b>32,46</b> |
|           | <i>Ilex laurina</i>                 | 1           | 25                 | 16,67        | 2,54                            | 14,37        | 1          | 20           | 17,01        |
|           | <i>Quercus humboldtii</i>           | 1           | 25                 | 16,67        | 2,28                            | 12,88        | 1          | 20           | 16,52        |
|           | <i>Tapirira guianensis</i>          | 1           | 150                | 16,67        | 2,21                            | 12,52        | 1          | 20           | 16,4         |
|           | <b>Total</b>                        | 6           | 150                | 100          | 17,68                           | 100          | 5          | 100          | 100          |
|           |                                     |             |                    |              |                                 |              |            |              |              |
|           | <i>Aegiphila cf. membranacea</i>    | 1           | 25                 | 0,48         | 0,00                            | 0,01         | 1          | 1,23         | 0,57         |
|           | <i>Aiouea montana</i>               | 6           | 150                | 2,90         | 0,07                            | 0,13         | 1          | 1,23         | 1,42         |
|           | <i>Aniba cf. coto</i>               | 2           | 50                 | 0,97         | 0,01                            | 0,03         | 1          | 1,23         | 0,74         |
|           | <i>Arachnothryx reflexa</i>         | 2           | 50                 | 0,97         | 0,52                            | 1,03         | 1          | 1,23         | 1,08         |
|           | <i>Beilschmiedia latifolia</i>      | 1           | 25                 | 0,48         | 0,17                            | 0,33         | 1          | 1,23         | 0,68         |
|           | <i>Beilschmiedia towarensis</i>     | 4           | 100                | 1,93         | 2,86                            | 5,69         | 2          | 2,47         | 3,36         |
|           | <i>Chamaedorea pinnatifrons</i>     | 1           | 25                 | 0,48         | 0,04                            | 0,08         | 1          | 1,23         | 0,60         |
|           | <i>Chrysochlamys dependens</i>      | 5           | 125                | 2,42         | 3,37                            | 6,69         | 2          | 2,47         | 3,86         |

|     |                                           |           |             |              |              |              |          |             |              |
|-----|-------------------------------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------|-------------|--------------|
| III | <i>Chrysophyllum</i><br><i>argenteum</i>  | 2         | 50          | 0,97         | 0,05         | 0,11         | 1        | 1,23        | 0,77         |
|     | <i>Clarisia biflora</i>                   | 3         | 75          | 1,45         | 0,33         | 0,65         | 2        | 2,47        | 1,52         |
|     | <i>Clethra cf. fagifolia</i>              | 2         | 50          | 0,97         | 1,08         | 2,16         | 2        | 2,47        | 1,86         |
|     | <b><i>Clusia</i> sp</b>                   | <b>5</b>  | <b>125</b>  | <b>2,42</b>  | <b>6,51</b>  | <b>12,94</b> | <b>2</b> | <b>2,47</b> | <b>5,94</b>  |
|     | <b><i>Cyathea cf. andina</i></b>          | <b>45</b> | <b>1125</b> | <b>21,74</b> | <b>12,79</b> | <b>25,44</b> | <b>4</b> | <b>4,94</b> | <b>17,37</b> |
|     | <i>Cybianthus poeppigii</i>               | 3         | 75          | 1,45         | 0,01         | 0,02         | 1        | 1,23        | 0,90         |
|     | <i>Elaeagia karstenii</i>                 | 3         | 75          | 1,45         | 0,06         | 0,12         | 1        | 1,23        | 0,94         |
|     | <i>Elaeagia laxiflora</i>                 | 2         | 50          | 0,97         | 1,37         | 2,73         | 1        | 1,23        | 1,64         |
|     | <i>Faramea</i> cf.<br><i>cazaderensis</i> | 13        | 325         | 6,28         | 3,82         | 7,60         | 3        | 3,70        | 5,86         |
|     | <i>Faramea</i> cf. <i>multiflora</i>      | 1         | 25          | 0,48         | 0,00         | 0,00         | 1        | 1,23        | 0,57         |
|     | <i>Ficus</i> cf. <i>yoponensis</i>        | 4         | 100         | 1,93         | 2,78         | 5,52         | 4        | 4,94        | 4,13         |
|     | <i>Ficus tonduzii</i>                     | 1         | 25          | 0,48         | 0,01         | 0,01         | 1        | 1,23        | 0,58         |
|     | <i>Guarea glabra</i>                      | 5         | 125         | 2,42         | 0,11         | 0,21         | 1        | 1,23        | 1,29         |
|     | <i>Hedyosmum gentry</i>                   | 1         | 25          | 0,48         | 0,05         | 0,10         | 1        | 1,23        | 0,61         |
|     | <i>Hieronyma</i><br><i>alchorneoides</i>  | 1         | 25          | 0,48         | 0,01         | 0,03         | 1        | 1,23        | 0,58         |
|     | <i>Ilex laurina</i>                       | 6         | 150         | 2,90         | 5,35         | 10,65        | 2        | 2,47        | 5,34         |
|     | <i>Indeterminado</i> sp.                  | 1         | 25          | 0,48         | 0,20         | 0,41         | 1        | 1,23        | 0,71         |
|     | <i>Meriania speciosa</i>                  | 4         | 100         | 1,93         | 0,32         | 0,64         | 2        | 2,47        | 1,68         |
|     | <i>Miconia</i> cf. <i>floribunda</i>      | 3         | 75          | 1,45         | 0,02         | 0,03         | 1        | 1,23        | 0,91         |
|     | <i>Miconia</i> cf. <i>poecilantha</i>     | 2         | 50          | 0,97         | 0,76         | 1,50         | 1        | 1,23        | 1,23         |
|     | <i>Miconia prasina</i>                    | 1         | 25          | 0,48         | 0,02         | 0,05         | 1        | 1,23        | 0,59         |
|     | <i>Myrcia</i> sp.                         | 1         | 25          | 0,48         | 0,58         | 1,15         | 1        | 1,23        | 0,96         |
|     | <i>Myrcia splendens</i>                   | 1         | 25          | 0,48         | 0,01         | 0,01         | 1        | 1,23        | 0,58         |
|     | <i>Myrsine</i> sp.                        | 3         | 75          | 1,45         | 0,22         | 0,44         | 1        | 1,23        | 1,04         |
|     | <i>Nectandra</i> cf. <i>reflexa</i>       | 1         | 25          | 0,48         | 0,00         | 0,01         | 1        | 1,23        | 0,57         |
|     | <i>Nectandra cuspidata</i>                | 7         | 175         | 3,38         | 0,55         | 1,09         | 2        | 2,47        | 2,31         |

|     |                                               |            |             |             |              |             |           |             |             |
|-----|-----------------------------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| III | <i>Ocotea cf cernua</i>                       | 3          | 75          | 1,45        | 0,23         | 0,46        | 1         | 1,23        | 1,05        |
|     | <i>Palicourea axillaris</i>                   | 5          | 125         | 2,42        | 1,14         | 2,28        | 1         | 1,23        | 1,98        |
|     | <i>Palicourea crocea</i>                      | 2          | 50          | 0,97        | 0,01         | 0,02        | 1         | 1,23        | 0,74        |
|     | <i>Palicourea sulphurea</i>                   | 1          | 25          | 0,48        | 0,06         | 0,11        | 1         | 1,23        | 0,61        |
|     | <i>Palicourea thyrsiflora</i>                 | 2          | 50          | 0,97        | 0,01         | 0,02        | 1         | 1,23        | 0,74        |
|     | <i>Paragynoxys cf corei</i>                   | 7          | 175         | 3,38        | 0,18         | 0,37        | 2         | 2,47        | 2,07        |
|     | <i>Perebea xanthochyma</i>                    | 2          | 50          | 0,97        | 0,11         | 0,21        | 2         | 2,47        | 1,22        |
|     | <i>Piper cf.</i><br><i>dichroostachyum</i>    | 6          | 150         | 2,90        | 0,10         | 0,20        | 2         | 2,47        | 1,86        |
|     | <i>Posoqueria velutina</i>                    | 2          | 50          | 0,97        | 0,14         | 0,29        | 1         | 1,23        | 0,83        |
|     | <i>prunus cf. integrifolia</i>                | 1          | 25          | 0,48        | 0,00         | 0,01        | 1         | 1,23        | 0,57        |
|     | <i>Psammisia penduliflora</i>                 | 1          | 25          | 0,48        | 0,23         | 0,46        | 1         | 1,23        | 0,73        |
|     | <i>Quercus humboldtii</i>                     | 7          | 175         | 3,38        | 1,03         | 2,04        | 3         | 3,70        | 3,04        |
|     | <i>Rhodostemonodaphne</i><br><i>kunthiana</i> | 1          | 25          | 0,48        | 0,01         | 0,01        | 1         | 1,23        | 0,58        |
|     | <i>Rhytidanthera</i><br><i>splendida</i>      | 4          | 100         | 1,93        | 0,64         | 1,27        | 2         | 2,47        | 1,89        |
|     | <i>Ryania cf. speciosa</i>                    | 1          | 25          | 0,48        | 1,24         | 2,47        | 1         | 1,23        | 1,40        |
|     | <i>Sloanea cf. caribaea</i>                   | 1          | 25          | 0,48        | 0,03         | 0,05        | 1         | 1,23        | 0,59        |
|     | <i>Stylogyne cf. hayesii</i>                  | 1          | 25          | 0,48        | 0,00         | 0,01        | 1         | 1,23        | 0,57        |
|     | <i>Tapirira guianensis</i>                    | 12         | 300         | 5,80        | 0,51         | 1,02        | 3         | 3,70        | 3,51        |
|     | <b><i>Vochysia duquei</i></b>                 | <b>1</b>   | <b>25</b>   | <b>0,48</b> | <b>0,13</b>  | <b>0,27</b> | <b>1</b>  | <b>1,23</b> | <b>0,66</b> |
|     | <i>Wettinia praemorsa</i>                     | 3          | 75          | 1,45        | 0,40         | 0,80        | 3         | 3,70        | 1,99        |
|     | <i>Xylosma paucinervosa</i>                   | 1          | 25          | 0,48        | 0,00         | 0,00        | 1         | 1,23        | 0,57        |
|     | <b>Total</b>                                  | <b>207</b> | <b>5175</b> | <b>100</b>  | <b>50,28</b> | <b>100</b>  | <b>81</b> | <b>100</b>  | <b>100</b>  |
|     | <b>Total general</b>                          | <b>216</b> | <b>5400</b> | <b>300</b>  | <b>95,67</b> | <b>300</b>  | <b>89</b> | <b>300</b>  | <b>300</b>  |

**Vallecito:** Los estratos se definieron de la siguiente manera: El estrato I o superior (23 – 14,8 m) con 3 especies, el estrato II o intermedio (14,7 – 11,5 m) con 10 especies y el estrato III o inferior (> 11,4 m) con 43 especies (**Tabla 10**). El valor del Índice A es de 2,94, *Amax* de 4,88 y un *Arel* de 60,2%, por lo que esta zona presenta una uniformidad media, con una altura promedio de 5,5 m. El estrato superior está dominado por *Zanthoxylum rhoifolium* con un 35,8% de importancia, seguido de *Calycolpus moritzianus* con un 33,24% y *Heliocarpus americanus* con un 30,9%; el estrato II está dominado por *Myrcia splendens* representando un 24,05% con una altura de 12 m, y el estrato III está dominado por la especie *Piper divortans* con un 11,34 % con una altura promedio de 4,1.

