

**EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA**  
**Efecto de las Condiciones Climáticas en la Composición de las Coberturas Vegetales en el**  
**Sector Norte de la Serranía de Los Yariguíes (Santander)**

**Ángelo Danilo Plata Castro**

**Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo**

**Director**

**Björn Reu**

**Doctor en Ciencias Naturales**

**Codirectora**

**Laura Melisa Ayala Joya**

**Magíster en Biodiversidad y Ecosistemas Tropicales**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ciencias**

**Escuela de Biología**

**Bucaramanga**

**2022**

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

### **Dedicatoria**

A mi papá Alirio, a mi mamá Mary Luz, a mis hermanos Bryan y María Camila y a mi compañera Lainny, por apoyarme incondicionalmente en cada decisión que he tomado, por motivarme a construir una mejor versión de mí cada día, y por permitirme vivir lleno de amor y bonitos valores a su lado.

A mi familia, en especial a mi abuelo Luciano y a mis abuelas Lisbe y Luz Marina, por enseñarme con su ejemplo, que en la vida lo que deseamos se logra trabajando con pasión y confiando en nuestras capacidades.

A mis amigos, en especial a Diego, Sebastián, Iván, Cristian, Alejandro, Duván, Michael y Aldo, por enseñarme el valor de la lealtad y por ayudarme con su alegría a continuar firme en los momentos difíciles.

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

### **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander (UIS), a la Facultad de Ciencias y a la Escuela de Biología, por su labor de enseñanza y orientación académica profesional.

A los profesores Björn Reu, Laura Melisa Ayala Joya y Daniel Mauricio Díaz Rueda, por depositar su confianza en mí, por orientarme en este camino que apenas comienza y brindarme su sabiduría y su amistad.

A todo el equipo del proyecto de investigación *Transiciones socioecológicas de los paisajes de los Andes Nororientales, conectando conocimiento para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural resiliente código 8038 VIE 2022*, por aportar a mi vida nuevas enseñanzas, experiencias y perspectivas basadas en la diversidad del pensamiento.

A las familias Fernández Manrique y Gómez, a la señora Argemira Rodríguez Solano y al Ingeniero Juan Fernando Martínez, por el apoyo en la fase campo para la toma de datos e información recibida, acerca de las historias de transformación de San Vicente de Chucurí y Zapatoca.

A la Red de Reservas Naturales de Zapatoca (RENAZ) y al Semillero en Conservación y Restauración de Ecosistemas (UNALMED), por el suministro de la información de las parcelas en Zapatoca.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Objetivos .....	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos .....	13
2. Competencias .....	14
3. Metodología.....	14
3.1. Área de estudio .....	14
3.2. Diseño de muestreo.....	16
3.3. Toma de datos .....	17
3.3.1. Metodología de muestreo para las parcelas de BC y BS .....	17
3.3.2. Procesamiento y determinación de las muestras botánicas.....	18
3.3.3. Distribución espacial de las parcelas .....	18
3.4. Análisis de datos .....	20
3.4.1. Caracterización de la composición florística .....	20
3.4.2. Caracterización de la estructura arbórea .....	20
3.4.3. Importancia ecológica de las familias y especies .....	20
3.4.4. Diversidad florística.....	21

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

3.4.5. Influencia de las variables climáticas en la composición florística .....	21
4. Resultados .....	22
4.1. Caracterización de la composición florística .....	22
4.2. Caracterización de la estructura arbórea .....	25
4.3. Importancia ecológica de las familias y especies .....	27
4.4. Diversidad florística.....	29
4.5. Influencia de las variables climáticas en la composición florística .....	31
5. Discusión.....	33
5.1. Historia de transformación del territorio y descripción de las coberturas vegetales .....	33
5.1.1. Bosque conservado, vertiente occidental.....	33
5.1.2. Bosque secundario, vertiente occidental.....	34
5.1.3. Bosque conservado, vertiente oriental .....	36
5.1.4. Bosque secundario, vertiente oriental.....	37
5.2. Influencia de las variables climáticas en la composición florística .....	39
6. Conclusión .....	42
Referencias Bibliográficas .....	44

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Ubicación de las parcelas de vegetación en las vertientes oriental y occidental del sector norte de la Serranía de Los Yariquíes .....	18
Tabla 2. Riqueza de familias y especies por cada parcela muestreada sobre las vertientes oriental y occidental de la Serranía de Los Yariquíes .....	24
Tabla 3. Atributos estructurales y números de individuos totales por cada parcela instalada sobre las vertientes oriental y occidental de la Serranía de Los Yariquíes.....	25
Tabla 4. Número de especies observadas y estimadas, obtenidas al calcular las curvas de rarefacción basadas en los números de Hill orden $q$ (0, 1 y 2) .....	31
Tabla 5. Conjunto de variables climáticas utilizadas, con los promedios anuales por parcela, separadas por tipo de cobertura y vertiente de la Serranía de Los Yariquíes .....	33

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa del área de estudio: sector norte de la Serranía de Los Yariguíes .....	15
Figura 2. Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) entre las parcelas en las vertientes oriental y occidental de la Serranía de Los Yariguíes.....	22
Figura 3. Boxplot del área basal (m <sup>2</sup> ) por tipo de cobertura y vertiente estudiada.....	26
Figura 4. Índices de Valor de Importancia ecológica (IVI) de las especies vegetales muestreadas por tipo de cobertura y vertiente en la Serranía de Los Yariguíes.....	28
Figura 5. Curvas de rarefacción basadas en los números de Hill de orden q (0,1 y 2), por cobertura de bosque muestreada en la Serranía de Los Yariguíes .....	29
Figura 6. Análisis de redundancia basado en la distancia (db-RDA) entre las variables climáticas y las parcelas de vegetación en las vertientes oriental y occidental de la Serranía de Los Yariguíes.....	32

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Resumen**

**Título:** Efecto de las Condiciones Climáticas en la Composición de las Coberturas Vegetales en el Sector Norte de la Serranía de Los Yariguíes (Santander)\*

**Autor:** Ángel Danilo Plata Castro\*\*

**Palabras Clave:** Clima, Flora, Análisis multivariado, Cordillera Oriental.

**Descripción:** El clima es un factor que influye en la estructura, la composición y la diversidad florística de las comunidades vegetales que se establecen en un área; debido a que factores como la pluviosidad, la humedad, y la temperatura, exigen a las plantas generar estrategias de adaptación. La Serranía de Los Yariguíes se encuentra localizada en el departamento de Santander, y hace parte de las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental colombiana; tiene condiciones particulares de aislamiento geográfico, un amplio gradiente altitudinal, y dos vertientes con regímenes climáticos bien diferenciados, siendo el flanco occidental el que posee una mayor pluviosidad, humedad y precipitación, con respecto al oriental, que muestra características de cañón árido seco, con drenajes de poco caudal y poca humedad; lo que convierte a la serranía en un área propicia para la especiación. Con el objetivo de entender cómo las condiciones climáticas contrastantes entre las vertientes occidental y oriental de la Serranía de Los Yariguíes, influyen en la composición florística de las coberturas que allí se han establecido, se llevaron a cabo una serie de análisis cuantitativos y cualitativos para determinar la estructura, la composición y la diversidad florística de las coberturas presentes en estas vertientes, y dos análisis estadísticos multivariados empleando las 189 especies vegetales muestreadas, con los promedios de temperatura y precipitación mensuales anuales registrados para el área de estudio. Se encontró que en ambas vertientes existen árboles de gran porte, sin embargo, no hay diferencias significativas entre las áreas basales de dichos flancos. La composición florística indicó una mayor diversidad en el flanco occidental, comparado con el oriental. Además, en el primero, las especies con mayor importancia ecológica son numerosas; mientras que, en el segundo, *Quercus humboldtii*, *Alfaroa williamsii* y *Calycolpus moritzianus* representan más de la mitad del IVI. Finalmente, las ordenaciones multivariadas demostraron que existe una clara diferencia en la composición de las coberturas entre las dos vertientes, y que esas diferencias se encuentran relacionadas con las condiciones propias del clima en San Vicente de Chucurí y Zapatoca.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Biología. Director: Björn Reu. Doctor en Ciencias Naturales. Codirectora: Laura Melisa Ayala Joya. Magíster en Biodiversidad y Ecosistemas Tropicales.



## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Abstract**

**Title:** Effect of Climatic Conditions on the Composition of Vegetation Cover in the Northern Sector of the Serranía de Los Yariguíes (Santander)\*.

**Author(s):** Ángelo Danilo Plata Castro [1]

**Key Words:** Climate, Flora, Multivariate analysis, Cordillera Oriental.

**Description:** Climate is a factor that influences the structure, composition and floristic diversity of plant communities established in an area, because factors such as rainfall, humidity and temperature require plants to generate adaptation strategies. The Serranía de Los Yariguíes is located in the department of Santander, and is part of the western foothills of the Colombian Eastern Cordillera; It has particular conditions of geographic isolation, a wide altitudinal gradient, and two slopes with well differentiated climatic regimes, being the western flank the one with higher rainfall, humidity and precipitation, with respect to the eastern one, which shows characteristics of dry arid canyon, with drains of little flow and low humidity; which makes the mountain range an area conducive to speciation. In order to understand how the contrasting climatic conditions between the western and eastern slopes of the Serranía de Los Yariguíes, influence the floristic composition of the coverages that have been established there, a series of quantitative and qualitative analyses were carried out to determine the structure, composition and floristic diversity of the coverages present in these slopes, and two multivariate statistical analyses using the 189 plant species sampled, with the average annual monthly temperature and precipitation recorded for the study area. It was found that on both slopes there are large trees, however, there are no significant differences between the basal areas of these flanks. The floristic composition indicated a greater diversity on the western flank compared to the eastern flank. In addition, in the former, the most ecologically important species are numerous; whereas, in the latter, *Quercus humboldtii*, *Alfaroa williamsii* and *Calycolpus moritzianus* represent more than half of the IVI. Finally, multivariate ordinations showed that there is a clear difference in the composition of the cover between the two slopes, and that these differences are related to the climatic conditions in San Vicente de Chucurí and Zapatoca.

---

\* Degree Work

[1] Science Faculty. Biology School. Biology. Director: Björn Reu. Ph.D Natural Sciences.

Codirector: Laura Melisa Ayala Joya. Msc Biodiversity and Tropical Ecosystems.

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

### **Introducción**

El clima es un factor que influye en el desarrollo de la composición florística y el establecimiento de la vegetación en un área (Emck et al., 2006; Leimu et al., 2010; Duval et al., 2015); debido a que factores como la pluviosidad, la humedad, y la temperatura, exigen a las plantas generar estrategias de adaptación (Cabrera, 2002; Premoli & Mathiasen, 2011). Estas estrategias de tipo morfológico, anatómico e incluso fisiológico, al mantenerse con el tiempo, pueden derivar en adaptaciones permanentes en los organismos (Barradas et al., 2011; Coll & Vegetal, 2014; Trujillo, 2019).