**Tabla 10.** Valores del índice vertical de Pretzsch para el nivel topográfico de vallecito y sus índices de importancia ecológica (IVI).

| Estrato   | Especie                              | No.<br>Ind | Abundancia         |              | Dominancia                      |              | Frecuencia |              | IVI          |
|-----------|--------------------------------------|------------|--------------------|--------------|---------------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|
|           |                                      |            | Absolut            | Relativ      | Absolut                         | Relativ      | Absoluta   | Relativ      |              |
|           |                                      |            | a                  | a            | a                               | a            | N/Parcel   | a            |              |
|           |                                      |            | N ha <sup>-1</sup> | (%)          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | (%)          | a          | (%)          |              |
| <b>I</b>  | <i>Calycolpus moritzianus</i>        | 1          | 25                 | 33,33        | 1,31                            | 33,06        | 1          | 33,33        | 33,24        |
|           | <i>Heliocarpus americanus</i>        | 1          | 25                 | 33,33        | 1,03                            | 26,12        | 1          | 33,33        | 30,93        |
|           | <b><i>Zanthoxylum rhoifolium</i></b> | <b>1</b>   | <b>25</b>          | <b>33,33</b> | <b>1,61</b>                     | <b>40,82</b> | <b>1</b>   | <b>33,33</b> | <b>35,83</b> |
|           | <b>Total</b>                         | 3          | 75                 | 100          | 3,95                            | 100          | 3          | 100          | 100          |
| <b>II</b> | <i>Alchornea cf. latifolia</i>       | 1          | 25                 | 4,55         | 2,15                            | 5,49         | 1          | 6,67         | 5,57         |
|           | <b><i>Aniba puchury-minor</i></b>    | <b>3</b>   | <b>75</b>          | <b>13,64</b> | <b>0,79</b>                     | <b>2,01</b>  | <b>1</b>   | <b>6,67</b>  | <b>7,44</b>  |
|           | <i>Calycolpus moritzianus</i>        | 1          | 25                 | 4,55         | 0,50                            | 1,27         | 1          | 6,67         | 4,16         |
|           | <i>Chrysochlamys dependens</i>       | 1          | 25                 | 4,55         | 1,99                            | 5,07         | 1          | 6,67         | 5,43         |
|           | <b><i>Heliocarpus americanus</i></b> | <b>5</b>   | <b>125</b>         | <b>22,73</b> | <b>1,33</b>                     | <b>3,39</b>  | <b>1</b>   | <b>6,67</b>  | <b>10,93</b> |
|           | <b><i>Indeterminado sp.</i></b>      | <b>4</b>   | <b>100</b>         | <b>18,18</b> | <b>8,41</b>                     | <b>21,44</b> | <b>3</b>   | <b>20,00</b> | <b>19,87</b> |
|           | <b><i>Myrcia splendens</i></b>       | <b>1</b>   | <b>25</b>          | <b>4,55</b>  | <b>21,29</b>                    | <b>54,28</b> | <b>2</b>   | <b>13,33</b> | <b>24,05</b> |
|           | <i>Piper cf divortans</i>            | 1          | 25                 | 4,55         | 0,74                            | 1,89         | 1          | 6,67         | 4,37         |

|     |                                   |    |     |        |       |       |    |       |      |
|-----|-----------------------------------|----|-----|--------|-------|-------|----|-------|------|
|     | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>     | 4  | 100 | 18,18  | 0,84  | 2,14  | 1  | 6,67  | 9,00 |
|     | <i>Elaeagia laxiflora</i>         | 1  | 25  | 4,55   | 1,18  | 3,02  | 3  | 20,00 | 9,19 |
|     | <b>Total</b>                      | 22 | 550 | 100,00 | 39,23 | 100   | 15 | 100   | 100  |
| III | <i>Aiouea montana</i>             | 5  | 125 | 1,58   | 0,16  | 1,35  | 3  | 4,62  | 2,51 |
|     | <i>Alchornea cf. latifolia</i>    | 1  | 25  | 0,32   | 0,07  | 0,59  | 1  | 1,54  | 0,81 |
|     | <i>Aniba cf coto</i>              | 1  | 25  | 0,32   | 0,03  | 0,21  | 1  | 1,54  | 0,69 |
|     | <i>Aniba puchury-minor</i>        | 8  | 200 | 2,52   | 0,05  | 0,37  | 2  | 3,08  | 1,99 |
|     | <i>Beilschmiedia towarensis</i>   | 1  | 25  | 0,32   | 0,16  | 1,27  | 1  | 1,54  | 1,04 |
|     | <i>Brugmansia sp</i>              | 7  | 175 | 2,21   | 0,37  | 3,02  | 1  | 1,54  | 2,25 |
|     | <i>Calycolpus moritizianus</i>    | 1  | 25  | 0,32   | 0,24  | 1,99  | 1  | 1,54  | 1,28 |
|     | <i>Cestrum cf. microcalyx</i>     | 1  | 25  | 0,32   | 0,11  | 0,91  | 1  | 1,54  | 0,92 |
|     | <i>Chamaedorea linearis</i>       | 2  | 50  | 0,63   | 0,05  | 0,43  | 1  | 1,54  | 0,87 |
|     | <i>Chrysochlamys dependens</i>    | 2  | 50  | 0,63   | 0,01  | 0,09  | 1  | 1,54  | 0,75 |
|     | <i>Chrysophyllum argenteum</i>    | 2  | 50  | 0,63   | 0,16  | 1,33  | 2  | 3,08  | 1,68 |
|     | <i>Citrus reticulata</i>          | 1  | 25  | 0,32   | 0,04  | 0,34  | 1  | 1,54  | 0,73 |
|     | <i>Clavija cf ornata</i>          | 1  | 25  | 0,32   | 0,00  | 0,03  | 1  | 1,54  | 0,63 |
|     | <i>Coffea arabica</i>             | 5  | 125 | 1,58   | 0,12  | 0,96  | 1  | 1,54  | 1,36 |
|     | <i>Cyathea cf andina</i>          | 1  | 25  | 0,32   | 0,27  | 2,22  | 1  | 1,54  | 1,36 |
|     | <i>Endlicheria cf. pyriformis</i> | 3  | 75  | 0,95   | 0,12  | 1,02  | 1  | 1,54  | 1,17 |
|     | <i>Eugenia acapulcensis</i>       | 1  | 25  | 0,32   | 0,12  | 0,96  | 1  | 1,54  | 0,94 |
|     | <i>Heliocarpus americanus</i>     | 3  | 75  | 0,95   | 0,03  | 0,21  | 1  | 1,54  | 0,90 |
|     | <i>Lippia schlimii</i>            | 3  | 75  | 0,95   | 0,99  | 8,05  | 2  | 3,08  | 4,02 |
|     | <i>Mandevilla sp.</i>             | 1  | 25  | 0,32   | 1,58  | 12,88 | 1  | 1,54  | 4,91 |
|     | <i>Mauria ferrugínea</i>          | 1  | 25  | 0,32   | 0,04  | 0,30  | 1  | 1,54  | 0,72 |
|     | <i>Meriania speciosa</i>          | 9  | 225 | 2,84   | 0,06  | 0,47  | 1  | 1,54  | 1,62 |
|     | <i>Miconia aeruginosa</i>         | 5  | 125 | 1,58   | 0,72  | 5,87  | 1  | 1,54  | 3,00 |
|     | <i>Myrcia splendens</i>           | 2  | 50  | 0,63   | 0,43  | 3,50  | 3  | 4,62  | 2,92 |
|     | <i>Nectandra cf. Turbasensis</i>  | 9  | 225 | 2,84   | 0,06  | 0,50  | 2  | 3,08  | 2,14 |
|     | <i>Nectandra cuspidata</i>        | 6  | 150 | 1,89   | 0,27  | 2,18  | 3  | 4,62  | 2,90 |
|     | <i>Ocotea cf. cernua</i>          | 4  | 100 | 1,26   | 0,29  | 2,37  | 2  | 3,08  | 2,24 |
|     | <i>Oreopanax sectifolius</i>      | 1  | 25  | 0,32   | 0,25  | 2,06  | 2  | 3,08  | 1,82 |
|     | <i>Palicourea axillaris</i>       | 5  | 125 | 1,58   | 0,01  | 0,08  | 1  | 1,54  | 1,07 |
|     | <i>Palicourea thyrsoiflora</i>    | 18 | 450 | 5,68   | 0,37  | 3,05  | 1  | 1,54  | 3,42 |

|                                     |            |             |              |              |             |           |             |              |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-----------|-------------|--------------|
| <b><i>Piper arboreum</i></b>        | <b>20</b>  | <b>500</b>  | <b>6,31</b>  | <b>0,74</b>  | <b>6,02</b> | <b>2</b>  | <b>3,08</b> | <b>5,13</b>  |
| <i>Piper cf. dichroostachyum</i>    | 10         | 250         | 3,15         | 0,60         | 4,92        | 2         | 3,08        | 3,72         |
| <b><i>Piper cf. divortans</i></b>   | <b>94</b>  | <b>2350</b> | <b>29,65</b> | <b>0,35</b>  | <b>2,83</b> | <b>1</b>  | <b>1,54</b> | <b>11,34</b> |
| <i>Piper crassinervium</i>          | 4          | 100         | 1,26         | 1,38         | 11,24       | 4         | 6,15        | 6,22         |
| <i>Piper marequitense</i>           | 58         | 1450        | 18,30        | 0,04         | 0,36        | 1         | 1,54        | 6,73         |
| <i>Psidium guineense</i>            | 6          | 150         | 1,89         | 1,23         | 10,02       | 3         | 4,62        | 5,51         |
| <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> | 1          | 25          | 0,32         | 0,17         | 1,36        | 2         | 3,08        | 1,58         |
| <i>Siparuna cf. gesnerioides</i>    | 9          | 225         | 2,84         | 0,01         | 0,09        | 1         | 1,54        | 1,49         |
| <i>Siparuna conica</i>              | 1          | 25          | 0,32         | 0,32         | 2,64        | 3         | 4,62        | 2,52         |
| <i>Vismia baccifera</i>             | 1          | 25          | 0,32         | 0,01         | 0,05        | 1         | 1,54        | 0,63         |
| <i>Wettinia praemorsa</i>           | 1          | 25          | 0,32         | 0,17         | 1,37        | 1         | 1,54        | 1,07         |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>       | 1          | 25          | 0,32         | 0,02         | 0,16        | 1         | 1,54        | 0,67         |
| <i>Elaeagia laxiflora</i>           | 1          | 25          | 0,32         | 0,04         | 0,32        | 1         | 1,54        | 0,72         |
| <b>Total</b>                        | <b>317</b> | <b>7925</b> | <b>100</b>   | <b>12,25</b> | <b>100</b>  | <b>65</b> | <b>100</b>  | <b>100</b>   |
| <b>Total general</b>                | <b>342</b> | <b>8550</b> | <b>300</b>   | <b>55,42</b> | <b>300</b>  | <b>83</b> | <b>300</b>  | <b>300</b>   |

El índice vertical estimado en los niveles topográficos fue de  $A = 2,94$  a  $3,52$  y un  $A_{max} = 4,5$  a  $4,11$ . Los valores de Índice A indican la uniformidad de la distribución de la estructura en cada nivel topográfico. Un Índice A más alto sugiere una distribución más uniforme, lo que puede reflejar una mayor heterogeneidad estructural en el dosel. En este sentido, los niveles de ladera media y ladera baja muestran valores de Índice A más altos en comparación con la cresta y el vallecito, lo que sugiere una distribución más uniforme de la masa de copa en esos niveles.

**Tabla 11.** Resumen del Índice A de Pretszch para los niveles topográficos.

| Índice    | Cresta | Ladera media | Ladera baja | Vallecito |
|-----------|--------|--------------|-------------|-----------|
| A         | 3,29   | 3,50         | 3,52        | 2,94      |
| $A_{máx}$ | 4,50   | 4,91         | 5,11        | 4,88      |
| $A_{rel}$ | 73,01  | 71,33        | 68,98       | 60,23     |

### Variación de las estructura y diversidad:

Al realizar la caracterización ambiental de cada nivel topográfico mediante el PCA con las variables ambientales. No se observó una agrupación clara de parcelas relacionadas con la posición topográfica (**Figura 10**) En cuanto a las parcela podemos observar que presentan una alta dispersión, a excepción de las parcelas de la cresta que se agrupan exhibiendo una menor diversidad y valores estructurales bajos, al igual que las parcelas del vallecito presentan una baja diversidad y un alto número de individuos, por lo que en su mayoría las parcelas de los niveles presentan una alta variación de diversidad y estructura.

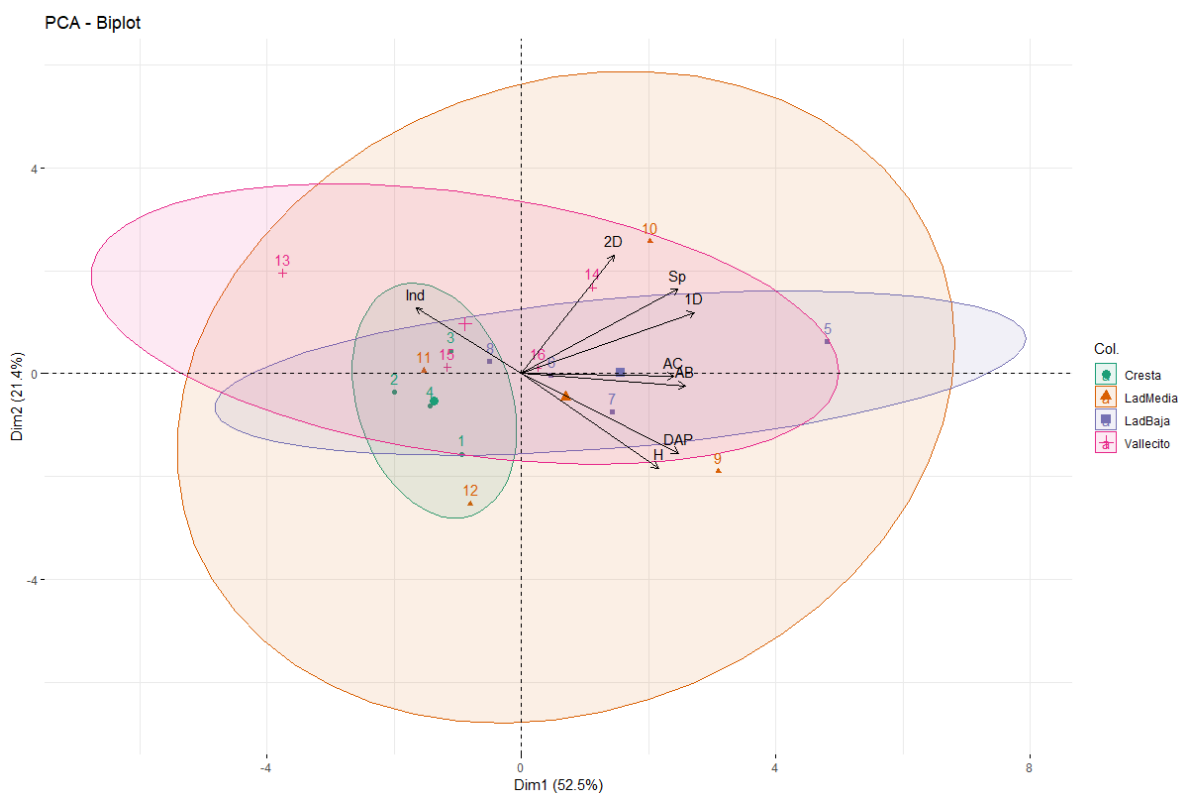


**Figura 10.** PCA basado en atributos de comunidades de árboles estructurales y de diversidad. AB: área basal; AC: área de copa; H, altura, IND: número de individuos; DAP: diámetro altura pecho; Sp: número de especies; 1D y 2D: números de Hill. La varianza explicada por el eje 1 y el eje 2 del PCA fue del 52,5% y el 21,4%, respectivamente. Se dibujaron elipses con un nivel de confianza del 85%.

### Efecto de la pendiente

En la **Figura 11** se muestra el número de individuos por el grado de inclinación donde los individuos de los niveles topográficos de laderas y cresta, se sitúan en grados de inclinación entre 40 y 80°, sin observarse una tendencia clara entre los niveles, ya que esta se mantiene horizontal, el número de individuos no disminuye ni aumenta. Este comportamiento se debe a que los andes orientales son topográficamente heterogéneos y existen pocas superficies planas, que incluso en el nivel de vallecito varían entre los 0 y 40 °, siendo el único nivel que se separa de los otros. Mediante el test de Kruskal-Wallis (**Tabla 12**) se encontró la existencia de diferencias significativas de los grados de inclinación registrados en cada nivel topográfico.

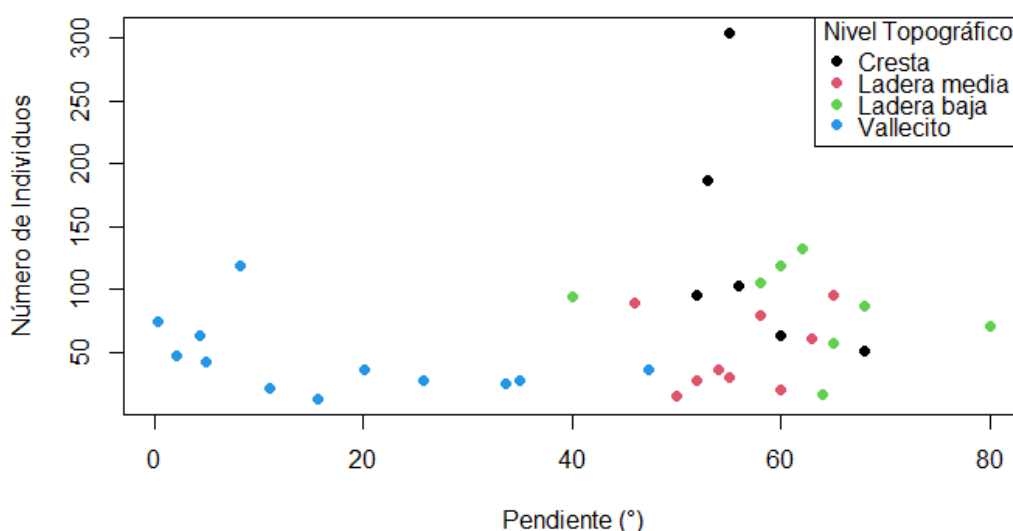


**Figura 11.** Número de individuos por grado de inclinación presentadas entre los niveles topográficos.

**Tabla 12.** *Prueba de Kruskal-Wallis*

|              | Cresta                | Ladera media          | Ladera baja           |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ladera media | $3,4 \times 10^{-6}$  | -                     | -                     |
| Ladera baja  | $< 2 \times 10^{-16}$ | $< 2 \times 10^{-16}$ | -                     |
| Vallecito    | $< 2 \times 10^{-16}$ | $< 2 \times 10^{-16}$ | $< 2 \times 10^{-16}$ |

En la **figura 12** se presenta la correlación de Spearman del número de individuos, número de especies, diámetro y altura máxima con el grado de inclinación de la pendiente, en el cual los puntos de dispersión se ajustan a una línea de tendencia positiva, pero sin ser significativo, a excepción del comportamiento del diámetro (**Figura 12-D**), que presenta una correlación positiva moderada presentando un valor de  $R = 0,45$  con un nivel de significancia de  $p = 0,0072$ , este resultado señala que la pendiente influye en un 45% en el diámetro de los individuos.

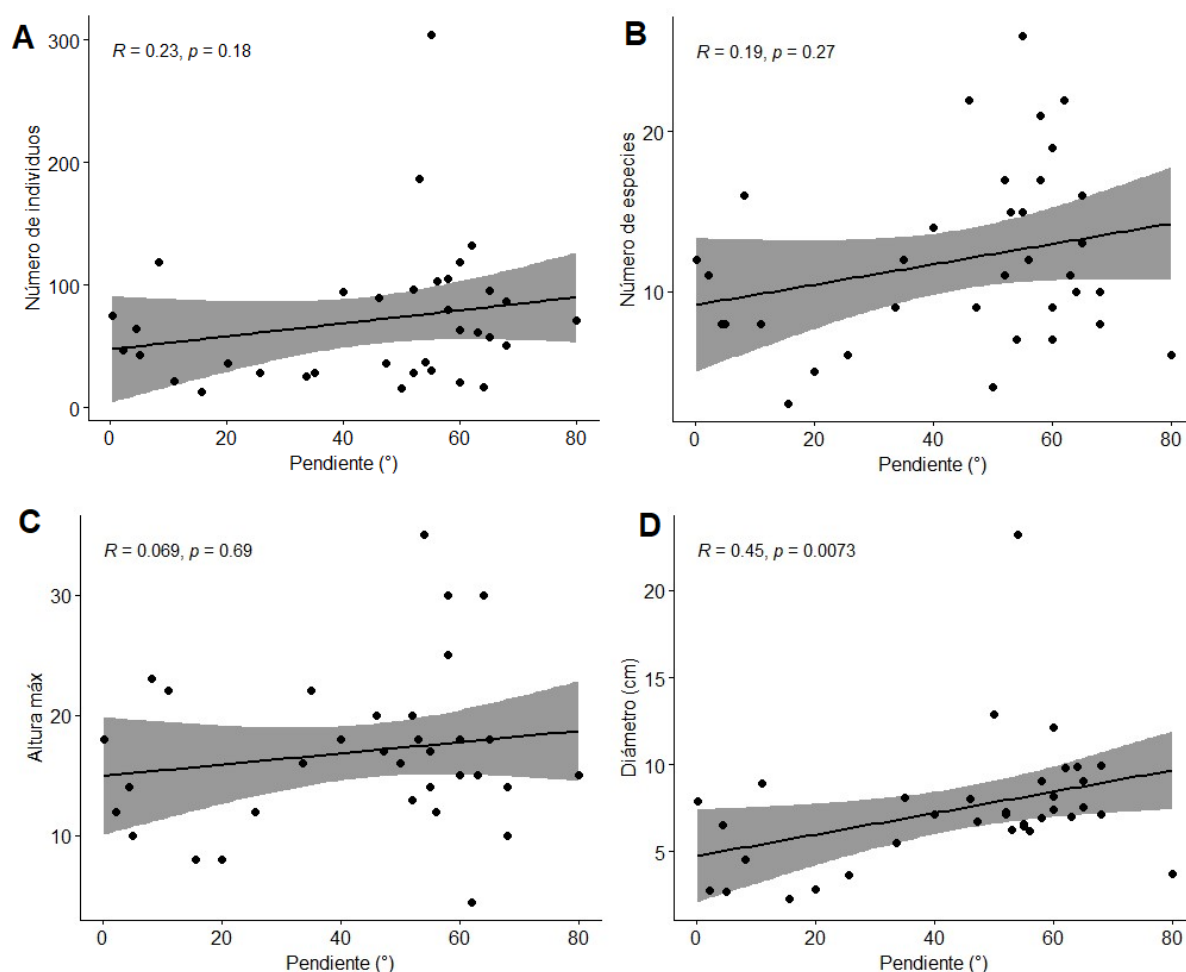


**Figura 12.** Correlación del número de individuos, número de especies, diámetro y altura y el grado de inclinación de la pendiente presentes en los cuatro niveles topográficos.

Sin embargo, la pendiente es un factor complejo y de mucha importancia en el establecimiento de las plantas debido a que está estrechamente relacionado con la hidrología, disponibilidad de nutrientes, exposición con respecto a la luz, los cuales son factores necesarios para el desarrollo de los árboles (Escalante, 2011).

### Humedad relativa:

Los resultados de la humedad relativa y temperatura se contrastan entre los diferentes niveles topográficos (**Figura 13 y 14**). Se observa que, para los niveles de cresta y ladera, la

temperatura y la humedad relativa son similares durante el período seco. Sin embargo, se observa una mayor diferencia durante el período de lluvias. En el nivel de vallecito, se destaca como el sitio que contrasta más con los otros niveles durante el período seco.

**Tabla 13.** Comparación de la humedad relativa y temperatura entre los niveles topográficos utilizando el método de ajuste de Holm.

|                    | Periodo de lluvias    |                       | Periodo seco          |                       |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                    | HR                    | T                     | HR                    | T                     |
| Cresta - Ladera    | $< 2 \times 10^{-16}$ | $4,2 \times 10^{-13}$ | 1.2e-05               | 0.15                  |
| Cresta - Vallecito | $< 2 \times 10^{-16}$ | $5.9 \times 10^{-14}$ | $< 2 \times 10^{-16}$ | $1.0 \times 10^{-08}$ |
| Ladera - Vallecito | $< 2 \times 10^{-16}$ | 0,88                  | $< 2 \times 10^{-16}$ | $8.8 \times 10^{-06}$ |

Estas diferencias se respaldan con el test de Kruskal-Wallis que muestra diferencias significativas con un valor de p muy pequeño ( $p = < 2 \times 10^{-16}$ ) en la humedad relativa y temperatura. La prueba de Wilcoxon (**Tabla 13**) encontró que no hay diferencias en la temperatura media para un periodo de lluvias entre el vallecito y la ladera ( $p = 0,88$ ), al igual que para el periodo seco la temperatura no se presentan diferencias significativas entre la ladera y la cresta ( $p = 0,15$ ).

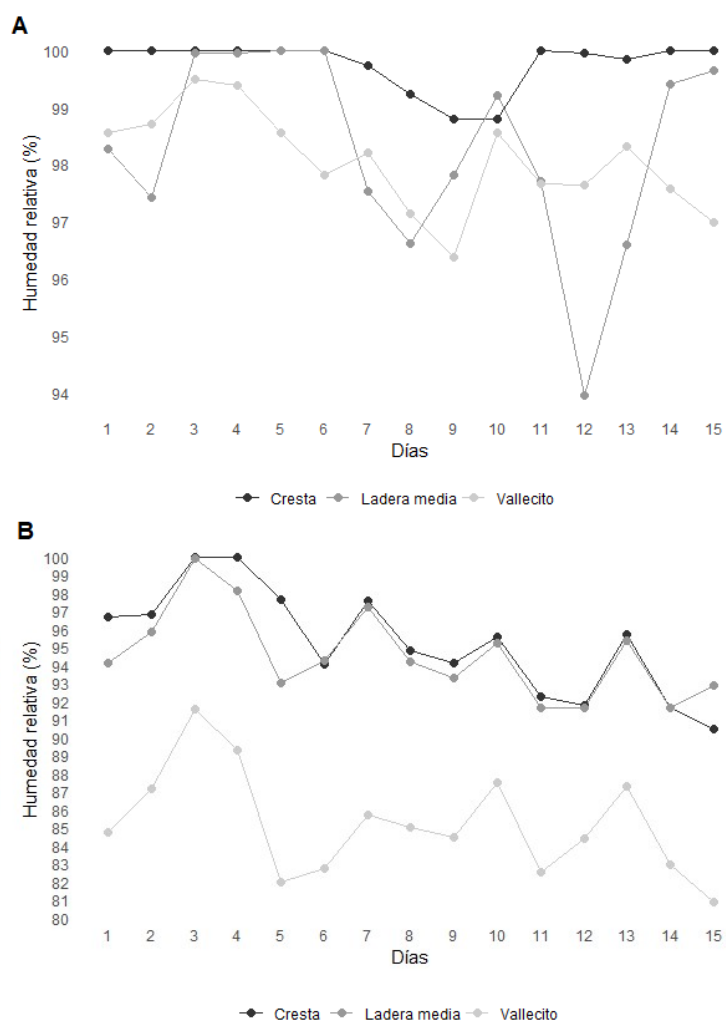


**Figura 13.** (a) Humedad relativa media en periodo de lluvias para cada nivel medidas durante 15 días (b) Humedad relativa media del periodo seco para tres niveles topográficos.