En la Serranía de Los Yarigués (Santander), las vertientes occidental y oriental exponen condiciones climáticas contrastantes (Huertas et al., 2006; Donegan et al., 2010), siendo el flanco occidental el que posee una mayor pluviosidad, humedad y precipitación con respecto al oriental (Arias et al., 2013; Aguilar-Cano et al., 2018). Lo anterior es debido a un fenómeno denominado lluvia orográfica, que se produce cuando la columna de aire húmedo proveniente del Caribe y del Magdalena Medio, choca con el extremo occidental de la serranía (Moreno & Tinjaca, 2018). Caso contrario a lo que sucede en la vertiente oriental que muestra características de cañón árido seco, con drenajes de poco caudal y poca humedad (Aguilar-Cano et al., 2018).

De acuerdo con Moreno & Tinjaca (2018), las condiciones particulares de aislamiento geográfico, el extenso gradiente altitudinal que comprende desde los 200 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) hasta los 3.400 m s.n.m., y las dos vertientes con regímenes climáticos bien diferenciados, hacen de la serranía un área propicia para la especiación (Afanador et al, 2018). Esto, sumado a su valor histórico y cultural (Vergara-Buitrago, 2018), sentaron las bases necesarias para que en el año 2005 fuera declarada como Parque Nacional Natural Serranía de Los

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Yarigués (PNN SEYA) (Donegan & Avendaño, 2010; Ruíz-Nieto, 2018). A pesar de su importancia en términos biológicos, en la actualidad aún existen áreas de la serranía inexploradas o con información que se limita a inventarios florísticos (Ayala-Joya, 2011; Suarez-Afanador, 2014; Ruíz-Nieto, 2018), en donde podrían seguirse encontrando nuevas especies para la ciencia (v.gr. Aguilar-Cano et al., 2018; Jara-Muñoz & Zabala-Rivera, 2018).

Esta pasantía de investigación, se encuentra enmarcada en el proyecto *Transiciones socioecológicas de los paisajes de los Andes Nororientales: conectando conocimiento para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural resiliente*. Específicamente dentro del objetivo específico 2, que corresponde a *Estudiar la interacción entre las transformaciones en el uso del suelo y la biodiversidad, para evaluar la resiliencia ecológica y el potencial de los diferentes paisajes, para la conservación de la biodiversidad*.

Cabe mencionar que las coberturas vegetales originales del sector norte de la serranía, en donde se llevó a cabo el estudio de investigación, han sido transformadas desde la época precolombina, hace más de 400 años, lo cual continúa hasta la actualidad (Moreno & Tinjaca, 2018). Dichas modificaciones están relacionadas principalmente con la expansión de los sistemas productivos y construcciones de caminos y carreteras, que han derivado en la transformación del uso del suelo y la disminución de las coberturas vegetales nativas, afectando así, la biodiversidad y, por ende, la conectividad inter e intraespecífica (Díaz, 2008; Daza & Figueroa, 2014; Ruíz-Nieto, 2018).

Así mismo, La información recolectada para la vertiente oriental utilizada en este estudio, fue proporcionada por la Red de Reservas Naturales de Zapatoca (RENAZ), y el Semillero en Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (UNALMED), quienes entre 2018 y 2021 establecieron un total de 70 parcelas

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

permanentes para el estudio de la vegetación en el municipio de Zapatoca (Úsuga et al., en preparación).

Con estos antecedentes, el objetivo de este estudio es contribuir a entender cómo las condiciones climáticas influyen en la composición florística de las coberturas vegetales en el sector norte de la Serranía de Los Yariagués, localizada entre los municipios de San Vicente de Chucurí, y Zapatoca, en Santander, Colombia.

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

### 1. Objetivos

#### 1.1. Objetivo general

Contribuir a entender cómo las condiciones climáticas influyen en la composición florística de las coberturas vegetales en el sector norte de la Serranía de Los Yariquíes (Santander).

#### 1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la composición florística, la estructura y la diversidad en las vertientes oriental y occidental del sector norte de la Serranía de Los Yariquíes.
- Determinar el efecto del clima en la composición florística de las vertientes oriental y occidental del sector norte de la Serranía de Los Yariquíes.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

### 2. Competencias

- Desarrollo de habilidades para el establecimiento de parcelas permanentes y temporales.
- Entrenamiento en la determinación taxonómica del material vegetal recolectado en campo.
- Entrenamiento en el procesamiento (prensado y secado) del material vegetal recolectado en campo.
- Entrenamiento en la construcción y el manejo de base de datos.
- Desarrollo de habilidades y competencias en el procesamiento y análisis de datos usando el lenguaje de programación R.
- Desarrollo de habilidades para la construcción de informes técnicos.

### 3. Metodología

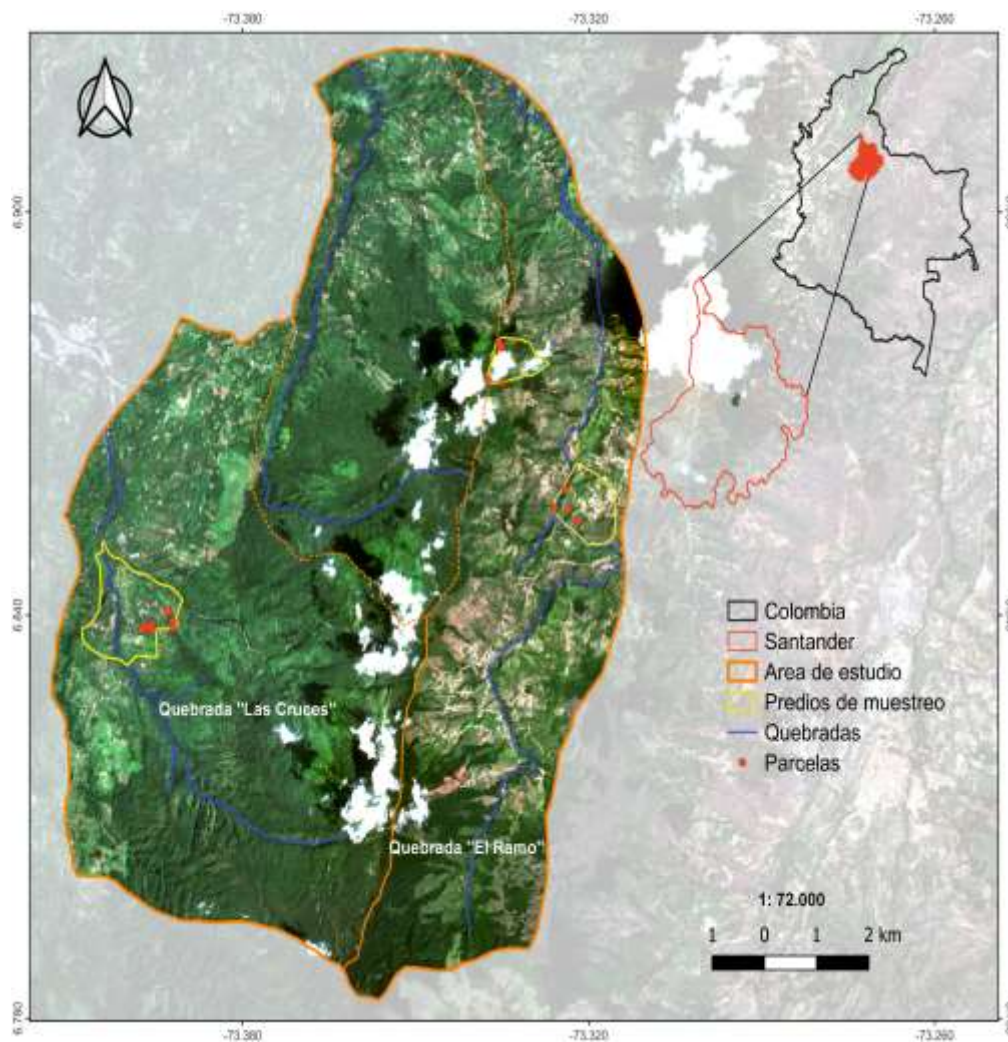
#### 3.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el sector norte de la Serranía de Los Yariagués, donde se establecieron 16 parcelas de 20x20m, ocho (8) permanentes en la vertiente oriental, a lo largo de un gradiente de 1.194 a 1.469 m s.n.m., distanciadas mínimo por 150 metros dentro de la misma cobertura; y ocho (8) temporales en la vertiente occidental, entre los 1.686 y 2.256 m s.n.m, alejadas unas de otras por al menos 150 metros de distancia, en el área perimetral de las quebradas Las Cruces y El Ramo (Figura 1).

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Figura 1**

*Mapa del Área de Estudio: Sector Norte de la Serranía de Los Yariguíes*



*Nota.* La línea punteada color naranja divide las dos vertientes del sector norte de la serranía. En amarillo se muestran los predios donde se realizaron los muestreos de la vegetación y los puntos en rojo indican las ubicaciones de las parcelas.

En la vertiente occidental de la serranía se ubica la quebrada Las Cruces donde se instaló ocho (8) parcelas de muestreo, específicamente en el sector Varsovia, vereda Mérida, a 6 km de distancia del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Este municipio presenta

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

temperaturas que oscilan entre 21 y 27°C, con una precipitación media anual entre 2.022 y 3.090 milímetros (mm), y un gradiente altitudinal que va desde los 354 m s.n.m. hasta los 2.098 m s.n.m. (IDEAM, 2022). Por su parte, en la vertiente oriental se ubica la quebrada de El Ramo donde se instaló ocho (8) parcelas, que pertenece al municipio de Zapatoca, Santander. Dicho municipio presenta temperaturas que oscilan entre 15 y 21°C, con una precipitación media anual que varía entre los 1.254 y 1.454 mm y un gradiente altitudinal que va desde los 218 hasta los 3.069 m s.n.m. (IDEAM, 2022).

Las coberturas vegetales muestreadas corresponden a bosque conservado (BC) o de vegetación arbórea en un estado sucesional avanzado, y de bosque secundario (BS) o de sucesión intermedia. Esta categorización se realizó basada en imágenes satelitales entre los años 60 hasta la actualidad, y con ayuda de la información suministrada por los pobladores acerca del cambio del uso del suelo en dichas áreas.

### **3.2. Diseño de muestreo**

La información recolectada para la vertiente oriental fue proporcionada por la Red de Reservas Naturales de Zapatoca (RENAZ), y el Semillero en Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (UNALMED), quienes entre 2018 y 2021 establecieron un total de 70 parcelas permanentes para el estudio de la vegetación en el municipio de Zapatoca (Úsuga et al., en preparación).

Los datos para la vertiente occidental fueron recolectados a través de este estudio de investigación. Entre el 5 y el 9 de septiembre de 2021 se realizó una salida de reconocimiento para seleccionar los puntos donde se establecieron las parcelas temporales de vegetación dentro de las coberturas de BC y BS. En dicha salida también se definió el equipo necesario para la instalación de cada parcela temporal, y la recolección de material botánico, cuáles serían los protocolos de



## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

bioseguridad y de reacción ante accidentes ofídicos a seguir y transporte del personal de campo, entre otros.

### 3.3. Toma de datos

Para el muestreo de las coberturas de bosque conservado y bosque secundario tanto de la vertiente oriental (información tomada por la RENAZ), como de la occidental (este estudio) se utilizó la misma metodología, que se describe a continuación:

#### 3.3.1. Metodología de muestreo para las parcelas de BC y BS

Siguiendo la metodología para el estudio de la vegetación propuesta por Yepes et al., (2011), se establecieron en total 16 parcelas de 20x20m, ocho (8) permanentes en el flanco oriental, y ocho (8) temporales en el occidental. A cada parcela se le realizó la corrección de pendiente (sensu Yepes et al., 2011); se georreferenció usando el sistema WGS84 y se le marcó el centroide con placas metálicas numeradas. Se censaron todos los individuos con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)  $\geq 10$  cm, los cuales se han marcado temporalmente con tiza. Luego, se registraron en la planilla de campo los datos del DAP, hábito, altura total, estado fenológico y nombre común de cada individuo. Posteriormente, se le asignó una determinación taxonómica preliminar *in-situ* a cada individuo, la cual se ha corroborado con los respectivos ejemplares botánicos, que han sido recolectados y preservados con base en los estándares internacionales (Bean, 2013). Todos los datos registrados al finalizar las salidas de campo y el trabajo de herbario se depuraron en la aplicación para la limpieza de datos sobre biodiversidad *Open-refine* (SiB Colombia, 2019); con el fin de evitar nombres duplicados o errores nomenclaturales que podrían generar errores en los análisis. Finalmente, con la información se organizó y se creó una base de datos en una hoja de cálculo de *Microsoft Excel*.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

La instalación de las parcelas en la vertiente occidental, así como la recolección del material botánico se realizó en dos salidas de campo, la primera entre el 15 y el 24 de noviembre de 2021, y la segunda del 9 al 14 de diciembre de ese mismo año.

### ***3.3.2. Procesamiento y determinación de las muestras botánicas***

Las muestras recolectadas en San Vicente de Chucurí fueron determinadas taxonómicamente en el herbario de la Universidad Industrial de Santander (UIS-H), usando diversas claves taxonómicas como Gentry & Vásquez (1993) y las floras disponibles para cada una de las familias, así como por métodos de comparación con colecciones de los siguientes herbarios virtuales: Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian, *Field Museum Neotropical Herbarium*, Herbario Nacional Colombiano (COL) -Biovirtual- y Tropicos.org, entre otros. Posteriormente, se construyó un archivo *Darwin Core* donde la información acerca del material recolectado fue archivada y cargada.

El material vegetal recolectado en Zapatoca fue determinado y depositado en el Herbario Gabriel Gutiérrez Villegas (MEDEL), de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Adicionalmente, se creó una base de datos donde se recopiló toda la información obtenida en campo para posteriores monitoreos y trabajos de investigación.

### ***3.3.3. Distribución espacial de las parcelas***

La ubicación de las parcelas en cada una de las coberturas vegetales, se muestra en la Tabla 1., en donde se presentan tanto las parcelas establecidas en el marco de este estudio, así como las instaladas por la RENAZ y el Semillero de la UNALMED.

#### **Tabla 1**

*Ubicación de las Parcelas de Vegetación en las Vertientes Oriental y Occidental del Sector*

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Norte de la Serranía de Los Yarigués

VERTIENTE	COB	PARCELA	LOCALIDAD	ALTITUD (m)	COORDENADAS	
					LAT. N	LONG. W
OCCIDENTAL	BC	p1	Finca Varsovia, vereda Mérida,	1.415	6,84050	-73,39272
		p2	San Vicente de Chucurí	1.389	6,84070	-73,39306
		p3	Finca Buenavista, vereda Mérida,	1.447	6,83903	-73,39214
		p4	San Vicente de Chucurí	1.469	6,83822	-73,39209
	BS	p5	Finca El Paraíso, vereda Mérida, San Vicente de Chucurí	1.272	6,83786	-73,39564
		p6	Chucurí	1.194	6,83856	-73,39589
		p7	Finca La Fortuna, vereda Mérida, San Vicente de Chucurí	1.220	6,83825	-73,39686
		p8	Chucurí	1.200	6,83786	-73,39753
ORIENTAL	BC	p9	Reserva Natural El Refugio del	2.256	6,87508	-73,33752
		p10	Oso, vereda	2.208	6,88045	-73,33553
		p11	Palo Blanco, sector Alto de las Águilas,	2.139	6,87471	-73,33495
		p12	Zapatoca	2.180	6,87989	-73,33518
	BS	p13	Reserva Natural Nirvana, vereda	1.704	6,85582	-73,32598
		p14	Santa Rita, Zapatoca	1.840	6,85588	-73,32360
		p15		1.856	6,85402	-73,32190
		p16	Reserva Natural Clavellinas, vereda Santa Rita, Zapatoca	1.686	6,85873	-73,32400

Nota. COB: Cobertura

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

### 3.4. Análisis de datos

Se compararon las comunidades vegetales presentes en las vertientes de la serranía, describiendo la estructura, la composición florística y la diversidad. Para todos los análisis se empleó el lenguaje de programación R (R Core Team, 2020).

#### 3.4.1. Caracterización de la composición florística

La composición de especies se presenta en una tabla de riqueza de familias y especies. Para conocer las diferencias en la composición florística entre las vertientes se realizó un análisis de Coordenadas Principales (PCoA) como ordenación sin restricciones (Buttigieg & Ramette, 2014) con la distancia de *Bray-Curtis* para medir la similitud florística entre parcelas (Ricotta & Podani, 2017). Además, se realizó un Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA) de dos factores, como prueba global de la significancia del análisis.

#### 3.4.2. Caracterización de la estructura arbórea

Para comparar la estructura arbórea entre las dos vertientes se generó un diagrama del tipo *boxplot*, con el fin de mostrar las diferencias entre los atributos del Área basal (AB (m<sup>2</sup>)), y se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, para saber si las dominancias obtenidas eran significativamente diferentes entre los tipos de coberturas y las vertientes muestreadas. Finalmente, se construyó una tabla donde se enumeran las abundancias de familias y especies, con el fin de reconocer los elementos con mayor AB (m<sup>2</sup>) en las coberturas vegetales analizadas.

#### 3.4.3. Importancia ecológica de las familias y especies

Se calcularon los índices de Valor de Importancia (IVI) por Familia y por especies, de cada uno de las coberturas vegetales presentes en las dos vertientes de la serranía, a través de la

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

sumatoria de los parámetros de frecuencia, abundancia y dominancia relativas.

### **3.4.4. Diversidad florística**

Para conocer la riqueza, la abundancia y la rareza de las especies encontradas en las unidades muestrales, se calcularon las tres medidas de números de Hill de orden  $q$ : riqueza de especies ( $q = 0$ ), diversidad de Shannon ( $q = 1$ , la exponencial de la entropía de Shannon) y diversidad de Simpson ( $q = 2$ , la inversa de la concentración de Simpson) (Chao & Jost 2012, Colwell et al., 2012; Chao et al., 2014), además de un análisis de rarefacción con dichos números, para establecer si el esfuerzo de muestreo fue suficiente y cumplía con la representatividad en la biodiversidad (Hsieh, Ma, & Chao, 2016; R Core Team, 2020). Se utilizaron los paquetes *iNEXT*, *ggplot2*, *vegan*, *tidyr*, *dplyr* y *readr* en R.

### **3.4.5. Influencia de las variables climáticas en la composición florística**

Para conocer la influencia de las variables climáticas en la composición florística se realizó un Análisis de Redundancia Basada en Distancias (db-RDA) la ordenación fue con restricciones (Legendre & Legendre, 2012), se aplicó al análisis multivariado db-RDA la distancia de *Bray-Curtis* entre parcelas (Ricotta & Podani, 2017). Los datos fueron transformados y estandarizados con ayuda de la función *scale()* del paquete *vegan*.

Las variables climáticas utilizadas, promedio de temperatura mensual anual (°C) y promedio de precipitación mensual anual (mm), fueron extraídas del trabajo de Durán et al., (en preparación), que cuenta con el registro de dichas variables durante un periodo de 48 años, comprendido desde el 1 de enero de 1971 al 31 de diciembre de 2019.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**4. Resultados****4.1. Caracterización de la composición florística**

El resultado del ordenamiento PCoA observado en la Figura 2A., demuestra que hay dos gradientes florísticos bien diferenciados. El primero, se refiere al componente uno o eje X y el segundo, al componente dos o eje Y en la gráfica. El componente uno, con una varianza en la composición florística entre parcelas igual a 21,9 % muestra claramente la diferenciación entre las dos vertientes de la serranía. Por otro lado, el componente dos explica el 15,3 % de la varianza en la composición florística, y refleja una diferenciación entre las coberturas vegetales de BC y BS. Por consiguiente, este ordenamiento sintetiza los resultados obtenidos en los análisis de estructura, composición y diversidad florística realizados en este estudio. Sin embargo, en el caso de las parcelas p13 y p16, aunque se consideran de BS, guardan una estrecha relación florística con las parcelas de BC en la vertiente oriental, dado que demuestran una similitud florística con las parcelas p9 a p12 (Figura 2A.).

En la Figura 2 B., se indican con flechas rojas las especies que soportan la diferenciación en la composición florística entre las parcelas de ambas vertientes y los tipos de coberturas vegetales. Solo se muestran las especies que tienen una contribución significativa (valor de  $p \leq 0,01$ ) en el ordenamiento multivariado.