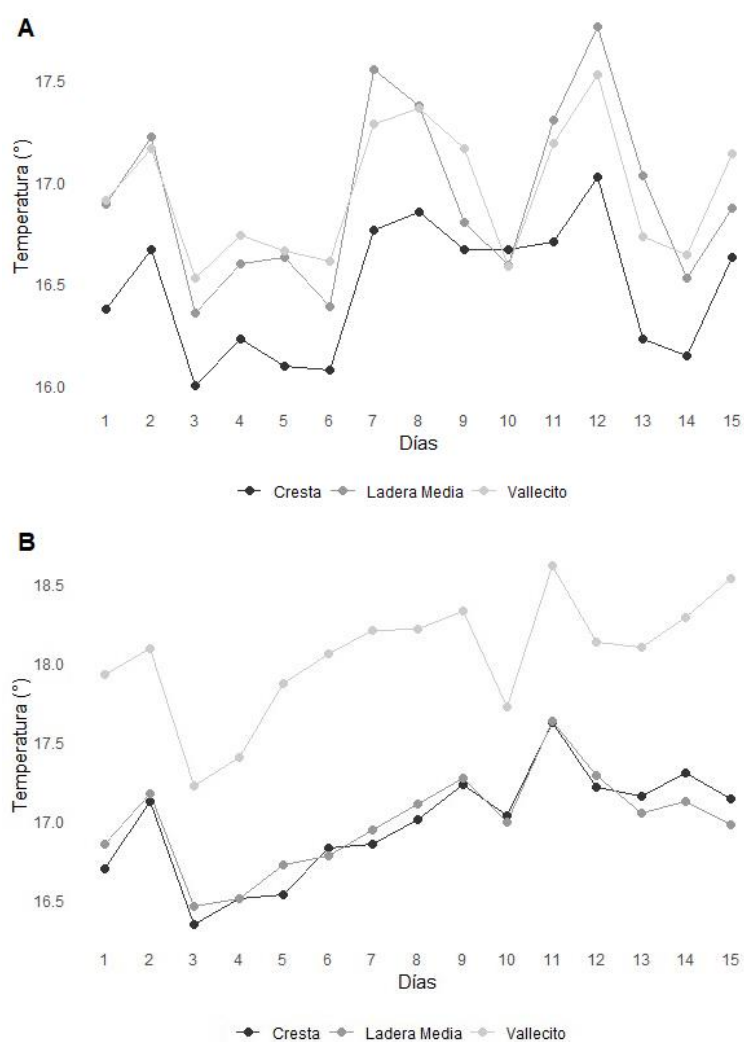


**Figura 14.** (a) Temperatura media en periodo de lluvias para cada nivel medidas durante 15 días (b) Temperatura media del periodo seco para tres niveles topográficos.

## Discusión

Los resultados muestran que la topografía es un factor importante en los patrones de diversidad y estructura de plantas locales, incluso en niveles topográficos bajos relativamente planos. Se encontró una alta diversidad de plantas desde pioneras típicas de sucesiones secundarias, hasta comunidades estables típicas de bosques subandinos maduros (Rodríguez *et al.*, 2017).

En general el nivel de ladera baja presentó una mayor diversidad de especies vegetales que los demás niveles, sin embargo fue el sitio con menor intensidad de muestreo, ya que en las curvas de rarefacción no llegó a una asíntota sugiriendo que el esfuerzo de muestreo fue incompleto, pero esto puede explicarse por la heterogeneidad del hábitat y la presencia de especies raras, ya que fue el nivel que presentó mayor heterogeneidad en la composición de especies entre parcelas, además se registró un mayor número de especies de hierbas en este nivel. También es importante mencionar, que el nivel de cresta fue el sitio con mejor intensidad de muestra, pero el menos biodiverso, dado que es nivel con mayor cobertura de bosque maduro poco perturbado, con una dominancia de árboles altos como las especie de *Q. humboldtii*, *I. laurina* y *Clusia sp.* que son especies propias de climas fríos, formando parte del dosel principal (Andrade, 2023).

De manera similar para los patrones de similitud en composición de especies, se encontró que los niveles difieren entre sí, incluso se observa que las parcelas de las laderas son las más heterogéneas y las parcelas de la cresta son similares entre sí, llegando a compartir solamente entre un 23% y 56%. Específicamente, se observa que el vallecito y la cresta son las más disimiles, un contraste que puede explicarse por sus ubicaciones opuestas en el gradiente topográfico. Esta tendencia es generalmente observable en las formas de relieve más

pronunciadas, que causan una disminución en la riqueza de especies. Es importante tener en cuenta que esta disimilitud del vallecito con los demás niveles, sea explicado por el estado de perturbación del bosque, que se caracteriza por presentar una vegetación secundaria baja, con una dominancia de especies pioneras del género *Piper* (**Apéndice 6**). Asimismo, se evidencia un alto número de especies únicas encontradas en cada nivel topográfico, 19 en ladera media, 28 especies en ladera baja, 36 en el vallecito, mientras que la cresta presenta el menor valor de 8 especies únicas.

En términos generales en los cuatro niveles la estructura del bosque es dominado por árboles con diámetros menores o pertenecientes a las clases diamétricas inferiores (1,3-10,5 cm) y estos disminuyen conforme se aumentan las clases diamétricas, dando una distribución gráfica que exhibe una forma de “J” invertida. Este patrón es común en muchos estudios florísticos (Camargo *et al.*, 2019; Giron, 2009; Tinoco, 2014), y señala que las coberturas se encuentran en proceso de regeneración. Sin embargo, se encontró diferencias significativas para el nivel de Vallecito en comparación con los demás niveles, en donde se observa que el 90% de los individuos se concentran en la primera clase diamétrica, y un escaso número de individuos en las clases superiores, por lo que otra vez se sugiere que este nivel está más asociado con la vegetación en proceso de regeneración, albergando especies de crecimiento rápido y plantas pioneras. Los mayores diámetros se registraron en el nivel de ladera con un DAP de 105 cm para la especie *Vochysia duquei*.

La altura se reveló como un factor influyente en la composición y estructura de los distintos niveles topográficos. Donde el Índice A de Pretzsch es mayor en Ladera baja ( $A = 3,52$   $Arel = 68,9\%$ ) seguido de Ladera media ( $A = 3,50$   $Arel = 71\%$ ), Cresta ( $A = 3,29$   $Arel = 73,5\%$ ) y por último el Vallecito ( $A = 2,94$   $Arel = 60,2\%$ ), esto indica que hay una alta diversidad

estructural en los primero tres niveles pero presenta una diversidad estructural media en el vallecito; en cuanto al nivel de Cresta se observa que presenta un A menor comparado a las laderas, pero su *Arel* es mayor lo que sugiere que, en comparación con otros niveles, la distribución en la Cresta está relativamente cerca de la máxima uniformidad característico de los bosques maduros o poco perturbados. Es así que se observó una menor altura de árboles en la Cresta, registrando alturas máximas de 18 metros, seguida por el valle con 23 metros de altura y alcanzando alturas mayores en las laderas con 35 metros.

De forma que el nivel de ladera media se asocia con una mayor dominancia, alturas y diversidad de especies en comparación con los demás niveles. Mientras que el nivel de cresta se presentaron los valores menores de dominancia, alturas y diversidad de especies. Esta diferencia puede explicarse por la asociación comúnmente observada entre un mayor contenido de nutrientes y humedad en el suelo de las laderas, a diferencia de las crestas cuyos suelos son más drenados y escasos en nutrientes. Por lo que estas condiciones pudieron haber favorecido el desarrollo de especies, tanto en altura como en diámetro para las laderas. Así mismo un estudio realizado en un bosque montano en Risaralda (Giron, 2009) encontraron diferencias significativas de la estructura entre filos y laderas, donde la densidad de plantas, la distribución del área basal por clases de diámetro y altura varió con la topografía siendo mayor en las laderas.

En un bosque montano en Malasia, se observó una diferenciación notable en la vegetación a lo largo de gradientes topográficos, los cuales contrastan en cuanto al suministro de los nutrientes principales, nitrógeno (N) y fósforo (P), en el suelo. Se evidenció que el tamaño de la reserva y el suministro de N y P disminuyeron en dirección ascendente en cada sustrato, y la magnitud de esta reducción desde la pendiente hasta la cresta varió según el tipo de sustrato.

Se destacó que las disparidades entre los sustratos en las condiciones de nutrientes del suelo fueron más pronunciadas en las laderas inferiores que en las crestas. Además, se observó una tendencia en la cual el tamaño máximo de los árboles disminuyó, mientras que la densidad de tallos aumentó en la dirección cuesta arriba en cada tipo de sustrato (Takyu et al., 2002)

Por lo tanto, es importante considerar la textura y el desarrollo del suelo (material fino o textura de roca), el pH, los nutrientes, la materia orgánica cuantitativa del suelo y otras propiedades del suelo, que también se sabe son esenciales para el desarrollo de especies de plantas.

La pendiente del terreno puede afectar la composición de las especies vegetales que crecen en una determinada área (Escalante, 2011). Sin embargo, se observó que la pendiente se correlacionó únicamente con el tamaño del diámetro en un 45%, ajustándose a una tendencia positiva, lo que explica que a mayor inclinación hay un mayor diámetro de individuos, sin embargo, no hay datos suficientes para relacionar la estructura con la pendiente topográfica, por lo que se debe evaluar el efecto de la pendiente conjuntamente con otros mecanismos que también afectan los atributos estructurales. La pendiente influye en varios factores que determinan qué tipos de plantas pueden crecer allí, como la exposición al sol, la cantidad de agua que se retiene en el suelo y la capacidad del suelo para retener nutrientes.

Por ejemplo, en una pendiente pronunciada con una orientación sur, las plantas que crecen en la parte superior de la pendiente pueden recibir más luz solar y tener una mayor exposición al viento. En cambio, en la base de la pendiente, donde la luz solar es menos intensa y el suelo puede retener más agua, pueden crecer plantas que requieren más humedad,

En general, la pendiente del terreno puede influir en la disponibilidad de nutrientes, la cantidad de agua disponible y la exposición a la luz solar, lo que puede afectar la composición de

las especies vegetales que crecen allí. Es importante tener en cuenta estos factores al seleccionar plantas en un proyecto de restauración de hábitats naturales.

Además de la limitación en la disponibilidad de nutrientes, se tiene conocimiento de que las crestas experimentan diversas condiciones microclimáticas adversas, incluyendo vientos fuertes y una capa de hojarasca seca. También se reconoce la relevancia de los índices térmicos para la distribución de especies vegetales. De hecho, los factores climáticos son considerados como uno de los elementos más significativos que influyen en la distribución de las plantas. Este componente fue evaluado en cada nivel, midiendo la temperatura y humedad relativa durante periodos de lluvias y sequías, en el que se encontraron diferencias significativas en los niveles topográficos. Sin embargo, debido a la pérdida de datos en uno de los niveles durante la temporada de lluvias, no fue posible llevar a cabo el análisis correspondiente,

## Conclusiones

Los resultados de las curvas de rarefacción/extrapolación revelan diferencias significativas en la riqueza y diversidad de especies en los diferentes niveles topográficos. La presencia de un alto número de especies únicas en cada nivel topográfico destaca la importancia de la conservación de la diversidad en cada entorno. En particular, el Vallecito y la Ladera baja albergan una abundancia significativa de especies únicas, mientras que la Cresta presenta el menor número de ellas. En particular, el nivel de ladera baja exhibe una rica diversidad de especies vegetales, aunque con una cobertura de muestreo insuficiente debido a la heterogeneidad del hábitat y la presencia de especies poco comunes. Por otro lado, la cresta, a pesar de tener una mejor cobertura de muestreo, muestra una menor biodiversidad, siendo dominada por árboles altos característicos de bosques maduros poco perturbados.

La estratificación de alturas a través del índice de Pretzsch ofrece una visión detallada de la disposición vertical de las especies que constituyen los distintos niveles topográficos. Estos índices se convierten en valiosas herramientas de referencia para comprender las transformaciones que atraviesan los bosques en estas áreas, tanto en su composición como en su estructura, a lo largo del tiempo. En términos de altura, se observa una tendencia descendente desde las laderas hasta la Cresta, donde se registra la menor altura. La Ladera media se destaca por asociarse con una mayor dominancia, alturas y diversidad de especies en comparación con los demás niveles. Este análisis detallado sienta las bases necesarias para implementar estrategias apropiadas de manejo forestal, abordando de manera efectiva los cambios observados y fomentando la conservación y sostenibilidad de estos ecosistemas.