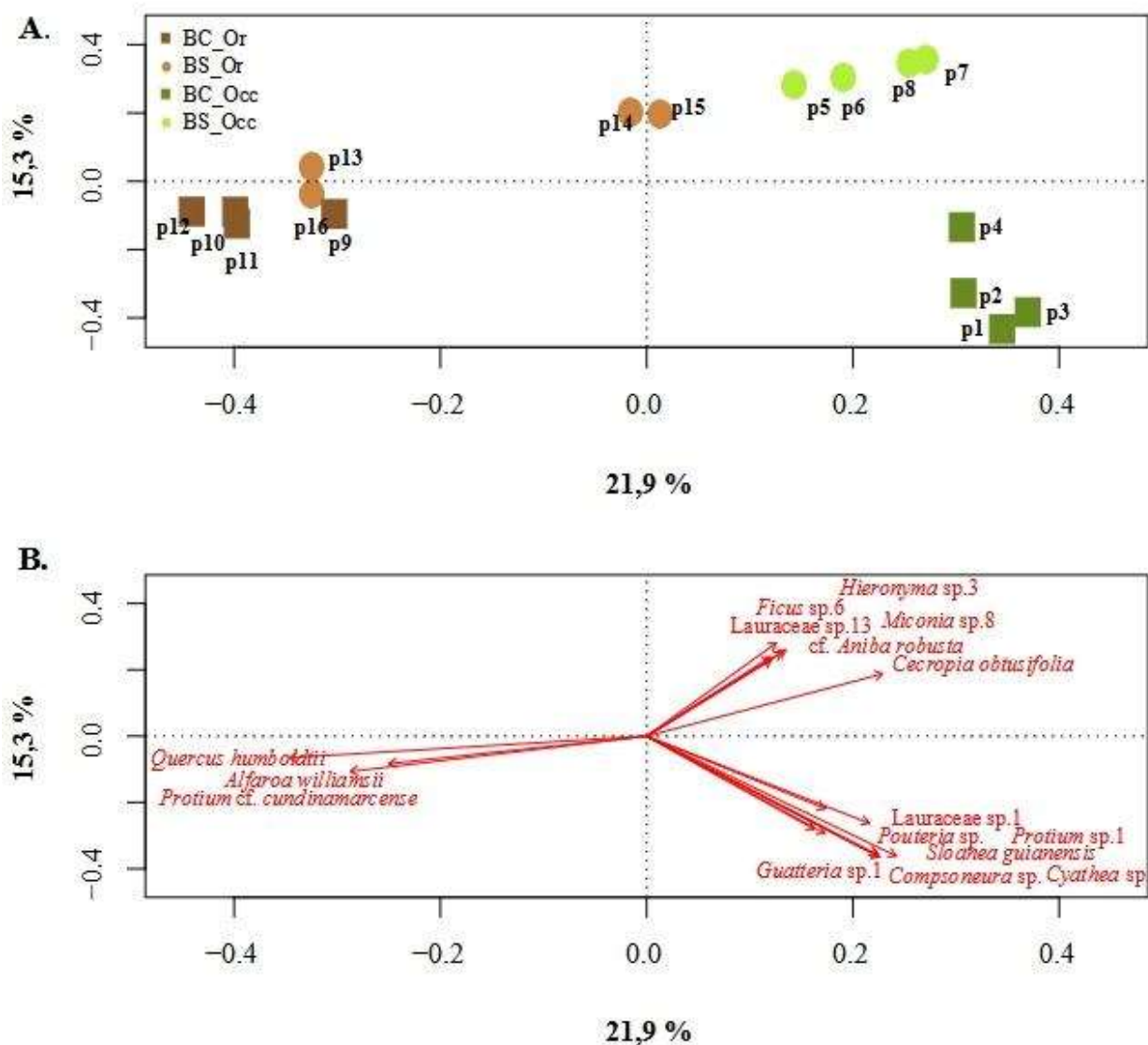
A través de la prueba estadística MANOVA se confirmó que el resultado obtenido por el análisis de ordenamiento es significativo, debido a que el valor de p de las parcelas por cobertura es igual a 0,0002665 y el valor de p de las parcelas por vertiente es igual a 0,01199.

**Figura 2**

*Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) entre las parcelas en las vertientes oriental y*

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

occidental de la Serranía de Los Yariгуés



*Nota.* Análisis de ordenamiento multivariado: PCoA, **A.** En los cuadrantes de la izquierda se ubican las parcelas en el flanco oriental y al lado derecho, las parcelas en el occidental. Complementariamente, en los cuadrantes superiores, las parcelas en BS y en los

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

inferiores, las parcelas en BC, **B**. Arriba a la derecha, las especies relacionadas a los BS. Abajo a la derecha, las especies relacionadas a los BC en el flanco occidental y finalmente, abajo a la izquierda, las especies relacionadas a los BC y algunos BS en el flanco oriental.

En la Tabla 2., se presentan las riquezas de familias y especies botánicas muestreadas por parcela, haciendo distinción al tipo de cobertura y a la vertiente.

**Tabla 2**

*Riqueza de Familias y Especies por Cada Parcela Muestreada Sobre las Vertientes Oriental y Occidental de la Serranía de Los Yarigués*

<b>VERTIENTE</b>	<b>OCCIDENTAL</b>				<b>ORIENTAL</b>			
<b>COBERTURA</b>	<b>BOSQUE CONSERVADO</b>							
<b>PARCELA</b>	<b>p1</b>	<b>p2</b>	<b>p3</b>	<b>p4</b>	<b>p9</b>	<b>p10</b>	<b>p11</b>	<b>p12</b>
RIQUEZA DE ESPECIES	18	12	16	9	14	13	12	10
RIQUEZA DE FAMILIAS	13	8	13	10	11	9	10	7
<b>COBERTURA</b>	<b>BOSQUE SECUNDARIO</b>							
<b>PARCELA</b>	<b>p5</b>	<b>p6</b>	<b>p7</b>	<b>p8</b>	<b>p13</b>	<b>p14</b>	<b>p15</b>	<b>p16</b>
RIQUEZA DE ESPECIES	9	14	16	9	7	3	1	3
RIQUEZA DE FAMILIAS	8	8	7	9	7	3	1	3



## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**4.2. Caracterización de la estructura arbórea**

En términos generales, tanto los bosques conservados como los secundarios son coberturas que han tenido algún tipo de intervención antrópica. Sin embargo, se registran una gran cantidad de especies en ambas vertientes. Para la vertiente oriental se registraron 194 individuos, distribuidos en 21 familias botánicas y 31 especies. Por su parte en la vertiente occidental se registraron 199 individuos, distribuidos en 27 familias botánicas y 70 especies. También se recolectaron 137 ejemplares botánicos para corroborar su determinación en el herbario.

Por otro lado, se ha identificado a las especies *Alfaroa williamsii*, cf. *Aniba robusta*, *Cecropia obtusifolia*, *Compsonaura* sp., *Cyathea* sp., *Ficus* sp.6, *Guatteria* sp.1, *Hieronyma* sp.3, *Lauraceae* sp.1, *Lauraceae* sp.13, *Miconia* sp.8, *Pouteria* sp., *Protium* cf. *cundinamarcense*, *Protium* sp.1, *Quercus humboldtii* y *Sloanea guianensis* como especies que contribuyen a las diferencias en la composición florística entre las dos vertientes y entre las coberturas vegetales muestreadas en la serranía.

En la Tabla 3., se muestra la información obtenida de las abundancias de especies por parcelas, separadas por coberturas y a su vez por vertiente en la que fueron muestreadas. Adicionalmente, se observan los atributos estructurales del DAP (cm) y AB (m<sup>2</sup>) promedios ( $\bar{X}$ ).

**Tabla 3**

*Atributos Estructurales y Números de Individuos Totales por Cada Parcela Instalada Sobre las Vertientes Oriental y Occidental de la Serranía de Los Yariguíes*

VERTIENTE	OCCIDENTAL				ORIENTAL			
COBERTURA	BOSQUE CONSERVADO							
PARCELA	p1	p2	p3	p4	p9	p10	p11	p12
NÚMERO TOTAL DE INDIVIDUOS	26	29	24	20	24	33	33	43

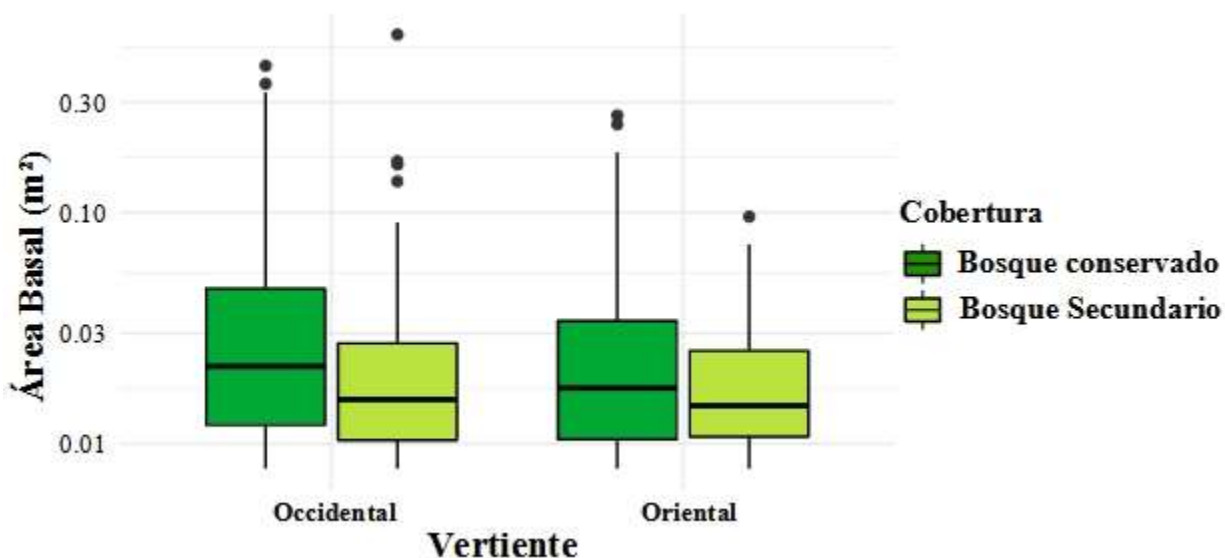
## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

DAP ( $\bar{X}$ )	22,5	18,3	19,9	22,2	17,6	19,2	17,7	18,9
ÁREA BASAL ( $\bar{X}$ )	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03
<b>COBERTURA</b>				<b>BOSQUE SECUNDARIO</b>				
<b>PARCELA</b>	<b>p5</b>	<b>p6</b>	<b>p7</b>	<b>p8</b>	<b>p13</b>	<b>p14</b>	<b>p15</b>	<b>p16</b>
NÚMERO TOTAL DE INDIVIDUOS	11	27	30	32	16	7	17	21
DAP ( $\bar{X}$ )	21,2	19,9	17,1	14,3	17,1	12,8	15,2	16,1
ÁREA BASAL ( $\bar{X}$ )	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02

En la Figura 3., se muestra el AB ( $m^2$ ) de las coberturas vegetales muestreadas en cada vertiente, cabe mencionar que, dichos valores del AB ( $m^2$ ) utilizados para realizar la gráfica, se obtuvieron a partir del logaritmo en base 10. Finalmente, gracias a la ANOVA realizada, se puede notar que, aunque en la gráfica existen diferencias visibles en los AB ( $m^2$ ), dichas diferencias, no son significativas.

**Figura 3**

*Boxplot del Área Basal ( $m^2$ ) por Tipo de Cobertura y Vertiente Estudiada*



## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**4.3. Importancia ecológica de las familias y especies**

Como se puede observar en la Figura 4., hay diferencias bien marcadas en la importancia ecológica de las especies en cada cobertura muestreada. En el bosque conservado de la vertiente occidental, las familias más importantes son Lauraceae (IVI=15%) por la abundancia de Lauraceae sp.1 (IVI=10,3%), Myristicaceae (IVI=12%) por la frecuencia de *Compsonera* sp. (IVI=10,7%), y Burseraceae (IVI=9,2%) por la dominancia de *Protium* sp.1 (IVI=98,7%). Entre las especies importantes cabe resaltar a *Cyathea* sp. (IVI=4,8%) y a *Hieronyma* sp.1 (IVI=4%), debido a sus altas frecuencias y abundancias en esta cobertura.

Para el bosque conservado en la vertiente oriental, las familias más importantes según el IVI son Juglandaceae (IVI=27%), Fagaceae (IVI=19%) y Burseraceae (IVI=10%), debido a la abundancia y frecuencia de *Alfaroa williamsii* (IVI=25,7%) y la dominancia de *Quercus humboldtii* (IVI=18%), y especies del género *Protium*. En esta cobertura también se registró la especie recientemente descrita por Aguilar-Cano et al., (2018): *Magnolia betuliensis* (IVI=3,1%).

En el bosque secundario del flanco occidental, las familias más importantes fueron Euphorbiaceae (IVI=19,6%), debido a la dominancia y la abundancia de *Conceveiba pleiostemona* (IVI=9,7%), Moraceae (IVI=17,1%) por un ejemplar de *Ficus* sp.6 con un DAP de 86,58 cm, y Cyatheaceae (IVI=14,5%) por la abundancia y frecuencia de *Cyathea* sp.1 (IVI= 13,2%). Entre las especies y familias importantes cabe resaltar a la familia Melastomataceae, con la especie *Miconia* sp.8 (IVI=5,5%) y Urticaceae con *Cecropia obtusifolia* (IVI=4,4%), debido a sus altas frecuencias y abundancias en todas las parcelas muestreadas de esta cobertura.

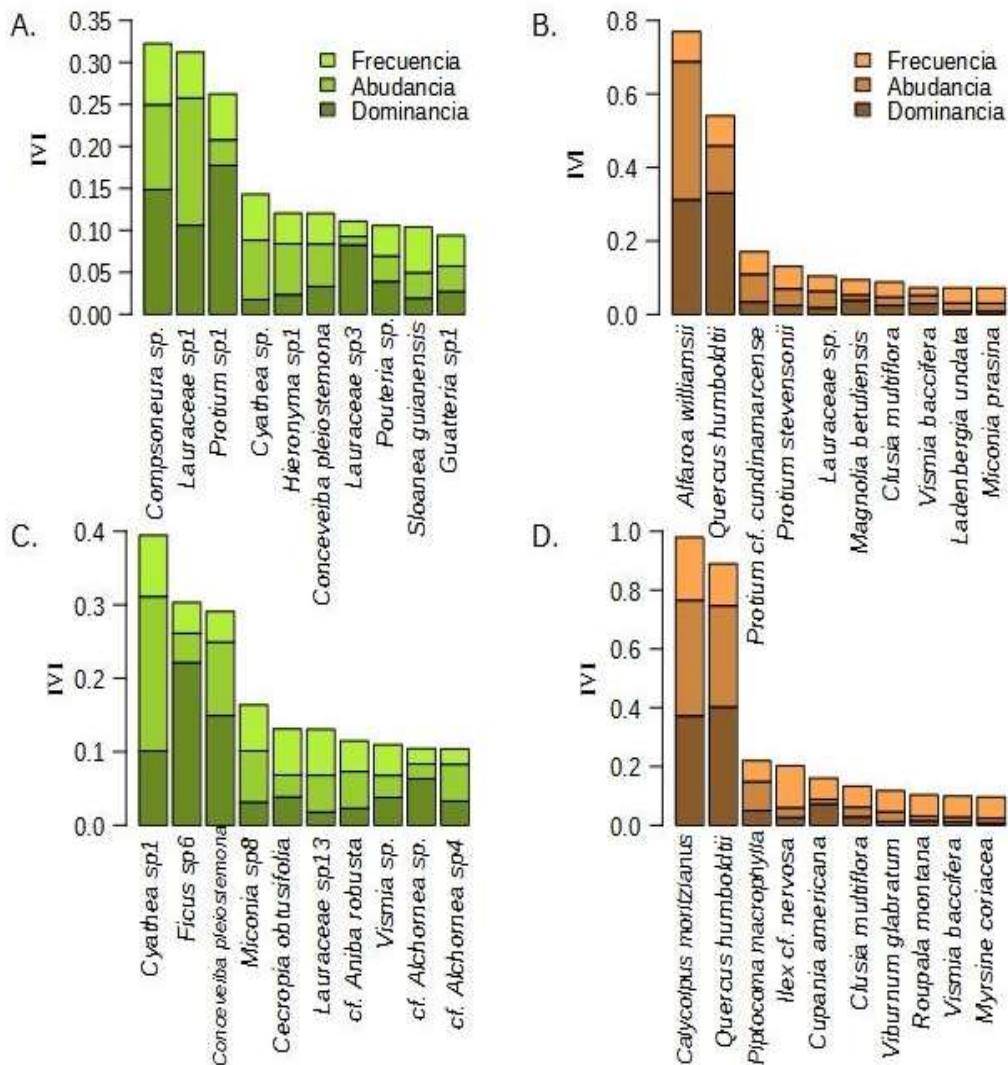
Finalmente, para el bosque secundario en el flanco oriental, las familias más importantes son Myrtaceae (IVI=33%), Fagaceae (IVI=30%) y Asteraceae (IVI=7%), debido a las especies

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

que arrojaron iguales valores de IVI a la familia taxonómica a la que pertenecen como *Calycolpus moritzianus* (IVI=33%), *Quercus humboldtii* (IVI=30%) y *Piptocoma macrophylla* (IVI=7%). Otras familias destacadas en las parcelas son Aquifoliaceae (IVI=6,7%) y Sapindaceae (IVI=5,3%) de las cuales no hubo registros para la misma cobertura en el flanco occidental.

**Figura4**

Índices de Valor de Importancia Ecológica (IVI) de las Especies Vegetales Muestreadas por tipo de Cobertura y Vertiente de la Serranía de Los Yarigués



## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

*Nota.* En la figura se reflejan los resultados obtenidos para IVI por coberturas y vertientes analizadas, **A.** Especies de mayor importancia ecológica para BC, vertiente occidental, **B.** Especies de mayor importancia ecológica para BC, vertiente oriental, **C.** Especies de mayor importancia ecológica para BS, vertiente occidental y **D.** Especies de mayor importancia ecológica para BS, vertiente oriental.

### 4.4. Diversidad florística

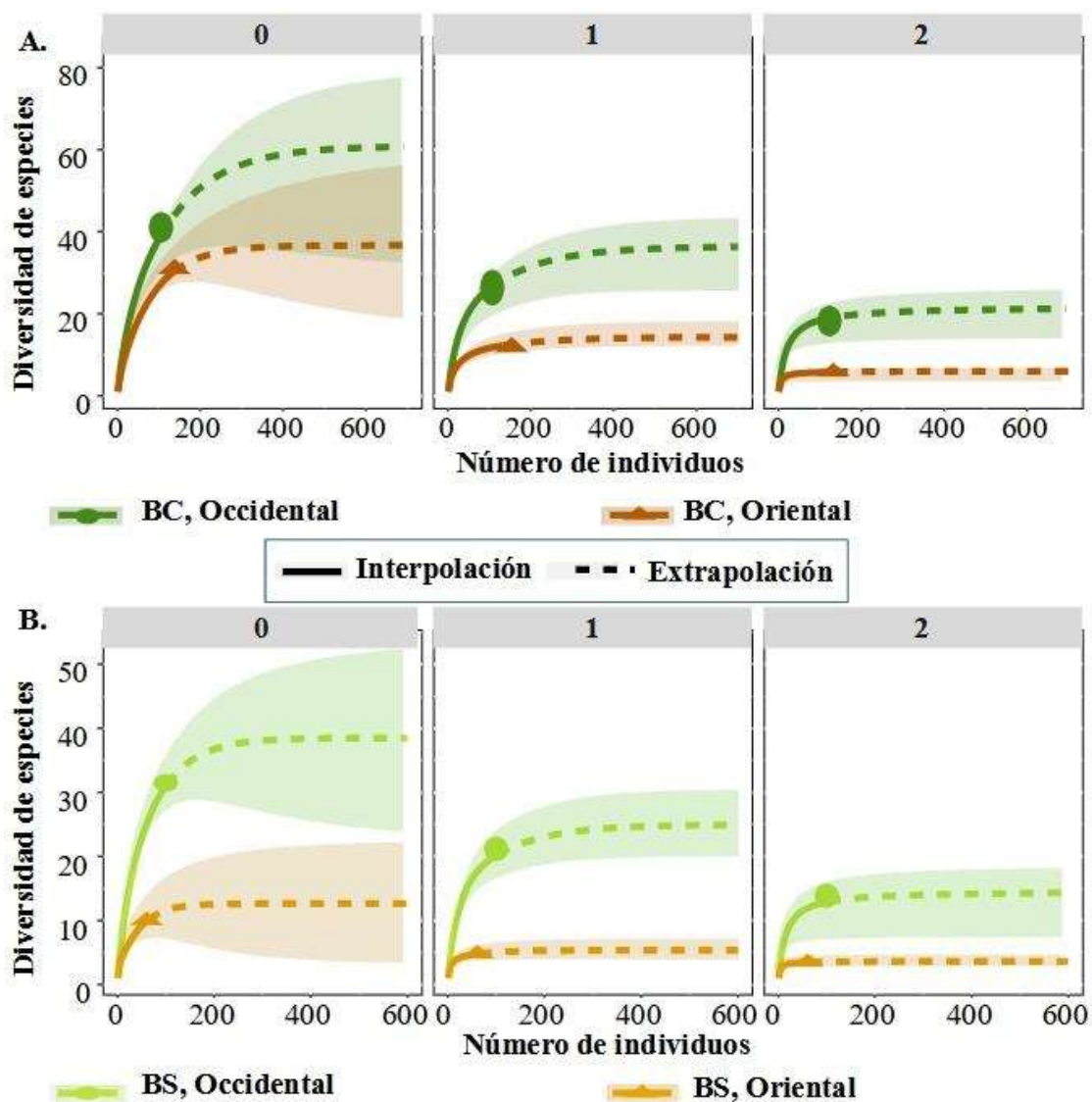
Al obtener las curvas de rarefacción basadas en el cálculo de los números de Hill como se presentan en la Figura 5., la riqueza de especies ( $q=0$ ) entre coberturas fue distinta, puesto que para el flanco occidental se observaron en el bosque conservado 38 especies y en el bosque secundario 31. Mientras que para el flanco oriental se observaron 30 especies en BC y solo 10 en BS.

Las curvas de rarefacción obtenidas por los métodos de interpolación y extrapolación no se solaparon en ninguna de las gráficas, lo que evidencia que existen diferencias significativas en la diversidad de especies entre ambas vertientes. Sin embargo, para la riqueza de especies del orden  $q=0$  en BC no es tan claro, puesto que los intervalos de confianza (color sombreado) se sobreponen, lo que indica que riquezas de especies bastante similares como se observa en la Figura 5A., panel izquierdo.