De esta manera se resalta la necesidad de estrategias de conservación específicas para cada nivel topográfico, reconociendo sus diferencias y promoviendo la preservación de la

biodiversidad única que caracteriza a cada uno. La topografía complicada y varios sustratos contribuyen a la diferenciación de diversas comunidades de plantas en los gradientes topográficos presentes en la zona de ampliación. Además, las unidades topográficas pueden ser útiles para identificar áreas críticas para la conservación y priorizar esfuerzos de conservación en áreas donde la biodiversidad es alta y/o amenazada. Por lo tanto, la selección cuidadosa de unidades topográficas es una herramienta valiosa para la gestión y conservación de los ecosistemas.

### **Referencias bibliográficas**

- APG IV. 2016 The Linnean Society of London, Botanical Journal of the Linnean Society, 2016, 181, 1–20
- Aponte Perez, L. T., & Galeano Franco, L. O. R. E. I. N. Y. (2017). Análisis multitemporal de los cambios en los usos del suelo y su influencia en la oferta hídrica superficial en la microcuenca La Tenería del municipio de la Plata de Belén en Norte de Santander (Doctoral dissertation).
- Baez-Castro, P. F. (2021). Elementos Geomecánicos Característicos de la Formación Algodonal en el Área Natural Única los Estoraques, La Playa de Belén, NS, Colombia: un Aporte para Dilucidar su Origen Geológico y Estabilidad Geotécnica.
- Bennie, J., Huntley, B., Wiltshire, A., Hill, M. O., & Baxter, R. (2008). Slope, aspect and climate: spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological modelling*, 216(1), 47-59.

- Burnett, B. N., Meyer, G. A., & McFadden, L. D. (2008). Aspect-related microclimatic influences on slope forms and processes, northeastern Arizona. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 113(F3).
- Camargo-Espitia, N. A., Gil-Leguizamón, P. A., & Morales-Puentes, M. E. (2019). Vegetación de un bosque subandino en Bolívar, Santander-Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 989-998.
- Castillo Gómez, H. A. (2015). Flora vascular, vegetación y plantas útiles del cañón del Espinazo del Diablo, San Luis Potosí, México. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K. & Ellison, A.M. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67.
- Chaves Hernández, P. A. (2010). Inventario florístico preliminar de plantas angiospermas presentes en el ecosistema de paramo del Parque Nacional Natural El Cocuy, Boyacá.
- Cifras de hectáreas geográficas (SIG) del RUNAP. Parques Nacionales Naturales De Colombia. Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Cordoba Madronero, E. Y. (2014). Caracterización de especies vegetales del área natural única los Estoraques en el gradiente altitudinal 1400-1500, La Playa Norte de Santander (Doctoral dissertation)
- Cowles, H. C. (1901). The physiographic ecology of Chicago and vicinity; a study of the origin, development, and classification of plant societies (concluded). *Botanical Gazette*, 31(3), 145-182.
- Cuatrecasas, J. (1989). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Perez-Arbelaesia*, 2(8), 155-283.
- Cuervo Gómez, A, Pérez Consuegra, N y Lamus Ochoa, F. (2015). Levantamiento de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2007). Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Cravo Sur. Yopal: Gobernación de Casanare, 969.
- Escalante Cruz, A. (2011). Efecto de la pendiente en la estructura de un bosque montano pluvial, noreste del area natural de manejo integrado Apolobamba (Doctoral dissertation).
- Forero, E. (2017). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41, 100-182.

- Franco-Rosselli, P., Betancur, J., & Fernández-Alonso, J. L. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 205-234.
- Gentry, A. H. (1993). A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru): with supplementary notes on herbaceous taxa.
- Gentry AH. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. En: Churchill Sp., Balslev H., Forero E y Luteyn JI, editores. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest* Nueva York: The New York Botanical Garden. p. 103-126.
- Giaccone, E., Luoto, M., Vittoz, P., Guisan, A., Mariéthoz, G., & Lambiel, C. (2019). Influence of microclimate and geomorphological factors on alpine vegetation in the Western Swiss Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(15), 3093-3107.
- Girón Casadiego, L. A. 2009. Efecto de la topografía sobre la estructura vegetal en un bosque Andino Tropical: Santuario de fauna y flora Otún Quimbaya: Risaralda: Colombia.
- Hernandez-Camacho, J. Sánchez. 1992. Biomas Terrestres de Colombia. La Diversidad Biológica de Iberoamérica & I. *Acta Zoológica Mexicana*. Volumen especial, Instituto de Ecología México, 153-173.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113:363–375.
- Jucker, T., Bongalov, B., Burslem, D. F., Nilus, R., Dalponte, M., Lewis, S. L., ... & Coomes, D. A. (2018). Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes. *Ecology letters*, 21(7), 989-1000.
- Kattan, G. (2003). Bosques andinos y subandinos del departamento del Valle del Cauca, Colombia. Estrategia de manejo ambiental de la zona media y baja de la subcuenca del Río Pance.
- Malagón Romero, D. C. 2019 Tipos funcionales de plantas en un bosque subandino en el municipio de Suaita (Santander, Colombia) y sus implicaciones en la provisión de servicios ecosistémicos. Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez García, A. C., & Dulcey Moreno, E. D. (2017). Caracterización de especies exóticas e identificación del riesgo de invasión en la ronda hídrica de la Quebrada la Media, Cuenca Media, Área Natural única los Estoraques, Norte de Santander (Doctoral dissertation).
- Medina, R., Reina, M., Herrera, E., Ávila, F. A., & Chaparro, O. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la Cuchilla El Fara (Santander-Colombia). *Colombia forestal*, 13(1), 55-85.
- Melo, O., & Vargas, R. (2003). Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué: Universidad del Tolima, CRQ, Carder, Corpocaldas, Cortolima, 4-7.

- Méndez-Toribio, M., Meave, J. A., Zermeno-Hernández, I., & Ibarra-Manríquez, G. (2016). Effects of slope aspect and topographic position on environmental variables, disturbance regime and tree community attributes in a seasonal tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*, 27(6), 1094-1103.
- Meneses, L., Tinjaca, Z., 2017. Plan de Manejo del Área Única Los Estoraques. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Molina Arias, C. L., & Pineda Jacome, E. (2014). Comparación de la composición y diversidad de especies vegetales en dos áreas de matorral seco subxerofítico, del Área Natural Única los Estoraques (Doctoral dissertation).
- Muscarella, R., Kolyaie, M., Morton, Douglas., Zimmerman, Jess., Uriarte, M. (2018). Effects of topography on tropical forest structure depend on climate context. *Journal of Ecology*;02:1-15. DOI: 10.1111/1365-2745.13261
- Qiu, B., Zhong, M., Zeng, C., Tang, Z., & Chen, C. (2012). Effect of topography and accessibility on vegetation dynamic pattern in Mountain-hill Region. *Journal of mountain science*, 9, 879-890.
- Rangel, J. (1997). Colombia diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia.
- Robert, A., 2001. Modélisation de l'effet de la topographie sur la dynamique et la structure de peuplements forestiers hétérogènes. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, Francia. Runkle
- Rodríguez-Lombana, A. R., Beltrán-Gutiérrez, H. E., & Moreno, A. C. (2017). Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana*, 18(2), 42-71.
- Rodríguez Erazo, N., Armenteras, D., Morales, M., & Romero, M. (2006). Ecosistemas de los andes colombianos (No. Doc. 22540) CO-BAC, Bogotá).
- Rodríguez Analis, E., Mora Olivo, A., Moarroquin de la Fuente, J. (2020). Muestreo ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León. ISBN: 978-607-27-1307-9
- Rubio Camacho, E. A., González Tagle, M. A., Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., & Ávila Flores, D. Y. (2014). Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el índice de Pretzsch. *Ciencia UANL*, 17(65), 34-41.
- Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. C., & Sarmiento, A. (2007). Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá DC, Colombia.

- Takyu, M., Aiba, S. I., & Kitayama, K. (2002). Effects of topography on tropical lower montane forests under different geological conditions on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology*, 159(1), 35-49.
- Tinoco, M. F. (2014). Efecto del tamaño en la estructura, composición y diversidad de bosques premontanos en la cuenca del Rionegro-Cundinamarca. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(26).
- Torres, Flores, V, W. (2008). Estructura y patrones de diversidad vegetal leñosa en relación a topografía y variables edáficas--sector de bosque seco semideciduo subandino (Río San Juan, Parque Nacional Madidi, Bolivia) (Doctoral dissertation, Universidad Mayor de San Andrés).
- Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... & Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.
- Yang, J., El-Kassaby, Y.A. & Guan, W. (2020). The effect of slope aspect on vegetation attributes in a mountainous dry valley, Southwest China. *Sci Rep* 10, 16465. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73496-0>
- Zambrano Saltos, C. F. (2020). Caracterización morfológica de un banco de germoplasma de banano cv. Williams proveniente de mutagénesis física en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Zhang, Z. H., Hu, G., & Ni, J. (2013). Effects of topographical and edaphic factors on the distribution of plant communities in two subtropical karst forests, southwestern China. *Journal of Mountain Science*, 10(1), 95-104.

## Apéndice

**Apéndice 1.** Lista de especies registradas en cada gradiente topográfico de la zona de ampliación del Área Natural Única Los Estoraques, ordenadas alfabéticamente por familias.

| Nombre común | Nivel topográfico | Familia       | Especie                         | hábito | Ind. |
|--------------|-------------------|---------------|---------------------------------|--------|------|
|              | Vallecito         | Anacardiaceae | Mauria ferruginea               | árbol  | 5    |
| Doncella     | Vallecito         | Apocynaceae   | Mandevilla sp                   | liana  | 2    |
| Rascadero    | Vallecito         | Araceae       | Xanthosoma sp                   | hierba | 1    |
|              | Vallecito         | Araceae       | Philodendron cf. merenberguense | hierba | 55   |
| Camiri       | Vallecito         | Araceae       | Anthurium smithii               | bejuco | 2    |

|                        |           |                 |                              |            |    |
|------------------------|-----------|-----------------|------------------------------|------------|----|
| Mano Oso               | Vallecito | Araliaceae      | Oreopanax sectifolius        | arbolito   | 1  |
| Macana                 | Vallecito | Arecaceae       | Wettinia praemorsa           | megaforbia | 18 |
|                        | Vallecito | Arecaceae       | Chamaedorea pinnatifrons     | hierba     | 1  |
| Palmera                | Vallecito | Arecaceae       | Chamaedorea linearis         | megaforbia | 1  |
| Helecho                | Vallecito | Aspleniaceae    | Asplenium flabellulatum      | hierba     | 7  |
|                        | Vallecito | Aspleniaceae    | Asplenium cristatum          | hierba     | 4  |
|                        | Vallecito | Blechnaceae     | Blechnum occidentale         | hierba     | 3  |
|                        | Vallecito | Bromeliaceae    | Racinaea tenuispica          | roseta     | 1  |
|                        | Vallecito | Cannaceae       | Canna indica                 | hierba     | 2  |
|                        | Vallecito | Celastraceae    | Cheiloclinium cognatum       | liana      | 30 |
| Gualdrapo              | Vallecito | Clusiaceae      | Chrysochlamys dependens      | árbol      | 1  |
|                        | Vallecito | Cucurbitaceae   | Gurania sp                   | liana      | 3  |
| Palma boba             | Vallecito | Cyatheaceae     | Cyathea cf. andina           | arbusto    | 2  |
| Cole pato              | Vallecito | Cyclanthaceae   | Sphaeradenia cf. lauchiana   | hierba     | 1  |
| Aguanoso               | Vallecito | Euphorbiaceae   | Alchornea cf. latifolia      | árbol      | 1  |
|                        | Vallecito | Heliconiaceae   | Heliconia sp                 | hierba     | 4  |
| Papamo                 | Vallecito | Hypericaceae    | Vismia baccifera             | árbol      | 5  |
| Gaucha                 | Vallecito | Indeterminado   | Indeterminado sp.            | árbol      | 1  |
| Agucatala              | Vallecito | Lauraceae       | Aniba puchury-minor          | arbolito   | 2  |
| Frutipava              | Vallecito | Lauraceae       | Ocotea cf. cernua            | arbolito   | 3  |
| Guayabo zorro          | Vallecito | Lauraceae       | Nectandra cf. turbasensis    | arbusto    | 1  |
| Baboso<br>amarillo     | Vallecito | Lauraceae       | Nectandra cuspidata          | arbusto    | 6  |
|                        | Vallecito | Lauraceae       | Aiouea montana               | árbol      | 2  |
|                        | Vallecito | Lauraceae       | Endlicheria cf. pyriformis   | arbolito   | 9  |
|                        | Vallecito | Lauraceae       | Rhodostemonodaphne kunthiana | hierba     | 3  |
| Carbón                 | Vallecito | Lauraceae       | Beilschmiedia tovarensis     | arbolito   | 1  |
| Baboso<br>amarillo     | Vallecito | Lauraceae       | Aniba cf. coto               | arbolito   | 3  |
| Balso blanco           | Vallecito | Malvaceae       | Heliocarpus americanus       | árbol      | 1  |
| Cojon                  | Vallecito | Melastomataceae | Miconia aeruginosa           | árbol      | 5  |
| Morcato                | Vallecito | Melastomataceae | Meriania speciosa            | árbol      | 4  |
| Arrayan                | Vallecito | Myrtaceae       | Myrcia splendens             | arbusto    | 6  |
| Guayabo agrio          | Vallecito | Myrtaceae       | Psidium guineense            | arbolito   | 7  |
| Arrayan-<br>Guayabito  | Vallecito | Myrtaceae       | Calycolpus moritzianus       | Árbol      | 7  |
| Guayabito              | Vallecito | Myrtaceae       | Eugenia acapulcensis         | arbolito   | 26 |
|                        | Vallecito | Orchidaceae     | Pleurothallis sp             | hierba     | 1  |
|                        | Vallecito | Orchidaceae     | Stelis sp                    | hierba     | 7  |
| Cordoncillo<br>pequeño | Vallecito | Piperaceae      | Piper cf. divortans          | arbusto    | 20 |
| piper sp2              | Vallecito | Piperaceae      | Piper marequitense           | árbol      | 1  |
|                        | Vallecito | Piperaceae      | Piper arboreum               | arbolito   | 1  |
|                        | Vallecito | Piperaceae      | Peperomia discilimba         | bejuco     | 20 |
| piper sp4              | Vallecito | Piperaceae      | Piper crassinervium          | arbolito   | 32 |
|                        | Vallecito | Piperaceae      | Piper cernuum                | hierba     | 1  |
|                        | Vallecito | Piperaceae      | Piper munchanum              | hierba     | 6  |
| Cordoncillo            | Vallecito | Piperaceae      | Piper cf. dichroostachyum    | arbusto    | 62 |
|                        | Vallecito | Poaceae         | Pseudechinolaena polystachya | hierba     | 4  |
| Pachagua               | Vallecito | Primulaceae     | Clavija cf. ornata           | arbusto    | 55 |
| Uvito negro            | Vallecito | Rubiaceae       | Palicourea axillaris         | arbolito   | 6  |
| Café                   | Vallecito | Rubiaceae       | Coffea arabica               | arbolito   | 1  |

|                 |              |                  |                                            |            |    |
|-----------------|--------------|------------------|--------------------------------------------|------------|----|
|                 | Vallecito    | Rubiaceae        | <i>Elaeagia laxiflora</i>                  | árbol      | 4  |
| Uvito negro     | Vallecito    | Rubiaceae        | <i>Palicourea thyrsoiflora</i>             | arbusto    | 6  |
| Tachuelo        | Vallecito    | Rutaceae         | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>              | árbol      | 2  |
| Mandarino       | Vallecito    | Rutaceae         | <i>Citrus reticulata</i>                   | arbolito   | 2  |
|                 | Vallecito    | Sapindaceae      | <i>Paullinia</i> sp.                       | bejuco     | 16 |
| Caimito         | Vallecito    | Sapotaceae       | <i>Chrysophyllum argenteum</i>             | árbol      | 8  |
| Piojillo        | Vallecito    | Selaginellaceae  | <i>Selaginella</i> sp.                     | hierba     | 2  |
| Limoncillo      | Vallecito    | Siparunaceae     | <i>Siparuna</i> cf <i>gesnerioides</i>     | arbolito   | 2  |
|                 | Vallecito    | Siparunaceae     | <i>Siparuna conica</i>                     | arbusto    | 2  |
| Borrachero      | Vallecito    | Solanaceae       | <i>Brugmansia</i> sp.                      | arbusto    | 10 |
| Aromo           | Vallecito    | Solanaceae       | <i>Cestrum</i> cf <i>microcalyx</i>        | arbolito   | 2  |
|                 | Vallecito    | Thelypteridaceae | <i>Thelypteris</i> sp.                     | hierba     | 1  |
| Pringamosa      | Vallecito    | Urticaceae       | <i>Urera baccifera</i>                     | hierba     | 1  |
|                 | Vallecito    | Vervenaceae      | <i>Lippia schlimii</i>                     | árbol      | 20 |
|                 | Vallecito    | Vitaceae         | <i>Cissus</i> sp.                          | bejuco     | 5  |
| Sarno           | Ladera media | Anacardiaceae    | <i>Toxicodendron striatum</i>              | hierba     | 6  |
| Arenillo        | Ladera media | Aquifoliaceae    | <i>Ilex laurina</i>                        | árbol      | 2  |
|                 | Ladera media | Araceae          | <i>Philodendron</i> cf <i>beniteziae</i>   | hierba     | 16 |
| Camiri          | Ladera media | Araceae          | <i>Anthurium smithii</i>                   | bejuco     | 8  |
|                 | Ladera media | Araceae          | <i>Anthurium nymphaeifolium</i>            | hierba     | 13 |
|                 | Ladera media | Araceae          | <i>Philodendron hederaceum</i>             | hierba     | 1  |
|                 | Ladera media | Arecaceae        | <i>Wettinia praemorsa</i>                  | megaforbia | 14 |
| Caña de mico    | Ladera media | Arecaceae        | <i>Chamaedorea pinnatifrons</i>            | hierba     | 30 |
|                 | Ladera media | Aspleniaceae     | <i>Asplenium cristatum</i>                 | hierba     | 1  |
|                 | Ladera media | Asteraceae       | <i>Critoniella</i> sp.                     | hierba     | 3  |
|                 | Ladera media | Begoniaceae      | <i>Begonia alnifolia</i>                   | hierba     | 1  |
|                 | Ladera media | Bromeliaceae     | <i>Vriesea elata</i>                       | hierba     | 2  |
| Auyamito        | Ladera media | Clethraceae      | <i>Clethra</i> cf <i>fagifolia</i>         | árbol      | 9  |
|                 | Ladera media | Clusiaceae       | <i>Chrysochlamys dependens</i>             | arbusto    | 2  |
| Tampaco rojo    | Ladera media | Clusiaceae       | <i>Clusia</i> sp.                          | árbol      | 13 |
|                 | Ladera media | Cucurbitaceae    | <i>Gurania</i> sp.                         | liana      | 1  |
|                 | Ladera media | Cyatheaceae      | <i>Cyathea</i> cf. <i>andina</i>           | arbusto    | 1  |
|                 | Ladera media | Cyclanthaceae    | <i>Sphaeradenia</i> cf. <i>lauchiana</i>   | hierba     | 1  |
|                 | Ladera media | Dioscoreaceae    | <i>Dioscorea</i> sp.                       | bejuco     | 5  |
|                 | Ladera media | Elaeocarpaceae   | <i>Sloanea</i> cf <i>brevispina</i>        | árbol      | 4  |
|                 | Ladera media | Gesneriaceae     | <i>Glossoloma</i> sp.                      | hierba     | 18 |
|                 | Ladera media | Indeterminado    | Indeterminado sp.                          | árbol      | 4  |
|                 | Ladera media | Lauraceae        | <i>Nectandra reticulata</i>                | árbol      | 10 |
|                 | Ladera media | lauraceae        | <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i>        | árbol      | 2  |
|                 | Ladera media | Lauraceae        | <i>Ocotea macrophylla</i>                  | arbusto    | 1  |
| Baboso amarillo | Ladera media | Lauraceae        | <i>Nectandra cuspidata</i>                 | arbolito   | 9  |
| Carbón          | Ladera media | Lauraceae        | <i>Beilschmiedia tovarensis</i>            | arbolito   | 3  |
|                 | Ladera media | Lecythidaceae    | <i>Eschweilera</i> cf. <i>antioquensis</i> | arbusto    | 1  |
| Cojón           | Ladera media | Melastomataceae  | <i>Miconia prasina</i>                     | arbolito   | 1  |
| Meriania        | Ladera media | Melastomataceae  | <i>Miconia</i> cf <i>variabilis</i>        | árbol      | 1  |
| Morcate         | Ladera media | Melastomataceae  | <i>Meriania speciosa</i>                   | arbusto    | 9  |
| cojón 3 fillos  | Ladera media | Melastomataceae  | <i>Graffenrieda</i> cf <i>cucullata</i>    | arbusto    | 3  |
|                 | Ladera media | Meliaceae        | <i>Trichilia</i> sp.                       | arbusto    | 1  |
|                 | Ladera media | Meliaceae        | <i>Guarea glabra</i>                       | arbusto    | 30 |
|                 | Ladera media | Monimiaceae      | <i>Mollinedia viridiflora</i>              | arbolito   | 2  |
| Uviton          | Ladera media | Moraceae         | <i>Ficus</i> cf <i>yoponensis</i>          | árbol      | 5  |

|                         |              |                 |                                 |            |     |
|-------------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|------------|-----|
| Cerote                  | Ladera media | Moraceae        | Ficus tonduzii                  | arbusto    | 1   |
| Estilla                 | Ladera media | Moraceae        | Clarisia biflora                | árbol      | 1   |
|                         | Ladera media | Myrtaceae       | Eugenia cf. coffeifolia         | árbol      | 21  |
|                         | Ladera media | Myrtaceae       | Myrcia splendens                | hierba     | 16  |
|                         | Ladera media | Ochnaceae       | Rhytidanthera splendida         | árbol      | 2   |
|                         | Ladera media | Orchidaceae     | Malaxis sp.                     | hierba     | 4   |
| orquidea<br>pícolor     | Ladera media | Orchidaceae     | Acineta superba                 | hierba     | 46  |
|                         | Ladera media | Phyllanthaceae  | Hieronima alchorneoides         | árbol      | 1   |
|                         | Ladera media | Piperaceae      | Piper cernuum                   | hierba     | 6   |
|                         | Ladera media | Piperaceae      | Piper cf. divortans             | hierba     | 20  |
| Cordoncillo             | Ladera media | Piperaceae      | Piper cf. dichroostachyum       | arbusto    | 5   |
|                         | Ladera media | Primulaceae     | Stylogyne cf. hayesii           | arbusto    | 5   |
| Mantequillo<br>colorado | Ladera media | Primulaceae     | Myrsine sp                      | árbol      | 7   |
|                         | Ladera media | Proteaceae      | Roupala cf. dielsii             | arbusto    | 1   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Faramea cf. cazaderensis        | arbusto    | 6   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Palicourea thyrsoflora          | arbolito   | 3   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Arachnothryx reflexa            | arbolito   | 8   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Palicourea brachiata            | arbusto    | 1   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Psychotria brachiata            | arbusto    | 7   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Faramea cf. multiflora          | arbusto    | 1   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Elaeagia magniflora             | arbolito   | 1   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Chomelia sp.                    | hierba     | 1   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Hoffmannia sp.                  | hierba     | 2   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Elaeagia laxiflora              | árbol      | 2   |
|                         | Ladera media | Rubiaceae       | Palicourea axillaris            | arbusto    | 5   |
|                         | Ladera media | Salicaceae      | Xylosma paucinervosa            | arbolito   | 1   |
|                         | Ladera media | Selaginellaceae | Selaginella sp.                 | hierba     | 6   |
|                         | Ladera media | Siparunaceae    | Siparuna guianensis             | árbol      | 241 |
|                         | Ladera media | Siparunaceae    | Siparuna laurifolia             | arbusto    | 22  |
|                         | Ladera media | Vochysiaceae    | Vochysia duquei                 | árbol      | 7   |
|                         | Ladera baja  | Acanthaceae     | Mendoncia cf. sprucei           | bejuco     | 1   |
| Sarno                   | Ladera baja  | Anacardiaceae   | Tapirira guianensis             | arbusto    | 7   |
|                         | Ladera baja  | Aquifoliaceae   | Ilex cf. macarenensis           | hierba     | 2   |
| Arenillo                | Ladera baja  | Aquifoliaceae   | Ilex laurina                    | árbol      | 14  |
|                         | Ladera baja  | Araceae         | Philodendron cf. beniteziae     | liana      | 25  |
|                         | Ladera baja  | Araceae         | Philodendron cf. merenberguense | hierba     | 1   |
|                         | Ladera baja  | Araceae         | Philodendron hederaceum         | hierba     | 23  |
|                         | Ladera baja  | Araceae         | Anthurium nymphaeifolium        | hierba     | 23  |
|                         | Ladera baja  | Araceae         | Anthurium smithii               | hierba     | 1   |
|                         | Ladera baja  | Araceae         | Monstera xanthospatha           | hierba     | 1   |
| Caña de mico            | Ladera baja  | Arecaceae       | Chamaedorea pinnatifrons        | megaforbia | 7   |
| Macana                  | Ladera baja  | Arecaceae       | Wettinia praemorsa              | megaforbia | 9   |
|                         | Ladera baja  | Aspleniaceae    | Asplenium cristatum             | hierba     | 5   |
|                         | Ladera baja  | Aspleniaceae    | Asplenium flabellulatum         | hierba     | 3   |
|                         | Ladera baja  | Asteraceae      | Critoniella acuminata           | hierba     | 1   |
|                         | Ladera baja  | Asteraceae      | Paragynoxys cf. corei           | arbusto    | 1   |
|                         | Ladera baja  | Bromeliaceae    | Tillandsia fendleri             | roseta     | 3   |
|                         | Ladera baja  | Bromeliaceae    | Vriesea elata                   | roseta     | 2   |
|                         | Ladera baja  | Chloranthaceae  | Hedyosmum gentry                | arbusto    | 5   |
| Auyamito                | Ladera baja  | Clethraceae     | Clethra cf. fagifolia           | árbol      | 1   |

|                         |             |                 |                              |          |    |
|-------------------------|-------------|-----------------|------------------------------|----------|----|
| Gurapo                  | Ladera baja | Clusiaceae      | Chrysochlamys dependens      | árbol    | 49 |
| Tampaco                 | Ladera baja | Clusiaceae      | Clusia sp.                   | árbol    | 5  |
|                         | Ladera baja | Cyatheaceae     | Cyathea cf. andina           | arbusto  | 1  |
|                         | Ladera baja | Cyclanthaceae   | Thoracocarpus bissectus      | hierba   | 1  |
|                         | Ladera baja | Cyperaceae      | Rhynchospora sp.             | hierba   | 14 |
|                         | Ladera baja | Elaeocarpaceae  | Sloanea cf. caribaea         | arbolito | 1  |
| camaron<br>amargo       | Ladera baja | Ericaceae       | Psammisia penduliflora       | arbolito | 5  |
| Roble                   | Ladera baja | Fagaceae        | Quercus humboldtii           | árbol    | 1  |
|                         | Ladera baja | Indeterminado   | Indeterminado sp.            | árbol    | 1  |
|                         | Ladera baja | Lamiaceae       | Aegiphila cf. membranacea    | arbusto  | 5  |
|                         | Ladera baja | Lauraceae       | Nectandra cf. reflexa        | arbusto  | 1  |
|                         | Ladera baja | Lauraceae       | Rhodostemonodaphne kunthiana | árbol    | 1  |
| Baboso blanco           | Ladera baja | Lauraceae       | Aiouea montana               | arbusto  | 3  |
| Baboso<br>amarillo      | Ladera baja | Lauraceae       | Nectandra cuspidata          | arbolito | 1  |
| Carbón                  | Ladera baja | Lauraceae       | Beilschmiedia towarensis     | arbusto  | 1  |
| Frutipava               | Ladera baja | Lauraceae       | Ocotea cf. cernua            | arbusto  | 4  |
| Aguacatillo             | Ladera baja | Lauraceae       | Aniba cf. coto               | arbusto  | 6  |
| Aguacatillo             | Ladera baja | Lauraceae       | Beilschmiedia latifolia      | arbolito | 1  |
|                         | Ladera baja | Malpigiaceae    | Hiraea colombiana            | liana    | 1  |
| Cojón                   | Ladera baja | Melastomataceae | Miconia cf. poecilantha      | árbol    | 5  |
|                         | Ladera baja | Melastomataceae | Miconia prasina              | arbusto  | 5  |
| Cojón                   | Ladera baja | Melastomataceae | Miconia cf. floribunda       | arbusto  | 2  |
|                         | Ladera baja | Melastomataceae | Meriania speciosa            | árbol    | 1  |
|                         | Ladera baja | Meliaceae       | Guarea glabra                | arbusto  | 4  |
|                         | Ladera baja | Monimiaceae     | Mollinedia viridiflora       | hierba   | 3  |
|                         | Ladera baja | Moraceae        | Perebea xanthochyma          | arbolito | 1  |
| Uviton                  | Ladera baja | Moraceae        | Ficus cf. yoponensis         | árbol    | 1  |
| Cerote                  | Ladera baja | Moraceae        | Ficus tonduzii               | arbusto  | 3  |
|                         | Ladera baja | Moraceae        | Clarisia biflora             | arbusto  | 1  |
|                         | Ladera baja | Moraceae        | Ficus sp.                    | arbolito | 9  |
| Arrayan                 | Ladera baja | Myrtaceae       | Myrcia splendens             | arbusto  | 4  |
|                         | Ladera baja | Myrtaceae       | Myrcia sp.                   | árbol    | 5  |
|                         | Ladera baja | Ochnaceae       | Rhytidanthera splendida      | árbol    | 2  |
| Chicharrón              | Ladera baja | Phyllanthaceae  | Hieronima alchorneoides      | árbol    | 1  |
|                         | Ladera baja | Piperaceae      | Piper cf. divortans          | hierba   | 4  |
|                         | Ladera baja | Piperaceae      | Piper cernuum                | hierba   | 8  |
|                         | Ladera baja | Piperaceae      | Peperomia discilimba         | rastrera | 2  |
| Cordoncillo             | Ladera baja | Piperaceae      | Piper cf. dichroostachyum    | arbolito | 1  |
|                         | Ladera baja | Poaceae         | Chusquea cf. scandens        | caña     | 7  |
|                         | Ladera baja | Poaceae         | Aulonemia sp.                | hierba   | 2  |
|                         | Ladera baja | Primulaceae     | Cybianthus poeppigii         | arbusto  | 5  |
|                         | Ladera baja | Primulaceae     | Stylogyne cf. hayesii        | arbusto  | 1  |
| Mantequillo<br>colorado | Ladera baja | Primulaceae     | Myrsine sp.                  | arbusto  | 5  |
|                         | Ladera baja | Rosaceae        | prunus cf. integrifolia      | arbusto  | 1  |
|                         | Ladera baja | Rubiaceae       | Posoqueria velutina          | arbolito | 2  |
|                         | Ladera baja | Rubiaceae       | Palicourea sulphurea         | arbolito | 1  |
|                         | Ladera baja | Rubiaceae       | Faramea cf. multiflora       | arbusto  | 1  |
|                         | Ladera baja | Rubiaceae       | Arachnothryx reflexa         | arbolito | 8  |
|                         | Ladera baja | Rubiaceae       | Hoffmannia sp.               | hierba   | 2  |

|                    |             |                 |                                |            |    |
|--------------------|-------------|-----------------|--------------------------------|------------|----|
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Elaeagia laxiflora             | árbol      | 5  |
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Faramea cf. cazaderensis       | hierba     | 3  |
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Hillia sp.                     | liana      | 1  |
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Elaeagia karstenii             | árbol      | 5  |
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Palicourea axillaris           | arbusto    | 1  |
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Palicourea crocea              | arbusto    | 1  |
|                    | Ladera baja | Rubiaceae       | Palicourea thyrsoiflora        | hierba     | 1  |
| Baboso<br>amarillo | Ladera baja | Salicaceae      | Ryania cf. speciosa            | árbol      | 12 |
|                    | Ladera baja | Salicaceae      | Xylosma paucinervosa           | arbusto    | 9  |
| Caimito            | Ladera baja | Sapotaceae      | Chrysophyllum argenteum        | arbolito   | 1  |
|                    | Ladera baja | Selaginellaceae | Selaginella sp.                | hierba     | 40 |
|                    | Ladera baja | Siparunaceae    | Siparuna sp.                   | bejuco     | 7  |
|                    | Ladera baja | Tectariaceae    | Tectaria incisa                | hierba     | 2  |
| Garrocho           | Ladera baja | Viburnaceae     | Viburnum lasiophyllum          | hierba     | 31 |
|                    | Ladera baja | Vitaceae        | Cissus sp.                     | bejuco     | 4  |
| Baboso<br>amarillo | Ladera baja | Vochysiaceae    | Vochysia duquei                | árbol      | 1  |
| sarno              | Cresta      | Anacardiaceae   | Toxicodendron striatum         | arbusto    | 11 |
| Cano               | Cresta      | Anacardiaceae   | Tapirira guianensis            | arbolito   | 1  |
|                    | Cresta      | Apocynaceae     | Mandevilla sp.                 | liana      | 10 |
| Arenillo           | Cresta      | Aquifoliaceae   | Ilex laurina                   | arbolito   | 43 |
| Camiri             | Cresta      | Araceae         | Anthurium smithii              | bejuco     | 19 |
|                    | Cresta      | Araceae         | Philodendron cf beniteziae     | hierba     | 3  |
|                    | Cresta      | Araceae         | Philodendron cf merenberguense | hierba     | 3  |
|                    | Cresta      | Araceae         | Philodendron hederaceum        | hierba     | 4  |
|                    | Cresta      | Araceae         | Anthurium nymphaeifolium       | hierba     | 6  |
| Macana             | Cresta      | Arecaceae       | Wettinia praemorsa             | megaforbia | 26 |
| Caña de mico       | Cresta      | Arecaceae       | Chamaedorea pinnatifrons       | arbusto    | 3  |
| paragynoxys        | Cresta      | Asteraceae      | Paragynoxys cf. corei          | arbusto    | 10 |
|                    | Cresta      | Bromeliaceae    | Vriesea elata                  | roseta     | 4  |
| Auyamito           | Cresta      | Clethraceae     | Clethra cf fagifolia           | arbusto    | 2  |
| tampaco            | Cresta      | Clusiaceae      | Clusia sp.                     | arbusto    | 2  |
| Ansanillo          | Cresta      | Cunoniaceae     | Weinmannia pinnata             | árbol      | 9  |
| Palma boba         | Cresta      | Cyatheaceae     | Cyathea cf. andina             | arbusto    | 18 |
| colepato           | Cresta      | Cyclanthaceae   | Sphaeradenia cf lauchiana      | hierba     | 5  |
|                    | Cresta      | Cyperaceae      | Rhynchospora sp.               | hierba     | 6  |
| camaron<br>amargo  | Cresta      | Ericaceae       | Psammisia penduliflora         | arbolito   | 2  |
| coronado           | Cresta      | Ericaceae       | Gonocalyx cf. pterocarpus      | hierba     | 30 |
|                    | Cresta      | Euphorbiaceae   | Alchornea cf. glandulosa       | arbolito   | 6  |
| roble              | Cresta      | Fagaceae        | Quercus humboldtii             | árbol      | 1  |
| Baboso<br>amarillo | Cresta      | Lauraceae       | Nectandra cuspidata            | árbol      | 1  |
| Carbón             | Cresta      | Lauraceae       | Beilschmiedia tovarensis       | arbolito   | 22 |
| Uvito negro        | Cresta      | Lauraceae       | Ocotea cf. oblonga             | hierba     | 18 |
| Frutipava          | Cresta      | Lauraceae       | Ocotea cf. cernua              | árbol      | 1  |
| Morcate            | Cresta      | Melastomataceae | Meriania speciosa              | arbolito   | 1  |
| cojón 3 filos      | Cresta      | Melastomataceae | Graffenrieda cf. cucullata     | arbolito   | 3  |
|                    | Cresta      | Melastomataceae | Miconia prasina                | árbol      | 7  |
| Reconocimiento     | Cresta      | Melastomataceae | Miconia spinulosa              | arbusto    | 13 |
|                    | Cresta      | Melastomataceae | Miconia cf. lateriflora        | hierba     | 20 |

|                         |        |                |                           |          |     |
|-------------------------|--------|----------------|---------------------------|----------|-----|
| Estilla                 | Cresta | Moraceae       | Clarisia biflora          | arbusto  | 12  |
| uvitón                  | Cresta | Moraceae       | Ficus cf. yoponensis      | arbolito | 7   |
| cerote                  | Cresta | Moraceae       | Ficus tonduzii            | arbusto  | 1   |
| orquidea<br>pícolor     | Cresta | Orchidaceae    | Acineta superba           | hierba   | 23  |
| Mana roja               | Cresta | Phyllanthaceae | Hieronyma alchorneoides   | arbusto  | 1   |
| Cordoncillo             | Cresta | Piperaceae     | Piper cf. dichroostachyum | arbolito | 77  |
| Mantequillo<br>colorado | Cresta | Primulaceae    | Myrsine sp.               | arbusto  | 2   |
| Císaro                  | Cresta | Rubiaceae      | Faramea cf. cazaderensis  | arbusto  | 18  |
| Uvito negro             | Cresta | Rubiaceae      | Palicourea thyrsoiflora   | arbolito | 12  |
|                         | Cresta | Sapindaceae    | Cupania cf. latifolia     | hierba   | 227 |
| Yarumo                  | Cresta | Urticaceae     | Cecropia sp.              | árbol    | 1   |
| Garrocho                | Cresta | Viburnaceae    | Viburnum lasiophyllum     | hierba   | 113 |

**Apéndice 2.** Especies exclusivas de los niveles topográficos cresta, ladera media, ladera baja y vallecito

| Cresta (8)                | Ladera media (19)             | Ladera baja (28)          | Vallecito (36)             |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Alchornea cf. glandulosa  | Begonia alnifolia             | Aegiphila cf. membranacea | Alchornea cf. latifolia    |
| Cecropia sp.              | Chomelia sp.                  | Aulonemia sp.             | Aniba puchury-minor        |
| Cupania cf. latifolia     | Critoniella sp.               | Beilschmiedia latifolia   | Blechnum occidentale       |
| Gonocalyx cf. pterocarpus | Dioscorea sp.                 | Chusquea cf. scandens     | Brugmansia sp.             |
| Miconia cf. lateriflora   | Elaeagia magniflora           | Critoniella acuminata     | Calycolpus moritzianus     |
| Miconia spinulosa         | Eschweilera cf. Antioquiensis | Cybianthus poeppigii      | Canna indica               |
| Ocotea cf. oblonga        | Eugenia cf. coffeifolia       | Elaeagia karstenii        | Cestrum cf. microcalyx     |
| Weinmannia pinnata        | Glossoloma sp.                | Ficus sp.                 | Chamaedorea linearis       |
|                           | Malaxis sp.                   | Hedyosmum gentry          | Cheiloclinium cognatum     |
|                           | Miconia cf. variabilis        | Hillia sp.                | Citrus reticulata          |
|                           |                               | Hiraea colombiana         | Clavija cf. ornata         |
|                           | Nectandra reticulata          | Ilex cf. macarenensis     | Endlicheria cf. pyriformis |
|                           | Ocotea macrophylla            | Mendoncia cf. Sprucei     | Eugenia acapulcensis       |
|                           | Palicourea brachiata          |                           | Heliconia sp.              |
|                           | Psychotria brachiata          | Miconia cf. Floribunda    | Heliocarpus americanus     |
|                           | Roupala cf. dielsii           | Miconia cf.               | Lippia schlimii            |

|  |                        |                         |                              |
|--|------------------------|-------------------------|------------------------------|
|  |                        | poecilantha             |                              |
|  | Siparuna guianensis    | Monstera xanthospatha   | Mauria ferruginea            |
|  | Siparuna laurifolia    | Myrcia sp.              | Miconia aeruginosa           |
|  | Sloanea cf. Brevispina | Nectandra cf reflexa    | Nectandra cf. turbasensis    |
|  | Trichilia sp.          | Palicourea crocea       | Oreopanax sectifolius        |
|  |                        | Palicourea sulphurea    | Paullinia sp.                |
|  |                        | Perebea xanthochyma     | Piper arboreum               |
|  |                        | Posoqueria velutina     | Piper crassinervium          |
|  |                        | prunus cf. integrifolia | Piper marequitense           |
|  |                        | Ryania cf. speciosa     | Piper munchanum              |
|  |                        | Siparuna sp.            | Pleurothallis sp.            |
|  |                        | Tectaria incisa         | Pseudechinolaena polystachya |
|  |                        | Thoracocarpus bisectus  | Psidium guineense            |
|  |                        | Tillandsia fendleri     | Racinaea tenuispica          |
|  |                        |                         | Siparuna cf. gesnerioides    |
|  |                        |                         | Siparuna conica              |
|  |                        |                         | Stelis sp.                   |
|  |                        |                         | Thelypteris sp.              |
|  |                        |                         | Urera baccifera              |
|  |                        |                         | Vismia baccifera             |
|  |                        |                         | Xanthosoma sp.               |
|  |                        |                         | Zanthoxylum rhoifolium       |

**Apéndice 3.** Número de individuos en clases diamétricas para el nivel de cresta.

| CRESTA                   |    |    |     |    |   |
|--------------------------|----|----|-----|----|---|
| Especies                 | I  | II | III | IV | V |
| Alchornea cf glandulosa  | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Beilschmiedia towarensis | 23 | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Cecropia sp              | 2  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Clarisia biflora         | 5  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Clethra cf fagifolia     | 3  | 2  | 0   | 0  | 0 |

|                           |    |   |   |   |   |
|---------------------------|----|---|---|---|---|
| Clusia sp                 | 9  | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Cyathea cf andina         | 6  | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Faramea cf cazaderensis   | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ficus cf yoponensis       | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ficus tonduzii            | 2  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Gonocalyx cf pterocarpus  | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Graffenrieda cf cucullata | 16 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Hieronyma alchorneoides   | 4  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Ilex laurina              | 5  | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Mandevilla sp             | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Meriania speciosa         | 20 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Miconia cf lateriflora    | 4  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Miconia prasina           | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Myrsine sp                | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Nectandra cuspidata       | 16 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Ocotea cf cernua          | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Palicourea thyrsoflora    | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Paragynoxys cf corei      | 9  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Piper cf dichroostachyum  | 7  | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Psammisia penduliflora    | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Quercus humboldtii        | 16 | 3 | 1 | 0 | 1 |
| Tapirira guianensis       | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Toxicodendron striatum    | 17 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Weinmannia pinnata        | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Wettinia praemorsa        | 28 | 6 | 0 | 0 | 0 |

**Apéndice 4.** Número de individuos por clases diamétricas en el nivel de ladera media

| LADERA MEDIA             |    |    |     |    |   |
|--------------------------|----|----|-----|----|---|
| Etiquetas de fila        | I  | II | III | IV | V |
| Arachnothryx reflexa     | 6  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Beilschmiedia towarensis | 10 | 2  | 0   | 0  | 0 |
| Chamaedorea pinnatifrons | 6  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Chrysochlamys dependens  | 3  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Clarisia biflora         | 0  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Clethra cf fagifolia     | 1  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Clusia sp                | 3  | 3  | 2   | 0  | 1 |
| Cyathea cf andina        | 9  | 4  | 0   | 0  | 0 |
| Elaeagia laxiflora       | 0  | 0  | 1   | 0  | 0 |

|                                     |    |   |   |   |   |
|-------------------------------------|----|---|---|---|---|
| <i>Elaeagia magniflora</i>          | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Eschweilera cf antioquensis</i>  | 4  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Eugenia cf coffeifolia</i>       | 0  | 3 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Faramea cf cazaderensis</i>      | 9  | 2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Faramea cf multiflora</i>        | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Ficus cf yoponensis</i>          | 1  | 1 | 1 | 2 | 0 |
| <i>Ficus sp</i>                     | 0  | 0 | 2 | 0 | 0 |
| <i>Ficus tonduzii</i>               | 1  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Graffenrieda cf cucullata</i>    | 12 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Guarea glabra</i>                | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Gurania sp</i>                   | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Hieronyma alchorneoides</i>      | 0  | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Ilex laurina</i>                 | 3  | 5 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Indeterminado sp.</i>            | 1  | 1 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Meriania speciosa</i>            | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Miconia cf variabilis</i>        | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Miconia prasina</i>              | 2  | 2 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Mollinedia viridiflora</i>       | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Myrsine sp</i>                   | 16 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nectandra cuspidata</i>          | 10 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Nectandra reticulata</i>         | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Ocotea macrophylla</i>           | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Palicourea axillaris</i>         | 21 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Palicourea brachiata</i>         | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Palicourea thyrsoiflora</i>      | 5  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Piper cf dichroostachyum</i>     | 5  | 3 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Psychotria brachiata</i>         | 5  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Rhytidanthera splendida</i>      | 7  | 3 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Roupala cf dielsii</i>           | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Siparuna guianensis</i>          | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Sloanea cf brevispina</i>        | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Stylogyne cf hayesii</i>         | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Toxicodendron striatum</i>       | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Trichilia sp</i>                 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Vochysia duquei</i>              | 3  | 2 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Wettinia praemorsa</i>           | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Xylosma paucinervosa</i>         | 5  | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Apéndice 5.** Número de individuos por clases diamétricas de la ladera baja.

| Ladera baja              |    |    |     |    |   |
|--------------------------|----|----|-----|----|---|
| Etiquetas de fila        | I  | II | III | IV | V |
| Aegiphila cf membranacea | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Aiouea montana           | 6  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Aniba cf coto            | 2  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Arachnothryx reflexa     | 1  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Beilschmiedia latifolia  | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Beilschmiedia towarensis | 1  | 1  | 2   | 0  | 0 |
| Chamaedorea pinnatifrons | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Chrysochlamys dependens  | 2  | 1  | 1   | 1  | 0 |
| Chrysophyllum argenteum  | 2  | 0  | 0   | 1  | 0 |
| Chusquea cf scandens     | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Cissus sp                | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Clarisia biflora         | 2  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Clethra cf fagifolia     | 0  | 2  | 0   | 0  | 0 |
| Clusia sp                | 0  | 2  | 2   | 1  | 2 |
| Cyathea cf andina        | 38 | 7  | 0   | 0  | 0 |
| Cybianthus poeppigii     | 3  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Elaeagia karstenii       | 3  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Elaeagia laxiflora       | 1  | 0  | 1   | 0  | 0 |
| Faramea cf cazaderensis  | 9  | 2  | 2   | 0  | 0 |
| Faramea cf multiflora    | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Ficus cf yoponensis      | 1  | 1  | 2   | 1  | 0 |
| Ficus tonduzii           | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Guarea glabra            | 5  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Hedyosmum gentry         | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Hieronyma alchorneoides  | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Hillia sp                | 3  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Ilex laurina             | 1  | 2  | 2   | 2  | 0 |
| Indeterminado sp.        | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Meriania speciosa        | 4  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Miconia cf floribunda    | 3  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Miconia cf poecilantha   | 0  | 2  | 0   | 0  | 0 |
| Miconia prasina          | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Myrcia sp                | 0  | 1  | 0   | 0  | 0 |
| Myrcia splendens         | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Myrsine sp               | 3  | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Nectandra cf reflexa     | 1  | 0  | 0   | 0  | 0 |

|                              |    |   |   |   |   |
|------------------------------|----|---|---|---|---|
| Nectandra cuspidata          | 7  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ocotea cf cernua             | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Palicourea axillaris         | 4  | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Palicourea crocea            | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Palicourea sulphurea         | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Palicourea thyrsoiflora      | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Paragynoxys cf corei         | 7  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Perebea xanthochyma          | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Piper cf dichroostachyum     | 6  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Posoqueria velutina          | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| prunus cf integrifolia       | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Psammisia penduliflora       | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Quercus humboldtii           | 5  | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Rhodostemonodaphne kunthiana | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Rhytidanthera splendida      | 3  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Ryania cf speciosa           | 0  | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Siparuna sp                  | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sloanea cf caribaea          | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stylogyne cf hayesii         | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tapirira guianensis          | 11 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Vochysia duquei              | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Wettinia praemorsa           | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Xylosma paucinervosa         | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Apéndice 6.** Número de individuos por clases diamétricas en el nivel de vallecito.

| Vallecito                |   |    |     |    |   |
|--------------------------|---|----|-----|----|---|
| Etiquetas de fila        | I | II | III | IV | V |
| Aiouea montana           | 5 | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Alchornea cf latifolia   | 1 | 0  | 0   | 1  | 0 |
| Aniba cf coto            | 1 | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Aniba puchury-minor      | 8 | 3  | 0   | 0  | 0 |
| Beilschmiedia towarensis | 1 | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Brugmansia sp            | 7 | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Calycolpus moritzianus   | 0 | 2  | 1   | 0  | 0 |
| Cestrum cf microcalyx    | 1 | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Chamaedorea linearis     | 2 | 0  | 0   | 0  | 0 |
| Chrysochlamys dependens  | 2 | 0  | 0   | 1  | 0 |
| Chrysophyllum argenteum  | 2 | 0  | 0   | 0  | 0 |

|                                     |    |   |   |   |   |
|-------------------------------------|----|---|---|---|---|
| <i>Citrus reticulata</i>            | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Clavija cf ornata</i>            | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Coffea arabica</i>               | 5  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cyathea cf andina</i>            | 0  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Elaeagia laxiflora</i>           | 1  | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Endlicheria cf pyriformis</i>    | 3  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Eugenia acapulcensis</i>         | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Gurania sp</i>                   | 5  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Heliocarpus americanus</i>       | 2  | 2 | 3 | 1 | 1 |
| <i>Indeterminado sp.</i>            | 0  | 0 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Lippia schlimii</i>              | 0  | 3 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Mandevilla sp</i>                | 2  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Mauria ferruginea</i>            | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Meriania speciosa</i>            | 9  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Miconia aeruginosa</i>           | 4  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Myrcia splendens</i>             | 2  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nectandra cf turbasensis</i>     | 9  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nectandra cuspidata</i>          | 5  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Ocotea cf cernua</i>             | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Oreopanax sectifolius</i>        | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Palicourea axillaris</i>         | 4  | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Palicourea thyrsoiflora</i>      | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Piper arboreum</i>               | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Piper cf dichroostachyum</i>     | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Piper cf divortans</i>           | 93 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Piper crassinervium</i>          | 4  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Piper marequitense</i>           | 57 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Psidium guineense</i>            | 6  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Siparuna cf gesnerioides</i>     | 9  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Siparuna conica</i>              | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Vismia baccifera</i>             | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Wettinia praemorsa</i>           | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>       | 2  | 3 | 1 | 0 | 0 |

**Apéndice 7.** Instalación de las parcelas temporales de muestreo y medición del DAP.



**Apéndice 8.** Instalación de los HOBOS en los niveles topográficos.