### **Figura5**

*Curvas de Rarefacción Basadas en los Números de Hill de Orden  $q$  (0,1 y 2), por Cobertura de Bosque Muestreada en la Serranía de Los Yariguíes*

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA



*Nota.* En las gráficas se muestran las curvas de rarefacción obtenidas por métodos de interpolación (línea sólida) y extrapolación (línea discontinua) basadas en el cálculo de los números de Hill (0,1 y 2). **A.** Curvas de rarefacción para BC en ambas vertientes, **B.** Curvas de rarefacción para BS en ambas vertientes.

La información relacionada con los números de Hill: riqueza de especies ( $q=0$ ), diversidad de Shannon ( $q=1$ ) y de Simpson ( $q=2$ ) siempre fueron menores en las coberturas muestreadas sobre el flanco oriental comparado con el occidental como se observa en la Tabla 4.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Tabla 4**

*Número de Especies Observadas y Estimadas Obtenidas al Calcular las Curvas de Rarefacción Basadas en los Números de Hill orden  $q$  (0, 1 y 2)*

COBERTURA	VERTIENTE	ÍNDICES DE DIVERSIDAD	OBS	EST	COBERTURA MUESTREADA (sc)
<b>BOSQUE CONSERVADO</b>	<b>OCCIDENTAL</b>	Riqueza de especies	38	60,90	0,82
		Shannon	26,06	36,39	
		Simpson	17,72	21,37	
	<b>ORIENTAL</b>	Riqueza de especies	30	36,67	0,92
		Shannon	12,24	14,28	
		Simpson	5,79	6,01	
<b>BOSQUE SECUNDARIO</b>	<b>OCCIDENTAL</b>	Riqueza de especies	31	38,48	0,90
		Shannon	20,17	24,98	
		Simpson	12,88	14,64	
	<b>ORIENTAL</b>	Riqueza de especies	10	12,62	0,94
		Shannon	4,79	5,35	
		Simpson	3,48	3,63	

*Nota.* En la tabla se representan los valores obtenidos al calcular los números de Hill: Riqueza de especies ( $q = 0$ ); Shannon: Diversidad de Shannon ( $q = 1$ ); Simpson: Diversidad de Simpson ( $q = 2$ ). OBS: Observado. EST: Estimado.

#### 4.5. Influencia de las variables climáticas en la composición florística

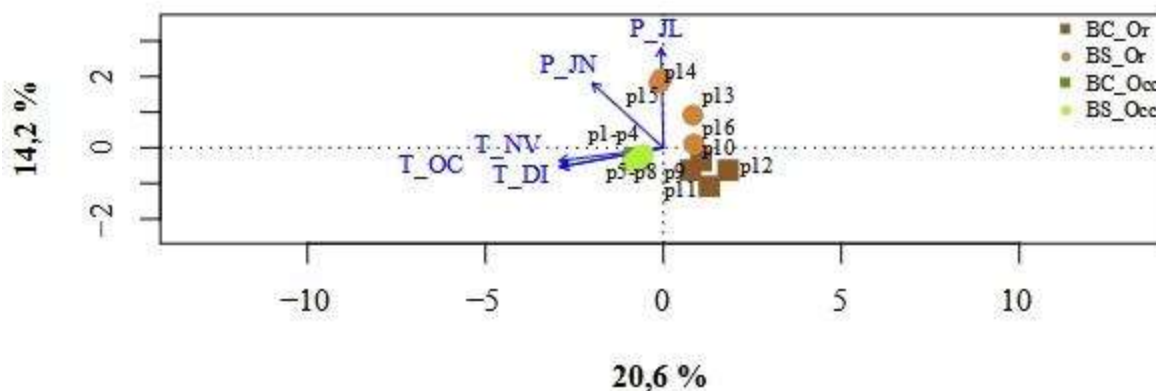
En el análisis db-RDA los ejes principales X y Y reflejan la variabilidad restringida con relación a las variables climáticas analizadas. El valor obtenido *Unconstrained* fue igual a 52,8 %, mientras que el *Constrained* fue igual a 47,3 %. Esta ordenación *Constrained* intenta relacionar un

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Análisis de Componentes Principales (PCA) de las variables climáticas, con una PCoA de la composición florística, para determinar qué varianza es compartida por ambos análisis y como se puede observar en la Figura 6., aprox. el 35 % de la variabilidad florística entre las parcelas en dos componentes se encuentra relacionado con la temperatura y la precipitación.

### Figura6

*Análisis de Redundancia Basado en la Distancia (db-RDA) entre las variables climáticas y las parcelas de vegetación en las vertientes oriental y occidental de la Serranía de Los Yariquíes*



Los resultados obtenidos en los análisis multivariados, demuestran que en la ordenación sin restricciones (Figura 2.) existen diferencias en la composición de especies entre las parcelas muestreadas en ambas vertientes, mientras que en la ordenación con restricciones (Figura 6.) se explica que el 47,3% de la varianza en la composición de especies entre parcelas puede ser explicada a través de las variables climáticas temperatura (de los meses octubre, noviembre y diciembre) y precipitación (de los meses junio y julio).



## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Tabla 5**

*Conjunto de Variables Climáticas Utilizadas, con los Promedios Anuales por Parcela, Separadas por Tipo de Cobertura y Vertiente de la Serranía de Los Yariguíes*

VERTIENTE	COBERTURA	PARCELA	TEMPERATURA		PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)
			ANUAL (°C) ( $\bar{X}$ )	(sd)	
OCCIDENTAL	BC	p1 - p4	22	0,289	2.205
	BS	p5 - p8	22	0,289	2.205
ORIENTAL	BC	p9 - p10	17	0,492	2.087
		p11	16	0	2.105
		p12	17	0,492	2.087
	BS	p13	18	0,289	2.158
		p14 - p15	18	0,492	2.147
		p16	19	0,389	2.130

*Nota.* En la tabla se muestran los promedios anuales de las variables climáticas usadas en el estudio. Las varianzas obtenidas también se refieren al resultado anual por parcela muestreada.

BC: Bosque conservado y BS: Bosque secundario.

## 5. Discusión

### 5.1. Historia de transformación del territorio y descripción de las coberturas vegetales

#### 5.1.1. Bosque conservado, vertiente occidental

Según los dueños de la actual finca Varsovia, en los años 60 en la hacienda Varsovia, la cobertura dominante era la de pastos, con algunos relictos de bosque embebidos dentro de esta

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

matriz productiva. A partir de 1998, estos bosques fueron usados para la extracción selectiva de árboles maderables de Lauraceae, como chaparro, panela quemada y punte. Alrededor del año 2000, la comunidad dejó de usar los bosques para extraer maderas finas, y la vegetación continuó su proceso de regeneración natural. Los bosques mejor conservados corresponden a los parches que los pobladores decidieron proteger, y actualmente se encuentran rodeados por cultivos de cacao, café y mandarina.

Este tipo de cobertura presenta los mayores valores de diversidad, especialmente a través del índice de Shannon, con un valor de 26,06. Donde las familias más abundantes son Euphorbiaceae, Lauraceae y Myristicaceae. Con relación a las especies, se registraron en total 38 en esta cobertura. La presencia de especies de Lauráceas es muy interesante, dado que, a pesar de su alto valor comercial, aún se conserva un gran número de estos individuos. Es interesante la presencia de hierbas bajas como *Calathea* sp. y lianas leñosas de las familias Apocynaceae, Malpighiaceae y Bignoniaceae.

Los valores de DAP de algunos árboles, así como los mayores valores de importancia ecológica de algunas familias (entendida a través del IVI), como Lauraceae, Myristicaceae y Burseraceae, que por lo general contienen especies esciófitas, indica que esta cobertura se encuentra en un estado sucesional avanzado (Paleologos & Sarandón, 2014). A pesar de que la entrada de luz en el sotobosque es baja, algunos árboles caídos han generado claros y ha incrementado la diversidad de especies.

### ***5.1.2. Bosque secundario, vertiente occidental***

Según los propietarios de las fincas El Paraíso y La Fortuna, durante los años 60, las coberturas originales fueron reemplazadas por potreros para ganadería bovina, y cultivos de café

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

y plátano. En 1986 estos predios entraron en un proceso de conservación liderado por los mismos propietarios, y se dejaron de trabajar. Debido a sus altas pendientes (entre 22 y 30°) y a la alta presencia de rocas grandes (bombales), se presentaban accidentes del ganado periódicamente y el tránsito de animales y de personas era difícil, lo cual ayudó a que la vegetación siguiera un proceso de regeneración natural, y actualmente estos predios presentan coberturas en un estado sucesional intermedio con una estratificación compleja.

Este tipo de cobertura presenta valores de diversidad bastante altos, aunque menores comparados al bosque conservado de esta misma vertiente. Lo anterior, se puede constatar a través del índice de Shannon, con un valor de 20,17. Donde las familias más abundantes son Euphorbiaceae, Cyatheaceae y Lauraceae. En esta cobertura, se registraron 31 especies. La presencia de individuos de la familia Lauraceae con regeneración activa resulta interesante, dado que evidencia el deseo de los pobladores por conservar las comunidades vegetales que se han establecido con los años en esas zonas, según lo que ellos mismos narran, aun cuando se trata de especies con alto valor comercial.

Las familias con mayor IVI en esta cobertura corresponden a Euphorbiaceae, Cyatheaceae, Lauraceae, Moraceae y Melastomataceae, que en general basan sus estrategias de reproducción ecológicas con ciclos de vida cortos, tasas de reproducción muy altas y alta producción de semillas, que apoya la idea de que esta cobertura se encuentra en un estado sucesional intermedio (Paleologos & Sarandón, 2014).

En general, el valor promedio del DAP en este bosque es igual a 17,4 cm, lo que indica que hay elementos arbóreos de menor porte comparados con los del bosque conservado (20,6 cm), aunque aún existen algunos pocos árboles de gran porte, como *Ficus* sp.6, que tiene un DAP de 86,58 cm. La incidencia de luz solar es alta y las lianas son muy abundantes, pero poco leñosas

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

(Fabaceae, Apocynaceae, Malpighiaceae, Melastomataceae y Bignoniaceae).

### ***5.1.3. Bosque conservado, vertiente oriental***

De acuerdo con los actuales propietarios de la finca Siracusa, actual Refugio del Oso, predio asociado a la RENAZ, desde el año 1936 se inició la construcción de la carretera que comunica al municipio de Zapatoca y San Vicente de Chucurí, hecho que conllevó en una intensa transformación del uso del suelo en las veredas circundantes a este megaproyecto.

La deforestación, la producción ganadera y el establecimiento de matrices de cultivo de frutales y hortalizas se convirtieron en las principales actividades de producción agrícola. Dichas actividades fueron afectando gradualmente las coberturas vegetales nativas en este sector, provocando que para los años 50, el paisaje estuviera dominado por potreros, cultivos de mora, granadilla, cebolla, papa y frijol. Sin embargo, con el transcurrir de los años, la diversidad de cultivos se fue reduciendo, promoviendo el reemplazo de los cultivos mencionados anteriormente, por la ganadería extensiva y algunos pocos cultivos de frutales como el tomate de árbol, y hortalizas como la arracacha y el frijol.

Más adelante, hacia el año 2017, el predio fue vendido a sus actuales propietarios, quienes dieron por terminadas las actividades de sobreexplotación del suelo y enfocaron sus esfuerzos a la restauración ecológica, la reforestación y la conservación de los corredores naturales del oso de anteojos (*tremarctos ornatus*). También, en el año 2020 se inició un proceso de solicitud a Parque Nacionales Naturales de Colombia, para declararlo como una Reserva Natural de la Sociedad Civil.

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

La diversidad de especies es alta comparada con las coberturas de sucesión ecológica intermedia, y las lianas son abundantes y leñosas, al igual que los bosques conservados en la vertiente occidental. Este tipo de cobertura presenta los mayores valores de diversidad en la vertiente oriental, arrojado por el índice de Shannon, con un valor igual a 12,24. Donde las familias más abundantes son Juglandaceae, Fagaceae y Burseraceae. Con relación a las especies, se registraron en total 30 en esta cobertura. La presencia de especies de la familia Fagaceae es interesante, dado que, a pesar de su alto valor comercial, sobre esta cobertura sobresalen del dosel un gran número de estos individuos gracias a su gran porte. Las familias vegetales con mayor IVI corresponden a Juglandaceae, Fagaceae, Clusiaceae y Burseraceae, que indican que esta cobertura se encuentra en una sucesión ecológica avanzada.

En general, esta cobertura posee valores de DAP que indican que la mayor dominancia está representada por árboles de gran porte de *Alfaroa williamsii* y *Quercus humboldtii*, con una estratificación vertical compleja, y la formación de un dosel más o menos continuo que impide el paso de grandes cantidades de luz solar.

### **5.1.4. Bosque secundario, vertiente oriental**

De acuerdo con el actual propietario de los predios Nirvana y Clavellinas, también reservas asociadas a la RENAZ, en los años 70 en dichos predios se adelantaron procesos de sobreexplotación de la tierra, puesto que las principales actividades productivas eran la ganadería extensiva de bovinos y ovinos y la horticultura, lo que fue afectando drásticamente a la composición de los suelos y las coberturas vegetales nativas en esta zona. Más tarde, en los 2000, con la llegada de algunas familias muy numerosas y de escasos recursos provenientes de los municipios de San Gil y San Joaquín (Santander); se intensificaron las formas de producción de la

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

tierra y se introdujeron nuevas variedades de cultivos como el fique, los cítricos y la guayaba, entre otros. La labranza excesiva, el uso de “majada” (estiércol bovino) con alto contenido de fosfato y potasio, y la implementación de agroquímicos, generaron un cambio en el paisaje, así como un desbalance en la captación, el almacenamiento y la distribución de los nutrientes en el suelo.

Para comienzos del 2010, Nirvana y Clavellinas fueron vendidas a nuevas personas; quienes enfocaron sus actividades productivas en la mejora de la calidad de la tierra, permitiendo un proceso de regeneración natural de las coberturas vegetales. Dichas actividades se basaron en el reemplazo de agroquímicos por abonos orgánicos según el requerimiento del suelo, y ganadería en menores extensiones de tierra dejando abandonadas algunas porciones de tierra en estos predios.

Posteriormente, hacia 2017, con la venta de las fincas a su actual propietario, las prácticas extractivistas y de sobreexplotación de la tierra finalizaron. Esto también dio paso a la transición hacia sistemas agroecológicos sustentables, con estrategias de conservación enfocadas al requerimiento de las coberturas vegetales y al suelo, y finalmente, hacia la agricultura biodinámica, que es un método de la agricultura que trata a los cultivos como organismos vivos, que actúan a ritmos naturales, de diversificación y ecología.

En general, durante un lapso de al menos 10 años sin sobreexplotación de la tierra y en especial en sectores abandonados, se ha fomentado la recuperación de la estructura florística vertical, aunque con una muy baja diversidad de especies, puesto que los individuos de *Calycolpus moritzianus* y *Quercus humboldtii* son mucho más abundantes, frecuentes y dominantes, comparados con las demás especies arbóreas presentes en esta cobertura. Además, este tipo de cobertura presenta los menores valores de diversidad en la vertiente oriental, arrojado por el índice de Shannon, con un valor igual a 4,79. Donde las familias más abundantes son Myrtaceae,

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Fagaceae y Asteraceae.

Con relación a las especies, se registraron en total 10 en esta cobertura. La presencia de especies de la familia Myrtaceae es interesante, dado que, a pesar de su alta abundancia, en especial, la especie *Calycolpus moritzianus* que presenta una alta producción de madera, casi no es utilizada por los pobladores del lugar como potencial económico. Las lianas son poco abundantes y muy poco leñosas. Es interesante ver que las familias vegetales con mayor IVI corresponden a las tres mencionadas anteriormente por ser las más abundantes, lo que indica que esta cobertura se encuentra en una sucesión ecológica temprana.

Complementario a esto, los DAP evidencian la regeneración activa en todas las parcelas muestreadas de especies pioneras como *Piptocoma macrophylla*, *Ilex cf. nervosa*, *Cupania americana* y *Clusia multiflora*; lo que indica que estos bosques se encuentran aún en un proceso de sucesión ecológica temprana a intermedia.

### **5.2. Influencia de las variables climáticas en la composición florística**

Existen diferencias en cuanto a la composición, la estructura y la diversidad florística entre los tipos de coberturas vegetales estudiadas, especialmente entre las vertientes. En este sentido, las mayores diferencias se encontraron en los análisis de diversidad florística y estructura de la vegetación, ya que, en el flanco occidental, la importancia ecológica de las especies y la riqueza de las mismas, fue mucho mayor comparada con la vertiente oriental; donde especies como *Quercus humboldtii*, *Alfaroa williamsii* y *Calycolpus moritzianus* representan más de la mitad de la importancia ecológica de las comunidades vegetales que allí se han establecido. Además, en la vertiente occidental los tamaños del DAP y las abundancias son mayores, comparadas con las registradas en la oriental.

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Respecto a las variables climáticas, los valores de temperatura y precipitación promedio mensual por año son menores en el flanco oriental que en el occidental. Adicionalmente en el flanco oriental, las pendientes y altitudes según lo experimentado en el trabajo de campo, son mayores a las encontradas en el flanco occidental, lo que evidencia que las dos vertientes poseen condiciones fisiográficas y climáticas contrastantes y bien diferenciadas.

Los resultados de este estudio concuerdan con lo reportado por varios investigadores (Oliveira-Filho & Fontes, 2000; Phillips et al., 2003; Brenes-Arguedas et al., 2008; Agudelo, 2009; Calvo et al., 2021) que han correlacionado el efecto de las condiciones climáticas en la composición de las coberturas vegetales. Para este estudio, la variable que mejor explicó las diferencias en la composición florística entre vertientes fue la temperatura promedio en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Esto, debido a que según Agudelo (2009) el grado de déficit hídrico al que son sometidas las especies vegetales, puede determinar el establecimiento diferencial de unas especies en vez de otras en un área específica.

Adicionalmente, la temperatura se encuentra asociada a la altitud (Brenes-Arguedas et al., 2008; Baltzer et al., 2008; Butt et al., 2008) y en el caso del flanco occidental las altitudes son menores, comparadas con el oriental. En este sentido, la vertiente occidental al poseer temperaturas más altas, pero menores altitudes, proporciona condiciones adecuadas para que una diversidad florística mayor, se establezca con facilidad, contraria a la establecida en la oriental.

Por otro lado, las condiciones de precipitación bajas o demasiado elevadas, pueden derivar en suelos con valores de pH bajos y baja disponibilidad e intercambio de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno que son esenciales para que la vegetación en un lugar prospere (Brenes-Arguedas et al., 2008; Torres et al., 2009; González-M et al., 2018). Adicionalmente, la inclinación de la pendiente a causa de la geomorfología y el amplio gradiente altitudinal, también puede afectar la



## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

captación y almacenamiento de dichos nutrientes (Romero et al., 2014). Este es el caso de la vertiente oriental, que expone terrenos escarpados con pendientes abruptas muy altas que facilitan los procesos de escorrentía, que constantemente lavan los suelos y dificultan el establecimiento de una mayor diversidad florística; y adicionalmente, aumenta la probabilidad de volcamiento de árboles grandes, aumentando su mortalidad. Caso contrario a lo que sucede en la vertiente occidental, que, al poseer pendientes graduales y una productividad mayor, permite la colonización y el establecimiento de la vegetación de una manera más sencilla.

Otro de los factores que ha provocado tensión durante muchos años sobre las comunidades vegetales presentes en la vertiente oriental, es que sus suelos históricamente han sufrido más desgaste comparados con los de la vertiente occidental, como consecuencia de procesos de colonización más prolongados en el tiempo (Díaz, 2008; León, 2012; González-M et al., 2018; Ruíz-Nieto, 2018).

En el desarrollo de este estudio se observaron algunas limitaciones, enumeradas a continuación: 1) Fue imposible establecer parcelas de vegetación a lo largo de un mayor gradiente altitudinal, lo que puede afectar la comparabilidad de los datos. Lo anterior se debió a dos factores. El primero, se refiere al alcance temporal del proyecto que imposibilita el establecimiento de más parcelas de vegetación, y el segundo y quizás más importante, a la propia geomorfología de la Serranía de Los Yarigués, ya que la vertiente oriental está conformada por montañas con pendientes abruptas que dificultan encontrar puntos de fácil acceso, y vegetación en el mismo piso altitudinal que en la occidental. 2) Problemas para encontrar una base de datos climatológica donde hubiese información para el municipio de San Vicente de Chucurí, por ejemplo, en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2022) de Colombia, que se encarga de alimentar dichas bases de datos no existen reportes para este municipio.

## EFFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Pese a las dificultades y limitaciones al ejecutar este estudio, cabe resaltar que cada uno de los análisis realizados o muestras recolectadas, se hicieron intentando ser lo más rigurosos posibles y eficientes. Sin embargo, para una siguiente fase de este estudio, se deberían tener en cuenta: i) una mayor cantidad de puntos de muestreo, ii) utilizar bases de datos con registros climatológicas completos para el área de estudio, iii) instalar estaciones meteorológicas en cada unidad muestral, iv) realizar estudios de caracterización química y humedad del suelo, y finalmente, v) un estudio de fertilidad del suelo, para recolectar una información más detallada y precisa del efecto del clima sobre la composición de las coberturas vegetales.

### 6. Conclusión

La composición florística de las coberturas evaluadas presenta diferencias tanto entre las vertientes como entre las coberturas vegetales evaluadas. En la vertiente oriental se registraron 197 individuos, distribuidos en 21 familias botánicas y 37 especies; mientras que en la vertiente occidental se registraron 202 individuos, distribuidos en 27 familias botánicas y 70 especies. Así mismo, existen diferencias entre las coberturas de bosque conservado y bosque secundario, puesto que en la primera cobertura se encontraron 67 especies, donde las especies más abundantes son *Alfaroa williamsii*, *Quercus humboldtii*, *Protium cf. cundinamarcense*, Lauraceae sp.1 y *Compsoneura* sp., mientras que en el bosque secundario se encontraron 41 especies y en donde los elementos más abundantes corresponden a *Calycolpus moritzianus*, *Quercus humboldtii*, *Cyathea* sp.1, *Conceveiba pleiostemona* y *Miconia* sp.8.

En relación con la diversidad, también se evidencian diferencias. La vertiente occidental es más diversa que la oriental, puesto que de acuerdo tanto al índice de Shannon como el de

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Simpson, en el flanco occidental hay pocos individuos por especie, lo que evidencia una distribución equitativa de las mismas en dicha vertiente. Por su parte, la cobertura más diversa corresponde al bosque conservado.

El resultado de las curvas de rarefacción basadas en los números de Hill, indican claramente que la vertiente occidental, con un total de 38 especies observadas en el bosque conservado y 31 en el secundario, presenta una mayor diversidad respecto a la vertiente oriental, donde se observaron 30 especies en la cobertura de bosque conservado y tan solo 10 en el secundario.

Es de gran importancia mencionar, que la historia de transformación del uso del suelo, también ha tenido un papel importante en las diferencias encontradas entre las parcelas localizadas en los municipios de San Vicente de Chucurí y Zapatoca.

Finalmente, el resultado obtenido a través del análisis db-RDA, permitió ratificar las afirmaciones realizadas en párrafos anteriores, en donde existen diferencias en composición florística entre vertientes, se encuentran relacionadas con las condiciones de la temperatura en los meses de octubre, noviembre y diciembre, la precipitación en junio y julio.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

**Referencias Bibliográficas**

- Afanador Rodríguez, J., Alvarado Fajardo, V. M., Bravo Pedraza, W. J., Cala Esteves, I., Caro Melgarejo, D. P., Cogollo Calderón, A. M., ... & Villamizar Durán, F. (2018). Caminando entre huellas de Yariguíes: la gente y la ciencia en la gestión temprana de la restauración ecológica del área protegida.
- Agudelo Torres, J. (2009). Afinidades florísticas en bosques de tierras bajas neotropicales en términos de riqueza de especies dentro de familias y géneros-efectos del clima y suelos.
- Aguilar-Cano, J., Mendoza-Cifuentes, H., & Ayala-Joya, L. (2018). Dos nuevas especies de árboles molinillo (*Magnolia*: *Magnoliaceae*) de la Serranía de los Yariguíes, departamento de Santander, Colombia. *Biota colombiana*, 19, 29-44.
- Alfonso León, D. (2012). Camino a Barrancabermeja: antecedentes del proceso de colonización en San Vicente de Chucurí 1864-1900. *Anuario de Historia Regional y de las Fronteras*, 17(2), 455-479.
- Arias, Y., Donegan, T., Huertas, B., Luna, J., Pinto, J., & Villanueva, D. (2013). YARÉ II PROJECT: Serranía de los Yariguíes Assessment and Research of Endangered Species, Santander, Colombia. *Conservation leadership programme*.
- Ayala-Joya, L. (2011). Caracterización estructural y estimación de biomasa aérea de las principales

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

coberturas boscosas en el Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, Santander - Colombia. *Trabajo de grado en biología. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.*

Baltzer, J. L., Davies, S. J., Bunyavejchewin, S., & Noor, N. S. M. (2008). The role of desiccation tolerance in determining tree species distributions along the Malay–Thai Peninsula. *Functional Ecology*, 22(2), 221-231.

Barradas, V., Tapia, L., & Cervantes, J. (2011). Consecuencias del cambio climático en la ecofisiología vegetal de un bosque templado en Veracruz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(spe2), 183-194.

Bean, T. 2013. Collection and preserving plant specimens, a manual. Department of Science, Information Technology, Innovation and the Arts. *Brisbane.*

Brenes-Arguedas, T., Ríos, M., Rivas-Torres, G., Blundo, C., Coley, P. D., & Kursar, T. A. (2008). The effect of soil on the growth performance of tropical species with contrasting distributions. *Oikos*, 117(10), 1453-1460.

Buttigieg, P. L., & Ramette, A. (2014). A guide to statistical analysis in microbial ecology: a community-focused, living review of multivariate data analyses. *FEMS microbiology ecology*, 90(3), 543-550.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

- Butt, N., Malhi, Y., Phillips, O., & New, M. (2008). Floristic and functional affiliations of woody plants with climate in western Amazonia. *Journal of Biogeography*, 35(5), 939-950.
- Cabrera, H. (2002). Respuestas ecofisiológicas de plantas en ecosistemas de zonas con clima mediterráneo y ambientes de alta montaña. *Revista chilena de Historia natural*, 75(3), 625-637.
- Calvo, D. A., Peter, G., & Gaitán, J. J. (2021). El clima modula los efectos del pastoreo sobre la productividad primaria en ecosistemas áridos de Argentina. *Ecosistemas*, 30(3), 2228-2228.
- 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.
- Chao, A. & Jost, L. (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533–2547.
- Coll, L., & Vegetal, G. (2014). Las últimas heladas y su efecto en el cultivo de Colza.
- Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Lin, S.-Y., Mao, C.X., Chazdon, R.L. & Longino, J.T. (2012) Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5, 3–21.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

- Daza, S., & Figueroa, A. (2014). Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 45-55.
- Díaz, M. (2008). Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariguíes, Plan de Manejo. *Informe Técnico. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá*.
- Donegan, T., Avendaño, J., Briceño-L, E., Luna, J., Roa, C., Parra, R., Turner, C., Sharp, M., & Huertas, B. (2010). Aves de la Serranía de Los Yariguíes y tierras bajas circundantes, Santander, Colombia. *Cotinga*, 32, 72-89.
- Donegan, T., & Avendaño, J. (2010). A new subspecies of mountain tanager in the *Anisognathus lacrymosus* complex from the Yariguíes Mountains of Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 130(1), 13-32.
- Durán, Y., & Reu, B. (En preparación). Efectos de la temperatura, precipitación y huella humana en las dinámicas espacio temporales de FAPAR en el territorio continental de Colombia de 1999 a 2019. *Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga, Santander.
- Duval, V., Benedetti, G., & Campo, A. (2015). Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina. *Investigaciones geográficas*, (88), 33-44.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

- Emck, P., Moreira-Muñoz, A., & Richter, M. (2006). El clima y sus efectos en la vegetación. Moraes, M., B., Øllgaard, LP Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev (eds.). *Botánica Económica en los Andes Centrales*, 11-36.
- Francis, A. P., & Currie, D. J. (2003). A globally consistent richness-climate relationship for angiosperms. *The American Naturalist*, 161(4), 523-536.
- Gentry, A. & Vásquez, R. (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.
- González-M, R., García, H., Isaacs, P., Cuadros, H., López-Camacho, R., Rodríguez, N., ... & Pizano, C. (2018). Disentangling the environmental heterogeneity, floristic distinctiveness and current threats of tropical dry forests in Colombia. *Environmental Research Letters*, 13(4), 045007.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H. & Chao, A. (2016) iNEXT: An R package for interpolation and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451-1456.
- Huertas, B., Donegan, T., Arias, J., Avendaño, J., Montealegre, D., Ríos, C., & Villanueva, D. (2006). Investigación y Evaluación de las Especies Amenazadas de la Serranía de Los Yariquíes, Santander, Colombia.



## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

IDEAM (2022). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

Jara-Muñoz, O., & Zabala-Rivera, J. (2018). Dos nuevas especies de Begonia (Begoniaceae) de la Serranía de Los Yariguíes (Santander, Colombia). *Novon: A Journal for Botanical Nomenclature*, 26(4), 355-363.

Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*. Elsevier, p. 492-511.

Leimu, R., Vergeer, P., Angeloni, F., & Ouborg, N. (2010). Habitat fragmentation, climate change, and inbreeding in plants. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 84-98.

Moreno, H., & Tinjaca, Z. (2018). Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariguíes. *Parques Nacionales Naturales de Colombia*.

Oliveira-Filho, A. T., & Fontes, M. A. L. (2000). Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate 1. *Biotropica*, 32(4b), 793-810.

Paleologos, M. F., & Sarandón, S. J. (2014). Principios de ecología de poblaciones. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables (235-259). *La Plata. Universidad Nacional de La Plata*.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

- Phillips, O. L., Vargas, P. N., Monteagudo, A. L., Cruz, A. P., Zans, M. E. C., Sánchez, W. G., ... & Rose, S. (2003). Habitat association among Amazonian tree species: a landscape-scale approach. *Journal of ecology*, 91(5), 757-775.
- Premoli, A., & Mathiasen, P. (2011). Respuestas ecofisiológicas adaptativas y plásticas en ambientes secos de montaña: *Nothofagus pumilio*, el árbol que acaparó los Andes australes. *Ecología Austral*, 21(3), 251-269.
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ricotta, C., & Podani, J. (2017). On some properties of the Bray-Curtis dissimilarity and their ecological meaning. *Ecological Complexity*, 31, 201-205.
- Romero, A., Luna, M., & García, E. (2014). Physical factors influencing the floristic relationships of pinyon pine (Pinaceae) from San Luis Potosi, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 795-808.
- Ruiz-Nieto, O. (2018). Suelos, bosques y biodiversidad. Conflictos ambientales y transformación del paisaje en el municipio de Carmen de Chucurí 1902-2018. *Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

SiB Colombia (2019). OpenRefine - Guía básica, Limpieza de datos sobre biodiversidad. *Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 22 pp.*

Suárez-Afanador, J. (2014). Diversidad florística y estructura de una parcela permanente en un bosque andino del sector de Junín, Parque Nacional Natural Serranía de Los Yarigués (Santander, Colombia). *Trabajo de pregrado en biología. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.*

Torres Robles, S. (2009). Variación geográfica de la composición y riqueza de plantas vasculares en los talares bonaerenses y su relación con el clima, sustrato, estructura del paisaje y uso. *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata.*

Trujillo Acatitla, R. (2019). Respuesta del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a la actividad antrópica, variabilidad climática y ambiental en bosque de encino. *Master 's thesis.*

Úsuga, J., Díaz-Paez, M., Díaz-Rueda, D.M., Polanía, J., Barrientos, I., & Serna, C. (En preparación). Diversidad florística, estructura y almacenamiento de carbono en bosques al norte de la Serranía de Los Yarigués (Zapatoca, Santander, Colombia).

Vergara-Buitrago, P. (2018). Los saberes campesinos como estrategia de desarrollo rural en la Serranía de Los Yarigués (Santander, Colombia). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid, Vol. 38, No. 2, p. 461.*

## EFECTO DEL CLIMA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Yepes, A., Navarrete, D.A, Duque, A.J., Phillips, J.F., Cabrera, K.R., Álvarez, E., García, M.C., Ordóñez, M.F. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM.