



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**Dirección de Ciencias Ambientales y  
Cambio Climático**

**TRABAJO DE TESIS**

**Análisis de la diversidad funcional en bosques de  
alto valor de conservación en 9 fincas ubicadas  
en los municipios de Nandaime, El Viejo y el  
Sauce de la empresa EQUIFOREST, 2023**

**Autores**

Br. Ángel Elia Jirón González

Br. Fernanda Gabriela García Soza

**Asesores**

Ing. Bayardo González Namendy

Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano

Managua, Nicaragua

Diciembre, 2025



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIAS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

### TRABAJO DE TESIS

Análisis de la diversidad funcional en bosques de alto  
valor de conservación en 9 fincas ubicadas en los  
municipios de Nandaime, El Viejo y el Sauce de la  
empresa EQUIFOREST, 2023

#### **Autores:**

Br. Ángel Elia Jirón González

Br. Fernanda Gabriela García Soza

#### **Asesor:**

Ing. Bayardo González Namendy

Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano

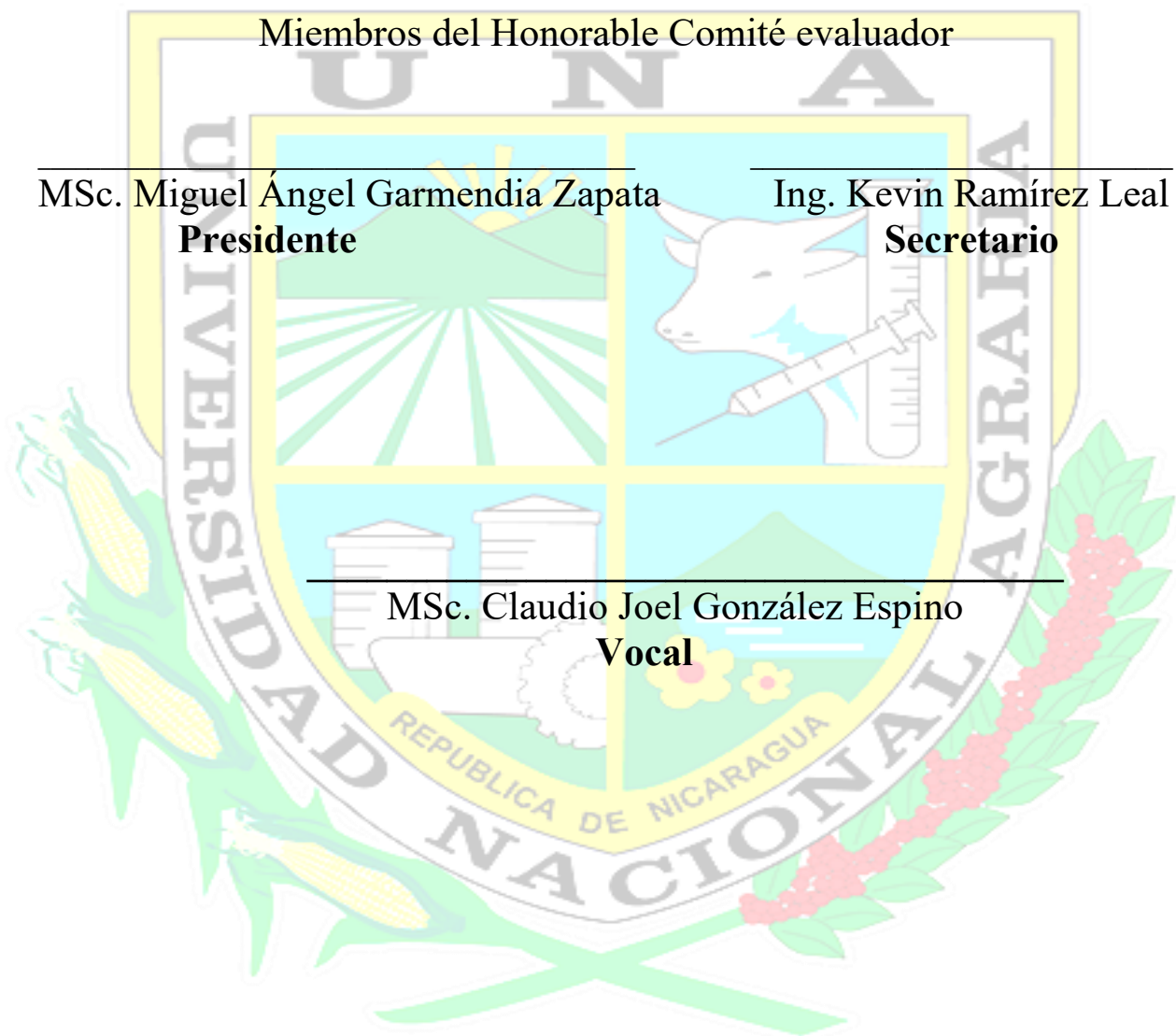
Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito  
final para optar al grado de Ingeniero Forestal con mención en Restauración de  
Ecosistemas Forestales.

Managua, Nicaragua

Diciembre, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección Específica de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Forestal con mención en Restauración de Ecosistemas Forestales



Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 3 de diciembre de 2025

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y mi fuerza en cada paso de este camino. Por iluminar mis días con esperanza, darme sabiduría en los momentos de dificultad y mostrarme que todo esfuerzo tiene su recompensa. Sin Él, nada de esto habría sido posible.

A mis queridos padres, José Nefalí Jirón Castilla y Jeilin del Carmen González Lazo, quienes con su amor, sacrificio y ejemplo me enseñaron el valor del trabajo, la humildad y la perseverancia. Este logro también es suyo, porque cada consejo, cada palabra de aliento y cada oración me impulsaron a seguir adelante.

A mi amada esposa, Estefanía Raquel Solano Tardancilla, por ser compañera fiel en los momentos de cansancio y mi refugio en los días difíciles. Su amor, paciencia y apoyo incondicional fueron la inspiración que me sostuvo en todo este proceso.

A mi hija, Gisselle Jirón Solano, mi mayor bendición y motivo de esfuerzo. Cada sonrisa suya me recordó la razón por la cual debía continuar. Todo lo que he alcanzado es, en gran parte, por ella y para ella.

Y a cada uno de mis familiares que creyó en mí, que me acompañó con palabras de ánimo, consejos sinceros y gestos de cariño. Gracias por confiar en que podía lograrlo y por ser parte de este sueño hecho realidad.

Con todo mi corazón, les dedico este logro que represente no solo el fin de una etapa, sino el inicio de muchas más bendiciones por venir.

Ángel Elia Jirón González

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen María, fuente de luz, fortaleza y amor incondicional. Gracias por guiar mis pasos, darme fe en los momentos de incertidumbre y sostenerme en cada desafío. Sin su amparo y bendición, este sueño no habría sido posible.

A mi querida abuelita Ramona Escoto, mi dulce *Monchita*. Aunque ya no estes físicamente, siento tu amor en cada logro y tu voz alentándome a no rendirme. Esta meta cumplida es también tuya, porque a ti te prometí que llegaría hasta aquí, y hoy lo he logrado.

A mi mejor amigo, Gustavo Navarrete, que partió de este mundo en 2019 después de luchar con valentía contra el cáncer. Tu amistad marco mi vida y tu recuerdo me impulso a cumplir la promesa que te hice. Hoy te honro con este triunfo, sabiendo que, desde donde estés, celebras conmigo.

A mis padres, ejemplo de amor, sacrificio y entrega. Gracias por cada esfuerzo, por cada consejo y por enseñarme que la educación es el mejor regalo que podría recibir. Este logro es fruto de su dedicación y del inmenso amor que han brindado siempre.

Fernanda Gabriela García Soza.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida. Por iluminar mi camino en los momentos de duda y por concederme las fuerzas necesarias para superar cada desafío.

A mis amados padres, José Nefthalí Jirón Castilla y Jeilin del Carmen González Lazo, por su amor incondicional, sacrificio y ejemplo de perseverancia. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y por apoyarme en cada paso de este largo recorrido.

A mi esposa, Estefanía Raquel Solano Tardancilla, por su comprensión paciencia y por ser mi mayor motivación. Su amor constante ha sido el impulso que me ha mantenido firme cuando las fuerzas parecían agotarse.

A mi abuela, Olivia del Carmen Castilla, quien me brindó su apoyo y amor durante los primeros años de mi carrera su cariño y fe en mi fueron el refugio que me ayudo a seguir adelante cuando más lo necesite.

A mi querida compañera de tesis, gran amiga y colega, Fernanda Gabriela García Soza, Por su entrega, apoyo y compañerismo. Juntos compartimos no solo el trabajo académico, sino también los sueños, las risas y los aprendizajes que hoy se convierten en recuerdos imborrables.

Y finalmente, a mis asesores de tesis por su guía, paciencia y dedicación. Sus orientaciones fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo, y su compromiso con la enseñanza deja una huella profunda en mi formación profesional.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte esencial de este logro.

Ángel Elías Jirón González

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen María, por la vida que han prestado, por la fortaleza que me han dado y por cada una de las bendiciones que han derramado sobre mí a lo largo de los años. Gracias por nunca soltarme de su mano, por guiarme con amor y por permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

A mis padres, Erlón García y Romy Soza, pilares de mi vida, cuyo amor incondicional ha sido la fuerza que me impulsa a seguir. Gracias por enseñarme que los sueños se conquistan con constancia, fe y corazón. A mi hermana Nahomy García, mi fiel compañera de vida, gracias por estar siempre a mi lado, por tus palabras de aliento, tu paciencia y cariño inagotable.

A mi novio Franco Santamaria, quien compartió conmigo no solo el camino académico como colega, sino también en la vida como pareja. Gracias por tu amor, tu apoyo mutuo, tus palabras de ánimo en los días difíciles y por compartir conmigo cada alegría y cada meta alcanzada.

A mis cuatro fieles perritos, por acompañarme en las noches de desvelo, por consolarme en mis momentos de frustración y por llenarme de amor incondicional en los días de alegría. Su compañía ha sido un bálsamo para mi corazón.

A mis familiares cercanos por estar presentes desde mis primeros años de estudios hasta mi último día como estudiante universitaria. Gracias por acompañarme, animarme y creer en mí en cada etapa de este camino.

A Ángel Elías Jirón, por su valiosa amistad y el compañerismo que me brindó a lo largo de nuestra etapa universitaria y en la elaboración de esta tesis. Gracias por compartir esfuerzos, risas y aprendizajes, por ofrecer siempre tu apoyo y por hacer de este una experiencia más amena y enriquecedora.

A mis asesores, por su tiempo, su paciencia y por compartir conmigo sus conocimientos con dedicación y compromiso. Su guía ha sido fundamental para culminar este trabajo y convertirlo en un logro compartido.

Fernanda Gabriela García Soza

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
SUMMARY	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivo Específico	3
III. Marco de referencia	4
3.1 Aspectos generales	4
3.1 Bosque Seco	4
3.2 Bosque Seco de Nicaragua	4
3.3 Bosque de Galería	4
3.4 Dominancia	5
3.5 Índice de Jaccard	5
3.6 Biodiversidad	5
3.7 Diversidad Funcional	5
3.7.1 Rasgos funcionales	6
Dispersión	6
• Anemócora	6
• Zoocora	6
• Autocora	6
Fenología Foliar	7
Una clasificación de la fenología foliar es la siguiente:	7
• Caducifolio	7
• Perennifolio	7

• Semicaducifolio	7
3.7.2 Grupos Funcionales	7
3.8 Estudios previos de la composición florística en las fincas evaluadas	8
Núcleo de Nandaime (Pérez y Matamoros, 2022)	8
Fustal	9
Latizal	9
Brinzal	9
Núcleo de Chinandega (Montoya y Callejas, 2023)	9
Núcleo del Sauce departamento de León (González, 2023)	10
3.9 Estudios realizados sobre grupos funcionales	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1. Ubicación del área de estudio	12
4.2. Descripción de los sitios en estudio	13
4.3. Procedimiento de la investigación	14
4.3.1. Fase de planificación y organización	14
4.3.2. Fase de análisis del inventario	15
4.3.2.1. Determinación de los rasgos funcionales	15
4.3.3 Propuesta de medidas de conservación	17
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
5.1.1 Análisis de la forma de dispersión en los 3 núcleos	18
5.1.2 Análisis de la fenología foliar en los 3 núcleos	19
5.1.3 Análisis del agente polinizador en los 3 núcleos	21
5.1.4 Análisis los gremios ecológicos de las especies arbóreas en los 3 núcleos	22
5.2 Determinación y diversidad de los grupos funcionales	24
5.3 Propuestas de conservación de acuerdo al análisis de la diversidad funcional	35
VI. CONCLUSIONES	37
VII. RECOMENDACIONES	38
VIII. LITERATURA CITADA	39
IX. ANEXOS	42

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Cuadro 1. Distribución de parcelas en las fincas en los diferentes departamentos de la empresa EQUIFOREST, S.A.	12
2.	Cuadro 2. Características Biofísicas de las Áreas de Estudio	13
3.	Cuadro 3. Definición y valores de los rasgos utilizados para las especies forestales en las 9 fincas en estudio	15
4.	Cuadro 4. Propuesta de matriz de estrategias para la conservación de especies en los Bosques de Alto Valor de Conservación	17
5.	Cuadro 5. Clasificación de los rasgos funcionales y sus respectivas características ecológicas utilizadas para la determinación de los grupos funcionales arbóreos.	25
6.	Cuadro 6. Medidas de protección y conservación de las especies de acuerdo al análisis de grupo funcionales	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Figura 1. Forma y tamaño de la parcela establecido por la empresa EQUIFOREST en el año 2019	15
2.	Forma de dispersión. A: Chinandega; B: Forma de dispersión Nandaime; C: Forma de dispersión El Sauce	18
3.	Fenología foliar A: Chinandega; B: Fenología Nandaime; C: Fenología El Sauce	20
4.	Agente Polinizador: A: Chinandega; B: Agente Plonizador Nandaime; C: Agente Polinizador El Sauce	21
5.	Gremios Ecológicos; A: Chinandega; B: Gremio Ecológico Nandaime; C: Gremio Ecológico El Sauce	23
6.	Figura 6. Gráfico de conglomerados para los grupos funcionales del núcleo de Chinandega	26
7.	Figura 7. Gráfico de conglomerados para los grupos funcionales del núcleo de El Sauce	29
8.	Figura 8. Gráfico de conglomerados para los grupos funcionales del Núcleo de Nandaime	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Anexo 1. base de datos de rasgos funcionales de las especies forestales evaluadas	43
2.	Anexo 2. Base de datos utilizados para clasificación de los rasgos funcionales de las especies forestales	44
3.	Anexo 3. Base de datos Chinandega	45
4.	Anexo 4. Base de datos Nandaime (Primera Parte)	46
5.	Anexo 5. Base de datos Nandaime (Segunda parte)	47
6.	Anexo 6. Base de datos El Sauce (Primera Parte)	48
7.	Anexo 7. Base de datos El Sauce (Segunda Parte)	49

## RESUMEN

Jirón González, Á. E. y García Soza, F. G. (2026). Análisis de la diversidad funcional en bosques de alto valor de conservación en nueve fincas ubicadas en los municipios de Nandaime, El Viejo y El Sauce de la empresa EQUIFOREST, 2023. La presente investigación tuvo como objetivo analizar la diversidad funcional de los bosques de alto valor de conservación (BAVC) localizados en nueve fincas de la empresa EQUIFOREST, distribuidas en los municipios de Nandaime, El Viejo y El Sauce, Nicaragua. El estudio se desarrolló a partir de la información proveniente de inventarios forestales realizados en 2019 y 2021 en 42 parcelas permanentes de muestreo de  $20 \times 50$  m. Para la caracterización funcional de las especies arbóreas se evaluaron cuatro rasgos funcionales: forma de dispersión, fenología foliar, agente polinizador y gremio ecológico. La identificación de los grupos funcionales se realizó mediante análisis de conglomerados utilizando el índice de similitud de Jaccard y el software PAST versión 4.03. Los resultados evidenciaron un patrón funcional similar entre los tres núcleos evaluados. La zoocoria fue la principal forma de dispersión, la fenología caducifolia presentó la mayor representación, la zoofilia predominó como mecanismo de polinización y las especies heliófitas constituyeron el gremio ecológico más abundante. Estos resultados reflejan la importancia de las interacciones bióticas y de las estrategias adaptativas propias de los bosques secos tropicales para el mantenimiento de los procesos ecológicos y la regeneración natural. El análisis de conglomerados permitió identificar 46 grupos funcionales distribuidos entre los tres núcleos de estudio, observándose tanto grupos con alta redundancia funcional como grupos monoespecíficos. La presencia de grupos funcionales únicos resalta la importancia de determinadas especies para el mantenimiento de la diversidad funcional, mientras que la redundancia funcional observada en otros grupos aporta estabilidad y resiliencia al ecosistema. Se concluye que la conservación de estos bosques debe orientarse a la protección de las especies funcionalmente singulares, el mantenimiento de las interacciones ecológicas y la implementación de estrategias de manejo basadas en los rasgos funcionales identificados.

**Palabras clave:** diversidad funcional, bosque seco tropical, grupos funcionales, rasgos funcionales, conservación, índice de Jaccard.

## SUMMARY

Jirón González, Á. E. and García Soza, F. G. (2026). Analysis of functional diversity in high conservation value forests on nine farms located in the municipalities of Nandaime, El Viejo, and El Sauce belonging to the company EQUIFOREST, 2023. This research aimed to analyze the functional diversity of high conservation value forests (HCVFs) located on nine farms belonging to the company EQUIFOREST, distributed across the municipalities of Nandaime, El Viejo, and El Sauce, Nicaragua. The study was based on information from forest inventories conducted in 2019 and 2021 in 42 permanent sampling plots measuring  $20 \times 50$  m. For the functional characterization of the tree species, four functional traits were evaluated: dispersal method, leaf phenology, pollinating agent, and ecological guild. Functional groups were identified using cluster analysis with the Jaccard similarity index and PAST software version 4.03. The results showed a similar functional pattern among the three evaluated areas. Zoochory was the main form of dispersal, deciduous phenology was the most represented, zoophily predominated as the pollination mechanism, and heliophytic species constituted the most abundant ecological guild. These results reflect the importance of biotic interactions and adaptive strategies characteristic of tropical dry forests for maintaining ecological processes and natural regeneration. Cluster analysis identified 46 functional groups distributed among the three study areas, including both groups with high functional redundancy and monospecific groups. The presence of unique functional groups highlights the importance of certain species for maintaining functional diversity, while the functional redundancy observed in other groups contributes to the stability and resilience of the ecosystem. It is concluded that the conservation of these forests should focus on protecting functionally unique species, maintaining ecological interactions, and implementing management strategies based on identified functional traits.

**Keywords:** functional diversity, tropical dry forest, functional groups, functional traits, conservation, Jaccard index

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques secos tropicales son ecosistemas frágiles y con muy poca resiliencia y resistentes. A través de la historia han sido sometidos a muchas perturbaciones naturales e intervenciones humanas que han afectado su diversidad florística, estructura y funcionamiento. Por lo que la mayoría de ellos estén en un estado de conservación muy bajo y degradación bien alto (Murphy y Lugo, 1995).

Este es el caso del bosque seco tropical de Nicaragua porque es allí donde se concentra la mayor parte de la población del país. Como resultado, allí hay altos niveles de extracción comercial de leña y madera, que además de causar la pérdida de hábitat se han incrementado la islamización de sus partes constituyentes y de los organismos que lo habitan. (Narváez, 2012)

El estudio de los grupos Funcionales de Plantas representa un enfoque importante y complementario que surgió ante la necesidad de diagnosticar y predecir el funcionamiento de los ecosistemas como respuesta a los inminentes cambios a escala global directamente asociados con el efecto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas (Casanoves et al., 2011).

Por lo antes mencionado, la conservación de este tipo de bosque es de mucha importancia, por lo que, la empresa EQUIFOREST, ha venido desarrollando una serie de trabajo de investigaciones en conjunto con la Universidad Nacional Agraria (UNA) y tiene como meta el estudio de los bosques situados en 9 fincas distribuidas en los departamentos de Chinandega (El Viejo), León (El sauce), Granada (Nandaime), los cuales han sido certificado por el Consejo de Administración Forestal (FSC), como bosques de alto valor de conservación, dado a esto se pretende definir los remanentes de bosques naturales y tierras ociosas de vocación forestal, para fines de conservación y garantizar la protección de la biodiversidad. (EQUIFOREST 2019).

La empresa EQUIFOREST en el año 2018 llevó a cabo un estudio sobre la riqueza y diversidad de especies vegetales y fauna silvestre en las 20 fincas donde posee plantaciones a fin de determinar el estado actual de la vegetación y de la fauna silvestre y que dieran pautas para su manejo. En el año 2021 la empresa EQUIFOREST en conjunto con la UNA llevó a cabo otro estudio para determinar qué cambios han experimentado los bosques de estas fincas en términos

de composición florística, diversidad y estructura determinando el impacto de algunas actividades de manejo implementadas.

Esta información será de gran utilidad para concretar las características que nos conlleven al análisis de la diversidad funcional a fin de que se tenga una investigación más detallada sobre el peso ecológico en términos de las funciones que desempeñan las diferentes especies arbóreas en las nueve fincas bajo estudio.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Caracterizar la diversidad funcional de bosques de alto valor de conservación en nueve fincas en los municipios de Nandaime, el Sauce y Chinandega de la empresa EQUIFORETS, 2024

### **2.2. Objetivo Específico**

- Describir la composición de los diferentes rasgos funcionales definidos en cada uno de los núcleos.
- Determinar los grupos y diversidad funcional en los Bosques de Alto Valor de Conservación en los 3 núcleos de la empresa EQUIFOREST.
- Elaborar propuestas de conservación de acuerdo al análisis de la diversidad funcional

### **III. Marco de referencia**

#### **3.1 Aspectos generales**

##### **3.1 Bosque Seco**

“Los bosques tropicales secos son ecosistemas forestales que van de densos a ralos, son xerófitos en gran proporción; en la época seca no tiene follaje, presentan uno o dos pisos, son relativamente pobres en su composición florística; están localizados en la región ecológica I, con una época seca de 5 a 7 meses y con una precipitación anual de aproximadamente de 700 - 1 000 mm” (Lampecht, 1990 citado por Perla y Torrez, 2008).

##### **3.2 Bosque Seco de Nicaragua**

“En el caso particular de Nicaragua, los bosques tropicales secos se encuentran en su mayoría en la zona del Pacífico con elevaciones por debajo de los 500 m.s.n.m. con una marcada estación seca de seis meses, la temperatura oscila anualmente de 25 a 30 °C; la precipitación anual varía entre los 700 mm y los 1 500 mm” (Filomeno, 1996 citado por Perla y Torrez, 2008).

“Durante la época de lluvia ocurre con frecuencia un periodo seco corto que puede ser desde una semana hasta un mes de duración. La precipitación es variable de un año a otro (con un rango hasta de 30 %), tanto en intensidad, como en distribución” (Muluanda y Araquistain, 2002 citado por Perla y Torrez, 2008).

##### **3.3 Bosque de Galería**

“El bosque de galería se define como un bosque localizado a lo largo de ríos sobre sedimentos depositados por actividad de estos” (Tercero y Urrutia, 1994 citado por Perla y Torrez, 2008).

“Estos bosques también son conocidos como bosques ribereños, se conoce como grupo general entre los bosques azonales, con un régimen hídrico espacial. Se define como formación forestal cercana a las riberas, limitada a la zona de agua freática accesible a la raíz” (Lampecht, 1990 citado por Perla y Torrez, 2008).

“Estos bosques dependen de la presencia permanente del agua en el terreno o en el sustrato donde flotan o emergen aprovechando la humedad de sus riveras para mantenerse siempre verdes” (Incer, 1973 citado por Perla y Torrez, 2008).

### **3.4 Dominancia**

“Es el grado de cobertura de las especies, como expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las expresiones de las áreas basales de los individuos sobre el suelo. La dominancia absoluta de una especie es definida como la suma de áreas basales individuales, expresadas en metros cuadrados, la dominancia relativa es la proporción de una especie sobre el área basal total evaluada” (Lampech, 1990 citado por Lau, 2020).

### **3.5 Índice de Jaccard**

Según Moreno (2001, como se citó en Jiron Armijo, s. f.), el índice de Jaccard expresa el grado en que dos muestras son semejantes en función de las especies presentes en cada una de ellas. Este índice permite estimar los cambios en la composición de especies entre distintos sitios y periodos de muestreo, posibilitando además asociar el grado de similitud observado con las diferencias en las condiciones ambientales predominantes.

### **3.6 Biodiversidad**

Se define la biodiversidad como “la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte” (La ONU, 1992 citado por González. 2017).

### **3.7 Diversidad Funcional**

Según (Chillo *et al.*, 2011) define la diversidad funcional (DF) como “la diversidad de especies que tienen efectos similares en los procesos de los ecosistemas” citado por González, 2017). O bien expresa (Díaz *et al.* 2007a) que “la diversidad funcional se define como el valor, rango, distribución y abundancia relativa de los caracteres funcionales de los organismos que constituyen un ecosistema” Citado por (Casanoves, 2011).

### 3.7.1 Rasgos funcionales

La definición de los rasgos funcionales es que “aquellos que influyen en las propiedades de los ecosistemas o aquellos que se refieren la respuesta de las especies a las condiciones ambientales” (Hooper *et al.*, 2005 citado por González, 2017).

Alguno de los rasgos funcionales puede ser:

#### **Dispersión**

“Se refiere a la acción de ubicar semillas y/o frutos a determinada distancia de la planta madre lo cual influye directamente en la distribución espacial de las especies” (F. Abraham de Noir1 *et al.*, 2002), el término diseminación se utiliza en distintos documentos científicos como sinónimo para la palabra dispersión.

Las formas de dispersión son las siguientes:

- **Anemócora**

“La anemócora es el mecanismo que predomina en especies pioneras, en especies de porte arbóreo, lianas y trepadoras y en arbustos de estratos bajos de bosques caducifolios” (Lindorf, 1985).

- **Zoocora**

El término zoocoria es utilizado para determinar la dispersión de semillas o frutos a través de mamíferos, “La endozoocoria representa una vía eficiente de dispersión en ambientes de bosques tropicales y subtropicales” (Colombo Speroni *et al.*, 2000 citado por F. Abraham de Noir1 *et al.*, 2002).

- **Autocora**

“La Autocoria es el mecanismo de dispersión relacionado únicamente a la planta madre, la que deja caer las semillas una vez maduras”(F. Abraham de Noir1 *et al.*, 2002).

## **Fenología Foliar**

“La fenología describe los cambios en el tiempo de las diferentes etapas del ciclo de vida de los organismos” (Aguirre et al. 2012 citado por Debora di Francescantonio *et al.*, 2020), “En el caso de las plantas, sincronizar las etapas fenológicas con el período del año más favorable para la expansión de hojas y el crecimiento les permite satisfacer sus requerimientos metabólicos y fisiológicos, así como también evitar posibles daños causados por las condiciones ambientales desfavorables, como las bajas temperaturas invernales o la falta de agua” (Badeck *et al.* 2004; Singh *et al.* 2017 citado por Debora di Francescantonio *et al.*, 2020).

**Una clasificación de la fenología foliar es la siguiente:**

- **Caducifolio**

El significado de la palabra caducifolio es “planta que tiene hojas caducas o caedizas, se refiere a los árboles o arbustos, cuyos árboles se desprenden durante la época más seca del año, quedan las ramas y el tallo totalmente desprovistos de follaje” (Treviño, 2024)

- **Perennifolio**

En botánica el término perennifolio tiene el significado de “árboles y arbustos que permanecen verde por su follaje todo el año, más sin embargo esto no significa que sus hojas nunca se caen, lo que ocurre es que las hojas mueren y se desprenden, ya otras se han desarrollado y así las plantas siempre tiene follaje verde” (Treviño, 2024).

- **Semicaducifolio**

Según Lamprecht (1990), señala que las especies semicaducifolias pierden parcialmente sus hojas durante períodos desfavorables como mecanismo de adaptación.

### **3.7.2 Grupos Funcionales**

“Los grupos funcionales de especies son grupos de organismos que polinizan, depredan, fijan nitrógeno, dispersan semillas, descomponen, formando suelo, modifican los flujos de agua, habilitan parches para la reorganización y contribuyen a la colonización de esos parches. La

persistencia de los grupos funcionales contribuye al desarrollo de los ecosistemas y de los servicios que ellos generan” (Folke *et al.*, 2004 citado por González, 2017).

### **3.8 Estudios previos de la composición florística en las fincas evaluadas**

En estudios realizados en 3 núcleos de la empresa EQUIFOREST en los municipios de Nandaime, Chinandega y El Sauce, se determinaron los atributos de alto valor de conservación de áreas de bosque que se encuentran en 9 fincas. La metodología consistió en realizar un muestreo al azar en las fincas perteneciente a cada núcleo bajo estudio, usando parcelas permanentes establecidas por la empresa EQUIFOREST en conjunto con la UNA repartiendo 15 parcelas para el núcleo de Nandaime, 14 parcelas para el núcleo de El Sauce y 13 parcelas para el núcleo de El Viejo - Chinandega totalizando 42 parcelas de muestreo con dimensión de 20 x 50 m. para la categoría de fustal y latizal a la vez se establecieron subparcelas de 5 x 5 m. para la categoría de brinzal.

Se analizó el primer criterio de Alto Valor de Conservación (AVC1. Diversidad de especie), esto permitió identificar el aporte de AVC y generar información para realizar una propuesta de acciones y monitoreo en las áreas boscosas

#### **Núcleo de Nandaime (Pérez y Matamoros, 2022)**

Dentro del núcleo de Nandaime se identificaron un total de 23 familias botánicas, de las cuales Fabaceae es la más representativa con un total de 10 especies, luego *Anacardiaceae* y *Malvaceae* con 4 especies identificadas. Se determinaron 46 especies de las cuales, las que tienen mayor densidad son *Anacardium excelsum* (52 árb/ha), *Cupania glabra* (22 árb/ha) y *Guazuma ulmifolia* (22 árb/ha). En el caso de especies que poseen muy pocos individuos por hectárea se encontraron *Cassia grandis*, *Platymiscium parviflorum*, *Tabebuia rosea*, *Dalbergia retusa*, *Cecropia peltata* con 2 árboles por hectárea, entre otras especies con densidades bajas. Estas especies indican de cierto modo, cuán alterado o conservado se encuentra el sitio.

Como resultado de los índices de diversidad por categoría de vegetación (Fustal, Latizal y Brinzal) se obtuvo lo siguiente:

**Fustal:**

Para la categoría de fustal, el valor más alto en términos de índices de diversidad lo obtuvo la finca Valle Menier, con valores de 3.41 para Shannon- Wiener y para Shannon ( $H'$  Máx) es de 5.09. En el caso de las otras dos fincas, Las Mercedes y Fátima, obtuvieron valores de 2.64 y 2.36 respectivamente, siendo considerados como una diversidad media teniendo la finca Fátima el valor más bajo.

**Latizal:**

Para la categoría de latizal, la finca Valle Menier reportó un índice de Shannon- Wiener de 3.18, lo que refleja una alta diversidad y una distribución más equitativa de los individuos en las especies. En el caso Las Mercedes y Fátima, el índice de Shannon-Wiener con un valor de 2.69 y 2.96 indica que se puede considerar una media diversidad, pues la proporción de individuos por cada una de las especies se encuentran bien distribuidas.

**Brinzal:**

En la categoría brinzal la finca Valle Menier reportó un valor del índice de Shannon-Wiener de 2.88 lo que se puede considerar como una diversidad media. En el caso Las Mercedes y Fátima, el índice de Shannon-Wiener con un valor de 2.07 y 2.27 respectivamente indica que se puede considerar una diversidad media, pues la proporción de individuos por cada una de las especies no se encuentran bien distribuidas.

**Núcleo de Chinandega (Montoya y Callejas, 2023)**

En el núcleo de Chinandega se determinó a través de análisis de abundancia y dominancia de las especies siguiente resultado del inventario de las 13 parcelas permanentes distribuidas en las tres fincas de la empresa EQUIFOREST, se muestrearon un total de 468 individuos en la categoría de desarrollo fustal y latizal alto, siendo para la finca argentina un total de 168, finca Las Delicias con 176 y finca Franco de 124 individuos en cada una.

Con los datos obtenidos en campo se analizaron las diferencias de diversidad presentes en las fincas Argentina, Las Delicias y Franco a través de los índices de Shannon- Winner y Simpson mediante el cual se pudo obtener la siguiente información:

La diversidad según el índice de Shannon Wiener fue mayor para la finca Las Delicias, esto debido a que esta finca presenta el mayor número de especies encontradas con un total de 41 especies y un total de 179 individuos, lo que sugiere una notable equitatividad en cuanto a la abundancia y riqueza de especies arbóreas, esto en comparación a las otras fincas evaluadas. Por otra parte, la finca argentina también muestra un índice de diversidad relativamente alto presentando el segundo lugar en cuanto a riqueza de especies; mientras el bosque de la finca Franco, registró la menor diversidad arbórea.

### **Núcleo del Sauce departamento de León (González, 2023)**

En este núcleo, se evaluó el estado actual de atributos de alto valor de conservación, a través de parámetros de estructura vertical y horizontal, se determinaron las especies que están en estado de conservación a la vez determinando la biomasa forestal y carbono almacenado por especie.

Dentro de este núcleo fueron evaluadas tres fincas pertenecientes al sauce, en la finca número uno (Rancho Liseth) se determinó la cantidad de 104 individuos, pertenecientes a 24 especies y 13 familias. Seguido de la finca número dos (El Pavón) con 186 individuos, 28 especies y 13 familias y la finca número tres (Olocoton) en la cual se registraron 609 individuos de 50 especies y 26 familias.

Cabe señalar que la finca con mayor valor en términos de área basal fue la finca número uno, con un valor de 24.453 m<sup>2</sup>/ha, también siendo la finca que presenta los valores más altos en términos de almacenamiento de carbono generando un margen positivo en servicios ambientales, existen evidencias donde indican que todas las fincas presentan especies de alto valor de conservación como; *Dalbergia retusa*, *ceiba pentandra*, *sideroxylon capiri*. Generando medidas para la conservación e incremento de este valor de conservación de estas áreas.

### **3.9 Estudios realizados sobre grupos funcionales**

Análisis de la diversidad funcional de un bosque secundario en el departamento de cordillera, Paraguay (Gonzalez, 2017)

El estudio antes mencionado se realizó en una finca en la compañía Pikysyry, Departamento de Cordillera. Los objetivos de la investigación fueron analizar la diversidad funcional de un

bosque secundario del Departamento de Cordillera, describir rasgos funcionales de las especies del bosque secundario en estudio, estimar la diversidad taxonómica y la diversidad funcional del bosque secundario y comparar las diferencias existentes entre dos estadios sucesionales de un bosque secundario en cuanto a diversidad taxonómica y grupos funcionales.

La metodología ejecutada en la investigación fue la siguiente, Se instalaron 10 parcelas de 20 m x 50 m (5 en cada zona de sucesión secundaria) y se inventariaron todos los individuos con  $DAP \geq 5$  cm dentro de ellas, entre los meses de julio y agosto de 2017. Se determinaron las especies dominantes según el área basal por parcela y se construyó una base de datos de rasgos funcionales de respuestas: altura de la planta, forma de crecimiento, fenología foliar, presencia de espinas y modo de dispersión. Se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos para la determinación de los tipos funcionales de plantas y un análisis de correspondencias para la descripción de los tipos funcionales de plantas en el programa Infostat Profesional.

La Autora registró un total de 72 especies, de las cuales 44 fueron dominantes. Se formaron 6 tipos funcionales de plantas con los rasgos funcionales seleccionados, de los cuales forma de crecimiento, fenología foliar y modo de dispersión fueron los que ayudaron a diferenciar los tipos. Existió una proporción equitativa entre especies con síndrome de dispersión anemocoria y zoocoria, lo que señala necesidad de dispersores para asegurar el éxito reproductivo de tales especies. Existió variación de la conformación de varios tipos funcionales de plantas entre las dos zonas de sucesión secundaria. La conformación de los tipos funcionales indica que para conservar el ecosistema se debería mantener la funcionalidad de estos grupos.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del área de estudio

Las áreas de estudios están ubicadas en nueve fincas distribuidas en los departamentos de Chinandega municipio el Viejo, León Municipio el sauce y el departamento de Granada municipio de Nandaime. El estudio se realizó en 42 parcelas distribuidas en nueve fincas en total, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 1. Distribución de parcelas en las fincas en los diferentes departamentos de la empresa EQUIFOREST, S.A.

NÚCLEO	FINCA	Nº PARCELAS
Nandaime	Fátima	5
	Las Mercedes	5
	Valle Menier	5
El Sauce	Olocoton	9
	Rancho Liseth	2
	El Pavón	3
El viejo	Franco	3
	La Argentina	5
	Las Delicias	5
	TOTAL	42

## 4.2. Descripción de los sitios en estudio

En el cuadro 2 se presentan las características en términos de clima, precipitación y suelo de los 3 núcleos evaluados, siendo las 3 áreas con clima cálido, con precipitaciones típicas de zonas secas y suelos variables, lo que permite albergar diversidad de formas de vida en términos de flora silvestre.

Cuadro 2. Características Biofísicas de las Áreas de Estudio

Características	Nandaime	El Viejo	El Sauce
<b>Clima</b>	“El área de estudio es predominante el clima típico de la zona del pacífico, calida y muy seca, la temperatura oscila entre los 23 y 29 °C.” (Guido, 2004. Water y Noguera, 2001 citado por Obando y Oliva, 2011).	Según (Batancourt y Calderon, 2013) posee un clima tropical seco y cálido con lluvias aleatorias de verano.	De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificado “El Sauce presenta un clima caliente y sub-húmedo con <b>lluvia</b> en verano (AW1 y AW2), este clima predomina en toda la región del pacífico y en la mayor parte de la región norte”. (INETER, 2005 citado por Soza, 2021).
<b>Precipitación</b>	“La precipitación anual oscila entre 900 y 1 300 mm, con la época lluviosa entre mayo y octubre, caracterizándose por una buena distribución en todo el año. Citado por (Guido, 2004. Water y Noguera, 2001 citado por Obando y Oliva, 2011).	De acuerdo con (Batancourt y Calderon, 2013) la precipitación varía desde un mínimo de 500 mm hasta un máximo de 2,000 mm.	“Se caracteriza por presentar una estación seca (noviembre a abril) y otra lluviosa (mayo a octubre). La precipitación varía desde un mínimo de 600 mm en los valles intramontanos de la región norte, hasta un máximo de 2,000 mm al este del municipio de Chinandega” (INETER, 2005 citado por Soza, 2021)
<b>Suelo</b>	“Los suelos de este lugar son de textura arcillosa, presentando diferentes coloraciones que van de rojizo claro a un tono más oscuro, en los lugares más cercanos a los rios se	En general son suelos derivados de ceniza volcánica, porosos, bien estructurados, con alta afinidad por la materia orgánica. Estos suelos varían en la profundidad efectiva, limitados por talpetate o lava consolidada.	“En el sauce Departamento de Leon se han identificado al menos cuatro órdenes de suelos que se extienden ampliamente en la cuenca, los cuales son:

---

<p>tornan de un tono negro hasta un tono gris claro, en las lomas y partes altas toman la coloración blanquecina con presencia de gravas con un Ph variable, predominando el ligeramente ácido” (Guido, 2004. Water y Noguera, 2001 citado por Obando y Oliva, 2011).</p>	<p>La profundidad del suelo varía, Molisoles, Alfisoles, presentando suelos muy Entisoles y Vertisoles.” superficiales más cerca del (INETER <i>et. al.</i>, 2015 volcán y profundos a mayor citado por Soza, 2021) distancia. Son suelos muy susceptibles a erosión y se observa gran acumulación de suelo erosionado en los cauces de las quebradas y canales. (Gauggel, <i>et. al.</i>, 2008)</p>
---	--

---

### **4.3. Procedimiento de la investigación**

Para lograr concretar los resultados el estudio se ha dividido en 3 fases con el fin de trabajar de manera organizada. Las fases realizadas son: Fase de planificación y organización y Fase de análisis de los resultados.

#### **4.3.1. Fase de planificación y organización**

##### **4.3.1.1. Obtención de las bases de datos**

El presente estudio se basa principalmente en analizar las bases de datos de inventarios forestales que fueron realizados en dos momentos los cuales fueron establecidos en el año 2019 y 2021. Los resultados provienen de parcelas permanentes de muestreo establecidas en 2019 por OPERA, S.A, las cuales tuvieron una dimensión de 20 m x 50 m equivalente a 1,000 m<sup>2</sup> (Figura 1).

Bajo un acuerdo firmado entre EQUIFOREST y la Universidad Nacional Agraria, estas parcelas fueron remedidas en el año 2021, siendo los datos recolectados para otras tres tesis de investigación en el marco de evaluación de atributos de bosques de alto valor de conservación (BAVC) dentro de este convenio, por lo que EQUIFOREST facilitó la base de datos del año 2019 y así mismos compañeros que realizaron las investigaciones en BAVC facilitaron las bases de datos del año 2021 para lograr la comparación entre los años 2019 y 2021.

En ambos estudios se midieron variables dasométrica (diámetro normal y altura) procediendo a realizar un ordenamiento en cada base de datos que fue facilitada, para poder realizar los cálculos necesarios que permitan un análisis claro para este estudio.

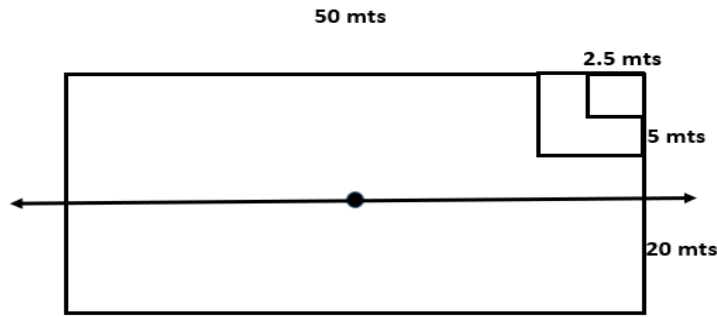


Figura 1. Forma y tamaño de la parcela establecido por la empresa EQUIFOREST en el año 2019

### 4.3.2. Fase de análisis del inventario

En esta fase del estudio se procesaron y examinan los datos obtenidos buscando concretar los rasgos funcionales.

#### 4.3.2.1. Determinación de los rasgos funcionales

Los estudios de rasgos funcionales son los que pueden responder preguntas en diferentes niveles de orden biológico. Los rasgos funcionales son características que las especies arbóreas obtiene, cuya variación repercute en el éxito individual. Estos se determinaron de acuerdo con la siguiente clasificación (cuadro 3).

Cuadro 3. Definición y valores de los rasgos utilizados para las especies forestales en las 9 fincas en estudio

Rasgo funcional	Definición y justificación	Valor
Forma de dispersión	Es muy importante analizar los tipos de forma de dispersión, ya que permite determinar de qué manera se dispersa cada especie forestal, a la vez nos referimos a la acción de ubicar semillas o frutos a determinada distancia de la planta madre, lo cual influye en la distribución espacial de cada especie según sus características fenotípicas de cada fruto teniendo un ciclo con el ecosistema y la diversidad de especies de fauna silvestre.	Anemócora Zoócora Autócora
Fenología Foliar	La utilidad de este rasgo destaca en el caso de las plantas, sincronizar las etapas fenológicas con el periodo del año más favorable para la expansión de hojas y el crecimiento les permite satisfacer sus requerimientos metabólicos y fisiológicos, así como también evitar posibles daños causados por las condiciones ambientales desfavorable, como bajas temperaturas invernales o la falta de agua.	Caducifolio Perennifolio Semicaducifolio

Agente Polinizador	Es muy significativo el conocimiento de las formas de polinización, para entender la importancia de los polinizadores en la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad dentro de un determinado ecosistema.	Anemofilia Zoofila Barofila
Gremio Ecológico	Permite entender la dinámica de los bosques naturales y predecir el proceso del bosque según el tipo de ecosistema que enfrentamos, esto enriquece el conocimiento forestal para poder determinar grupos de especies que explotan los mismos recursos ambientales de manera similar.	Heliófitas Esciófita Generalista

### **Análisis de los rasgos funcionales**

Se emplearon gráficos de pastel que permitiera visualizar de forma clara la proporción de especies que presentan cada uno de los rasgos funcionales definidos, siendo esto una herramienta clave en la interpretación de los resultados en términos ecológicos y funcionales. Se utilizó el software Microsoft Excel 365.

#### **4.3.2.2. Determinación de los grupos y la diversidad funcional**

Para la clasificación de las especies en grupos funcionales, se empleó el análisis de conglomerados, una técnica estadística multivariante que permite agrupar las especies forestales en función de la similitud de sus rasgos funcionales. El objetivo principal es maximizar la homogeneidad interna de cada grupo (conglomerado) y, simultáneamente, asegurar la mayor diferenciación posible entre ellos.

Este procedimiento facilita la simplificación de la diversidad biológica en unidades funcionales discretas, permitiendo identificar patrones de respuesta y efecto de las especies dentro de los bosques de alto valor de conservación de la empresa EQUIFORETS. De acuerdo con Villarreal et al. (2013), esta técnica es clave para entender la estructura de las comunidades, ya que permite organizar un conjunto de datos (en este caso, especies y rasgos) en grupos significativos que comparten características ecológicas comunes.

Para realizar este análisis se empleó el software PAST (PAleontological STatistics), versión 4.03, utilizando el índice de Jaccard como medida de similaridad y determinar los grupos funcionales.

## Índice de Jaccard

Según Moreno (2001), como se citó en Jiron Armijo,(s. f.), el índice de Jaccard expresa el grado en que dos muestras son semejantes en función de las especies presentes en cada una de ellas. Este índice permite estimar los cambios en la composición de especies entre distintos sitios y periodos de muestreo, posibilitando además asociar el grado de similitud observado con las diferencias en las condiciones ambientales predominantes.

El índice de Jaccard se calcula mediante la siguiente expresión matemática según (Moreno, 2001, como se citó en Jiron Armijo, s. f.):

$$I_J = \frac{c}{a + b + c}$$

Donde:

- a = número de especies presentes en sitio A
- b = número de especies presentes en el sitio B
- c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Con este índice se procedió a realizar el dendrograma que permitió hacer la delimitación de los diferentes grupos funcionales de acuerdo al grado de similaridad entre estos. Se definió un punto de corte en el dendrograma de más del 60 % de similaridad para definir cada grupo.

### 4.3.3 Propuesta de medidas de conservación

Para generar las propuestas de conservación basado en el análisis de la diversidad funcional, se utilizó una matriz que incluye el nombre de la estrategia, el objetivo, el indicador que permitirá su monitoreo, los insumos necesarios para su implementación, el plazo de ejecución y el núcleo donde se implementará esta estrategia.

Cuadro 4. Propuesta de matriz de estrategias para la conservación de especies en los Bosques de Alto Valor de Conservación

<b>Estrategia</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Insumos necesarios</b>	<b>Plazo de ejecución</b>	<b>de Núcleo</b>

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Composición de los rasgos funcionales

#### 5.1.1 Análisis de la forma de dispersión en los 3 núcleos

La Figura 2 muestra la distribución de las formas de dispersión de las especies registradas en los tres núcleos de estudio (A, B y C). En los tres casos, la zoocoria constituye el principal mecanismo de dispersión, representando el 65 % en el núcleo A y 64 % en los núcleos B y C, lo que evidencia un claro predominio de especies que dependen de los animales para el transporte de sus semillas o frutos. Este resultado resalta la importancia de la fauna como agente dispersor y como elemento fundamental para el mantenimiento de la diversidad vegetal y los procesos de regeneración natural del bosque.

Según Howe y Smallwood (1982), la dispersión por animales favorece el establecimiento de las plantas en sitios adecuados para su germinación y crecimiento, contribuyendo a la dinámica y estructura de las comunidades vegetales.

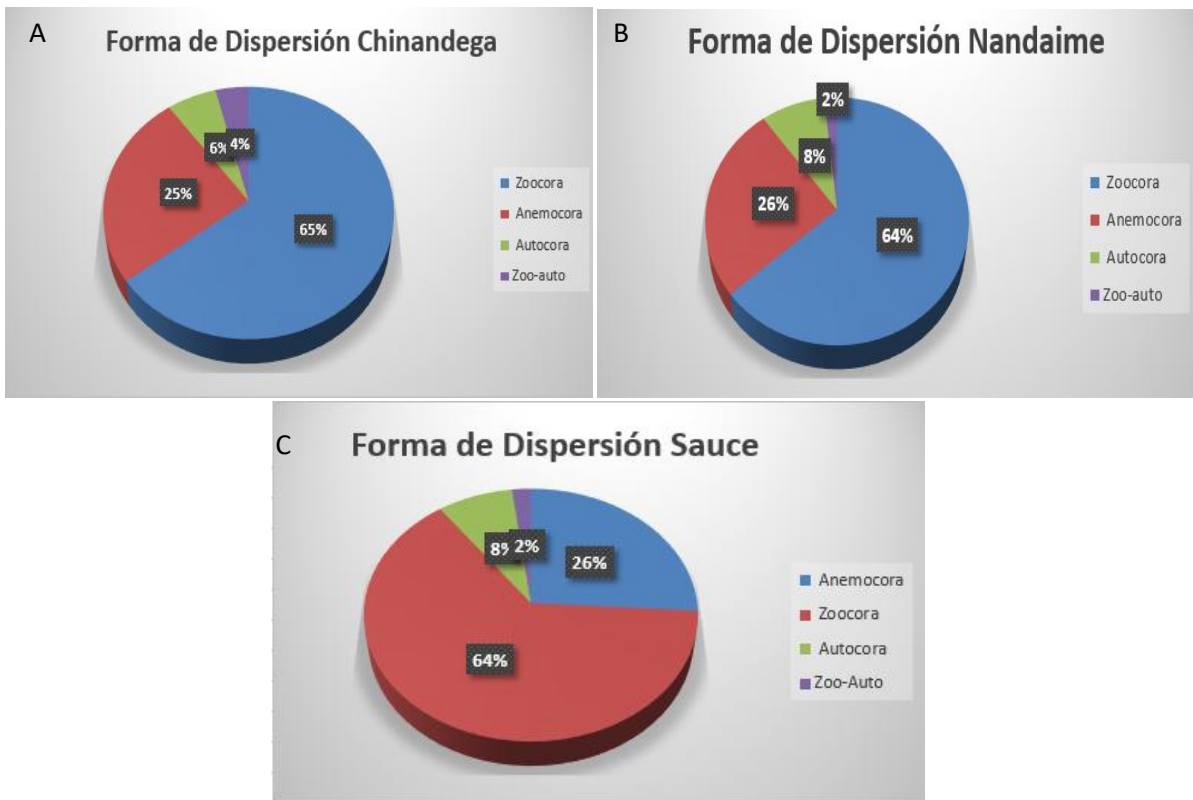


Figura 2. Forma de dispersión. A: Chinandega; B: Forma de dispersión Nandaime; C: Forma de dispersión El Sauce

La segunda forma de dispersión más representativa fue la anemocoria (dispersión por viento), con valores de 25 % en el núcleo A y 26 % en los núcleos B y C. Este mecanismo permite que las semillas sean transportadas a grandes distancias mediante las corrientes de aire, favoreciendo la colonización de nuevos espacios y la conectividad entre poblaciones vegetales. De acuerdo con Nathan y Muller-Landau (2000), la dispersión anemócora desempeña un papel importante en la expansión de las especies y en la recuperación de áreas perturbadas, por lo que esta forma de dispersión es clave dentro del equilibrio y regeneración de los ecosistemas de alto valor de conservación, así como para la llegada de especies pioneras después de un disturbio, permitiendo una recuperación más efectiva.

Por otra parte, la autocoria presentó una menor representación, con 6 % en el núcleo A y 8 % en los núcleos B y C, mientras que la zoo-autocoria fue la categoría menos frecuente, alcanzando 4 % en el núcleo A y 2 % en los núcleos B y C. La baja proporción de estas estrategias indica que pocas especies dependen exclusivamente de mecanismos propios de dispersión o de estrategias combinadas para la propagación de sus semillas.

En conjunto, los resultados indican que más del 60 % de las especies presentes en los tres núcleos dependen de la fauna para lograr una dispersión efectiva, lo que pone de manifiesto la estrecha relación entre la conservación de la biodiversidad vegetal y el mantenimiento de las comunidades animales dispersoras.

La dispersión de semillas constituye un proceso ecológico esencial en los bosques, ya que garantiza la regeneración natural, la distribución espacial de las especies y la permanencia de los ecosistemas a largo plazo. Como señalan Jordano et al. (2006), la dispersión es un mecanismo clave para la dinámica de los bosques, debido a que facilita el reclutamiento de nuevos individuos y contribuye a la conservación de la diversidad biológica.

### **5.1.2 Análisis de la fenología foliar en los 3 núcleos**

La fenología foliar constituye un rasgo ecológico fundamental en los bosques, ya que refleja las estrategias de las especies para responder a las condiciones ambientales y regula procesos como la productividad, el reciclaje de nutrientes y la disponibilidad de recursos para la fauna.

Asimismo, permite comprender la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas forestales frente a las variaciones climáticas (Murphy, 1986).

En la figura 3 se puede observar que en los tres núcleos de estudio predominó la fenología caducifolia, representando el 64 % de la riqueza en el núcleo A, el 57 % en el núcleo B y el 61 % en el núcleo C. Este patrón es característico de los bosques tropicales secos, donde la pérdida estacional de hojas constituye una adaptación para reducir el estrés hídrico durante la época seca. Además, la caída de hojas favorece el aporte de materia orgánica al suelo y contribuye al reciclaje de nutrientes, un proceso fundamental para la productividad y regeneración del ecosistema (Murphy, 1986)

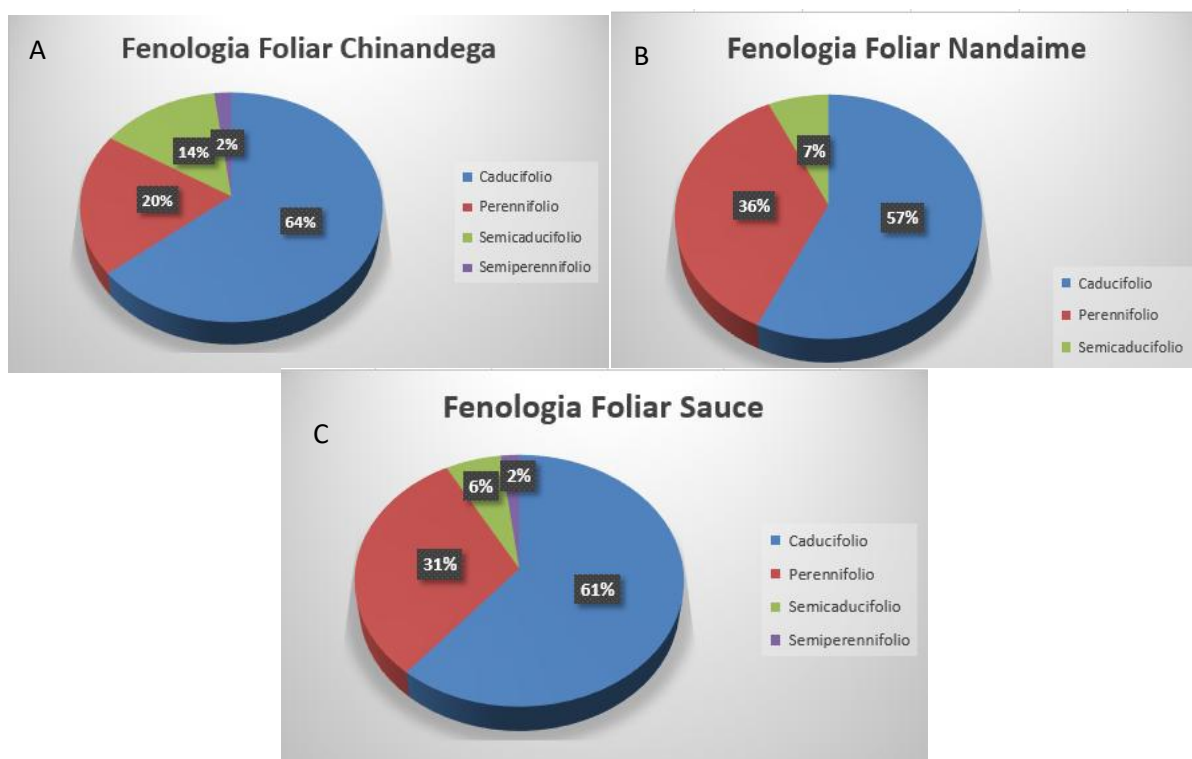


Figura 3. Fenología foliar A: Chinandega; B: Fenología Nandaime; C: Fenología El Sauce

La segunda categoría más importante correspondió a las especies perennifolias, con valores de 20 %, 36 % y 31 % en los núcleos A, B y C, respectivamente. La presencia de estas especies resulta clave para mantener la cobertura vegetal, la captura continua de carbono y la disponibilidad de recursos para la fauna durante todo el año. Entre las especies representativas

de las categorías caducifolia y perennifolia se encuentran *Manilkara zapota* (níspero) y *Brosimum alicastrum* (ojoche).

Las especies semicaducifolias y semiperennifolias presentaron una menor representación, con porcentajes que oscilaron entre 6 % y 14 %, y apenas un 2 %, respectivamente. No obstante, estas categorías aportan diversidad funcional al ecosistema al combinar estrategias de conservación de agua y mantenimiento parcial del follaje. En conjunto, la coexistencia de estos tipos fenológicos favorece la estabilidad ecológica del bosque, asegurando tanto el ciclaje de nutrientes como la disponibilidad continua de hábitat y recursos para la fauna, procesos esenciales para la dinámica y conservación de los ecosistemas forestales tropicales (Vitousek, 1986).

### 5.1.3 Análisis del agente polinizador en los 3 núcleos

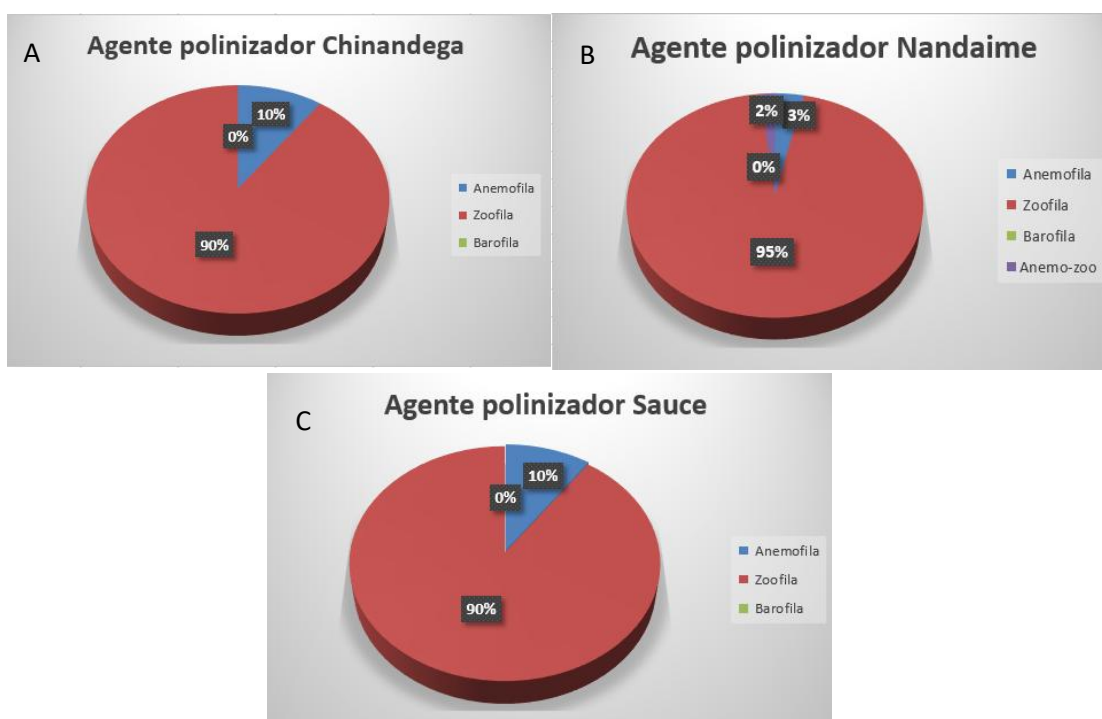


Figura 4. Agente Polinizador: A: Chinandega; B: Agente Plonizador Nandaime; C: Agente Polinizador El Sauce

La polinización es uno de los procesos ecológicos más importantes en los ecosistemas terrestres, debido a que asegura la reproducción de las plantas con flores y contribuye al mantenimiento de la diversidad biológica (Kevan, 1983).

En la figura 4 se puede observar que, los tres núcleos en estudio muestran un claro predominio de la polinización biótica o zoofila, la cual está representada por el 90% de las especies en el Núcleo A, el 95 % en el Núcleo B y el 90 % en el Núcleo C. Esta abrumadora dominancia coincide con lo señalado por Bawa (1990) y Frankie et al. (2004), quienes argumentan que en los bosques tropicales la gran mayoría de las especies arbóreas dependen estrictamente de vectores animales como insectos, aves y mamíferos para su éxito reproductivo.

En contraste, las alternativas abióticas tienen una presencia marginal; la polinización por el viento (anemofilia) solo alcanza un 10 % en los núcleos A y C, y un 3 % en el B, mientras que la polinización por gravedad (barofilia) es prácticamente poco representativa (2 % en el núcleo B), reafirmando que los factores climáticos directos no sustituyen el rol de la fauna local.

Esta estrecha dependencia biológica resalta la urgencia crítica de conservar y proteger estas áreas protegidas de forma integral. Como advierten Kremen et al. (2007), la pérdida de hábitat o la disminución de las poblaciones de fauna polinizadora debido a presiones antrópicas desataría una ruptura en las redes de interacción, comprometiendo de forma inmediata la regeneración natural del bosque y su diversidad genética. Por lo tanto, salvaguardar estos núcleos forestales no solo asegura la permanencia de la masa arbórea, sino que garantiza la supervivencia de las cadenas biológicas que sostienen la estabilidad ecológica y los servicios ambientales de la región.

#### **5.1.4 Análisis los gremios ecológicos de las especies arbóreas en los 3 núcleos**

Los gremios ecológicos corresponden a grupos de especies que utilizan un mismo recurso ambiental de forma similar, independientemente de su parentesco taxonómico. En los ecosistemas forestales, la disponibilidad de luz constituye uno de los principales factores que determinan el establecimiento, crecimiento y supervivencia de las especies vegetales, por lo que la clasificación en gremios ecológicos permite comprender las estrategias de regeneración y sucesión del bosque (Swaine, 1988).

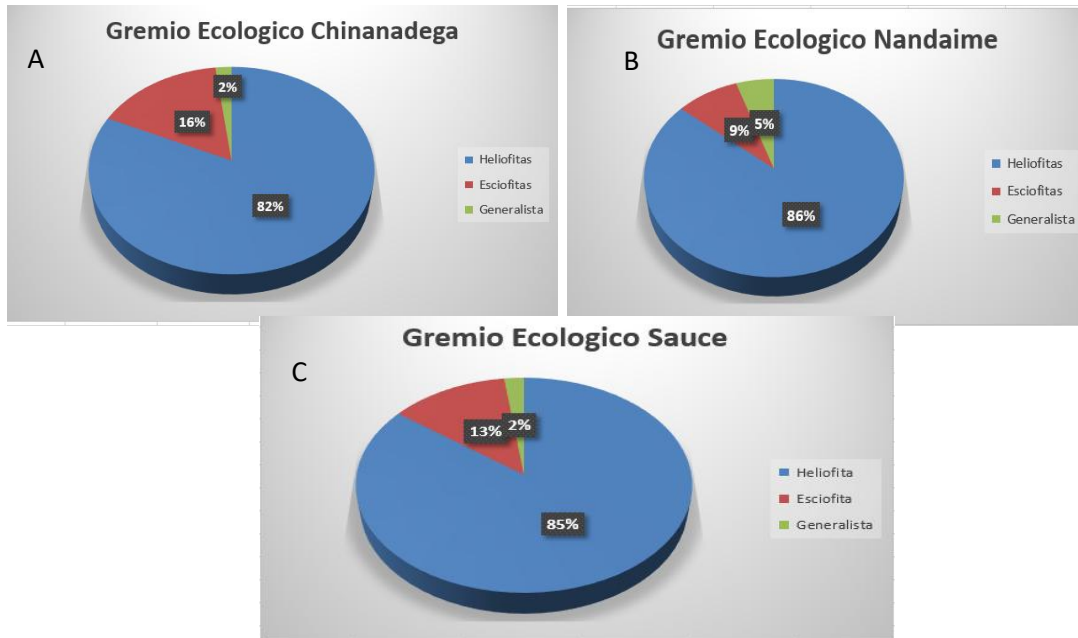


Figura 5. Gremios Ecológicos; A: Chinanadega; B: Gremio Ecológico Nandaime; C: Gremio Ecológico El Sauce

Para este estudio se utilizó la clasificación propuesta por Finegan (1996), la cual agrupa las especies según sus requerimientos de luz y estrategias de regeneración en categorías como pioneras de vida corta, pioneras de vida larga, especies intermedias y tolerantes a la sombra. Esta clasificación ha sido ampliamente utilizada en estudios de dinámica y sucesión de bosques tropicales debido a que refleja las respuestas de las especies a las perturbaciones y a los cambios en la disponibilidad de luz dentro del bosque.

En la figura 5 pueden observarse que los datos analizados demuestran un patrón uniforme en los tres sectores de estudio, caracterizado por una dominancia absoluta del gremio ecológico de las especies heliófitas (plantas de sol o pioneras), las cuales constituyen el 82 % en el Núcleo A, el 86 % en el Núcleo B y el 85 % en el Núcleo C. En una proporción menor se registran las especies esciófitas (tolerantes a la sombra), con valores que oscilan entre el 9 % y el 16 %, y las generalistas, que se mantienen en un rango marginal del 2 % al 5 %.

Ésta marcada hegemonía de las heliófitas coincide con lo documentado por Swaine y Whitmore (1988) y Guariguata y Ostertag (2001), quienes sostienen que la abundancia de especies demandantes de luz es un indicador clásico de bosques secundarios o áreas bajo regímenes de

perturbación (como claros de luz naturales o antrópicos), donde las condiciones del dosel abierto favorecen la colonización rápida de especies pioneras sobre las de estadios sucesionales tardíos.

Esta estructura comunitaria ofrece directrices fundamentales para el diseño de planes de manejo forestal y restauración ecológica. Dado que más del 80 % de la riqueza arbórea está adaptada a condiciones de alta radiación solar, los proyectos que busquen potenciar la regeneración natural deben priorizar técnicas que mantengan la apertura regulada del dosel, garantizando la entrada de luz necesaria para el reclutamiento de estas plántulas.

Por otro lado, si el objetivo es realizar un enriquecimiento forestal, la alta presencia de heliófitas sugiere la necesidad de introducir estratégicamente especies esciófitas o de maderas finas bajo el dosel existente (Chazdon, 2014). Esto permitiría acelerar la sucesión ecológica hacia un bosque maduro, imitando la dinámica natural y mejorando la complejidad estructural, la resiliencia y la biodiversidad a largo plazo en estos núcleos.

## **5.2 Determinación y diversidad de los grupos funcionales**

Con base a los rasgos funcionales descritos para las especies forestales que se encuentran presentes en los ecosistemas determinados en cada núcleo, como lo son Chinandega, León y Nandaime se obtuvieron tres gráficos de conglomerado uno para cada núcleo estudiado, en los cuales dentro de ellos varían entre 13 a 19 grupo funcionales, lo cual quiere decir que se aprecian especies que conforman grupos ya que comparten características funcionales; características que a la vez la diferencian de otras.

Para llevar a cabo estos gráficos de conglomerado y analizar la similitud de los rasgos se tomó en cuenta los siguiente: Forma de dispersión, Fenología Foliar, Agente Polinizador y Gremio Ecológico, en los cuales presentan cada uno características funcionales como:

Cuadro 5. Clasificación de los rasgos funcionales y sus respectivas características ecológicas utilizadas para la determinación de los grupos funcionales arbóreos.

Rasgos Funcionales	Característica Funcional
Forma de Dispersión	Anemócora
	Zoocora
	Autocora
	Zoo-Auto
Fenología Foliar	Caducifolio
	Perennifolio
	Semicaducifolio
	Semiperennifolio
Agente Polinizador	Anemofila
	Zoofila
	Barofila
	Anemo-Zoo
Gremio Ecológico	Heliofita
	Esciofita
	Generalista

### 5.2.1 Núcleo de Chinandega.

Se determinaron trece grupos funcionales para el núcleo Chinandega, esto puede verse reflejado en la figura 6. Para la determinación de los grupos funcionales en el núcleo de Chinandega, se puede observar que se estableció un punto de corte al 60 % de similaridad, es decir, a partir de este valor se delimitaron cada uno de los grupos, conformándose 13 grupos funcionales en total. Cabe destacar que, no se hizo a más o menos de este valor dado que un punto de corte por debajo del 60 % significaría un solo grupo funcional y lo que se busca es la mayor similaridad posible,

en tanto, un punto de corte superior al 60 % para este caso implicaría una cantidad muy alta de grupos, inclusive, casi quedarían solo especies individuales y no se tendría la lógica de grupos.

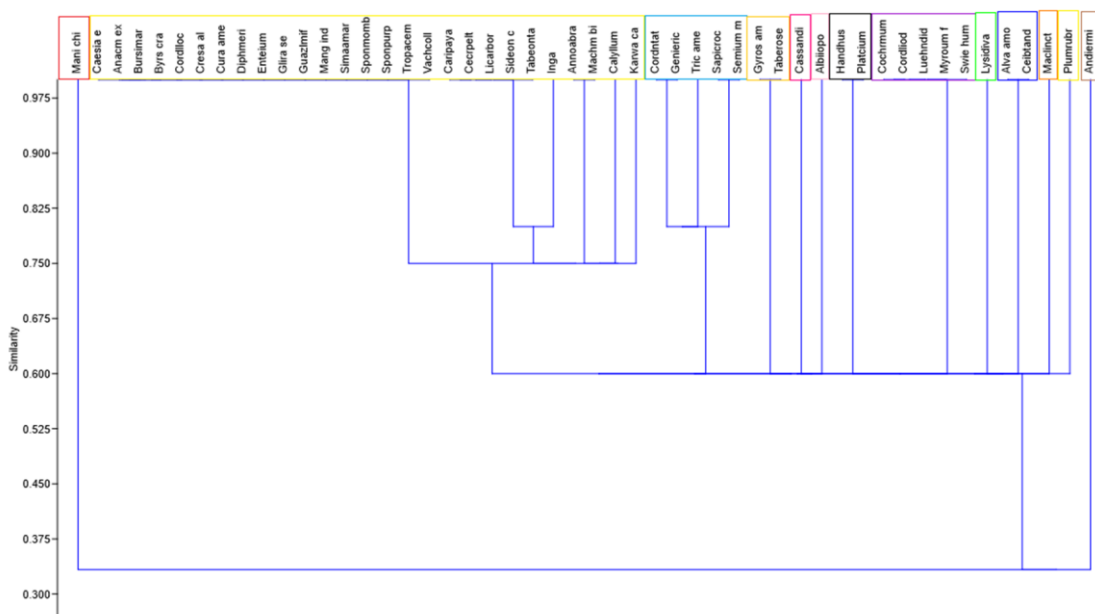


Figura 6. Gráfico de conglomerados para los grupos funcionales del núcleo de Chinandega. Dentro de los 13 (trece) grupos funcionales identificados se distinguen 7 (siete) grupos conformados por una única especie. Esta particularidad indica que dichas especies no comparten un grado significativo de similitud funcional con el resto de la comunidad, lo que las define como componentes clave para el funcionamiento del ecosistema estudiado.

La singularidad de sus características funcionales sugiere que cumplen roles ecológicos específicos e irremplazables; en consecuencia, su eventual desaparición podría ocasionar impactos negativos directos sobre la estructura y la dinámica del ecosistema forestal. Tomamos como ejemplo el primer grupo identificado (de izquierda a derecha en el dendrograma) está constituido exclusivamente por la especie *Manilkara chicle*. La información de este conglomerado individual evidencia una diferencia marcada en la composición y características ecológicas de esta especie con respecto al resto de la población forestal evaluada en el núcleo de Chinandega.

Los resultados del análisis de similitud indican que presenta menos de un 35 % de similitud en relación con los demás grupos funcionales conformados, lo que refleja la ausencia de características compartidas o atributos comunes con los restantes conglomerados. Esta condición sugiere que la especie posee rasgos ecológicos, funcionales distintivos, los cuales determinan su separación temprana en el proceso de agrupamiento.

Desde una perspectiva ecológica, la singularidad de *Manilkara chicle* dentro del ecosistema la posiciona como una especie clave o funcionalmente relevante, debido a que presenta rasgos funcionales como:

- Zoocora dentro del rasgo de forma de dispersión.
- Perennifolia dentro del rasgo fenología foliar.
- Zoofila dentro del rasgo de Agente Polinizador.
- Generalista dentro del rasgo de Gremio Ecológico.

Dicha especie realiza una contribución potencial al mantenimiento de procesos ecológicos esenciales, tales como la provisión de hábitat y la regulación de interacciones entre flora y fauna asociada. En este sentido, su presencia resulta determinante para la estabilidad, resiliencia y sostenibilidad del bosque en el núcleo de Chinandega.

Dentro del análisis de los grupos funcionales se identificaron seis agrupaciones que integran entre 2 y 27 especies. Entre estas resalta el grupo funcional ubicado en la segunda posición del dendrograma, ordenado de izquierda a derecha, el cual presentó la mayor riqueza específica en el núcleo forestal de chinandega, con un total de 27 especies. La elevada concentración de especies en este grupo evidencia una alta diversidad funcional, ya que las especies que lo conforman presentan casi un 100% de similitud en sus atributos funcionales.

Esta condición sugiere que dichas especies cumplen funciones similares dentro del ecosistema forestal, lo que las diferencia entre las especies agrupadas y otros grupos funcionales, las cuales desempeñan roles ecológicos distintos. En conjunto, estos resultados reflejan la estructura funcional del bosque y la importancia de este grupo en el mantenimiento de los procesos ecológicos y la estabilidad del ecosistema.

Analizando la perspectiva ecológica de estas especies, cabe mencionar que presentan una similitud alta debido a que todas contienen la mismas características funcionales dentro del ecosistema tales como:

- Zoocora dentro del rasgo de Forma de Dispersión.
- Caducifolio dentro del rasgo de Fenología Foliar.
- Zoofila dentro del rasgo de Agente Polinizador.
- Heliófita dentro del rasgo de Gremio Ecológico.

Esto evidencia que las especies que integran este grupo funcional cumplen un rol ecológico clave dentro del ecosistema forestal, al contribuir de manera directa a procesos ecológicos fundamentales, como la provisión de hábitat y refugio para la fauna silvestre, el aporte de recursos alimenticios y su alta capacidad de establecimiento y crecimiento en áreas con elevada exposición solar. Estas características funcionales favorecen la dinámica sucesional, la estabilidad estructural y la resiliencia del bosque, particularmente en zonas abiertas o sometidas a perturbaciones, donde estas especies actúan como componentes importantes en los procesos de regeneración natural y mantenimiento del ecosistema forestal.

### **5.2.2 Núcleo El Sauce**

Se determinaron 19 grupos funcionales en el núcleo de El Sauce, esto como resultado del procesamiento de datos y análisis de conglomerado (Figura 7). La interpretación del análisis de conglomerados mostrado en el gráfico se realizó mediante la definición de un umbral de corte del 65% en la escala de similaridad, con una explicación similar a la expuesta para el núcleo de Chinandega, a partir de este criterio se delimitaron 19 grupos funcionales. La estructura de estos grupos presenta diferencias en las especies que lo conforman, las cuales responden al nivel de afinidad funcional entre las especies presentes en el ecosistema forestal estudiado. Cada una se caracteriza por un conjunto particular de atributos funcionales, los cuales condicionan inclusión dentro de un grupo determinado, permitiendo identificar conjuntos de especies con funciones ecológicas semejantes y aportar a la comprensión de la organización funcional del bosque.

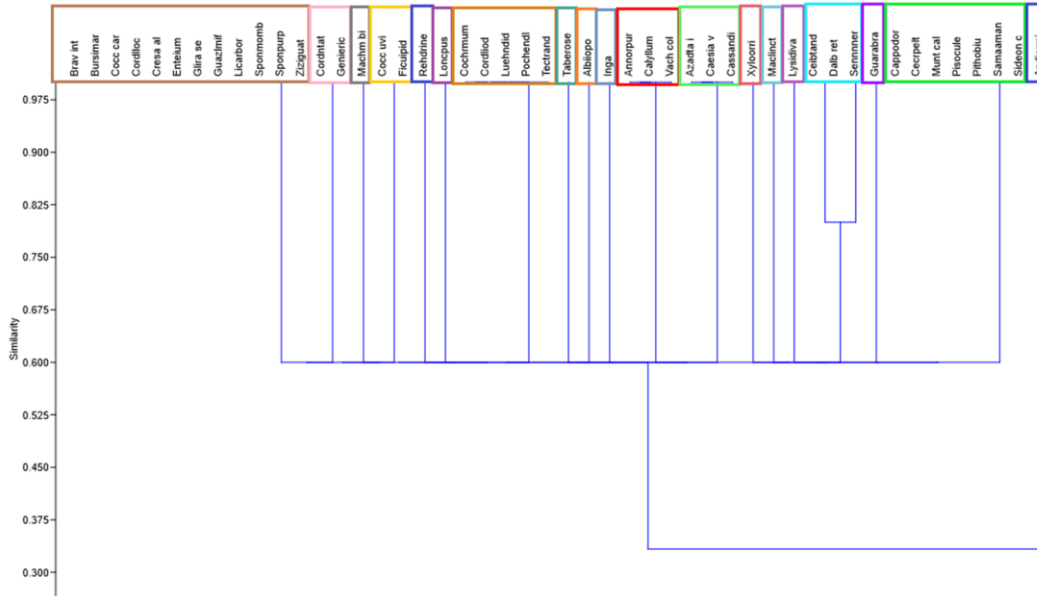


Figura 7. Gráfico de conglomerados para los grupos funcionales del núcleo de El Sauce

En el núcleo de El Sauce se identificaron 19 grupos funcionales, observándose una marcada predominancia de grupos mono-específicos, con un total de 11 grupos conformados por una sola especie. Esta estructura funcional refleja un ecosistema forestal caracterizado por una alta diferenciación de riesgos ecológicos, lo que evidencia la presencia de especies con funciones específicas y poco redundantes dentro del ecosistema (redundancia funcional).

Desde la perspectiva del manejo y la conservación forestal, esta baja similitud funcional entre las especies resalta la importancia de preservar estas unidades funcionales, ya que la pérdida de especies mono-específicas podría implicar una disminución significativa de funciones ecológicas clave y, por ende, afectar la estabilidad y resiliencia del bosque.

A modo de ejemplificación de los grupos funcionales mono-específicos identificados, se resalta el grupo 19, localizado en la última posición del dendrograma al realizar el conteo de izquierda a derecha. Dicho grupo está integrado exclusivamente por la especie *Andira inermis*, la cual presenta menos de un 35 % de similitud funcional en relación con el resto de la comunidad forestal analizada. Esta condición evidencia la marcada singularidad de sus atributos funcionales y su baja redundancia ecológica dentro del ecosistema. Desde la perspectiva del manejo forestal

y la conservación de los ecosistemas, la presencia de especies con funciones ecológicas no compartidas incrementa su valor estratégico, ya que su eventual pérdida podría conllevar a la desaparición de procesos ecológicos específicos, En este sentido, *Andira inermis* cumple un rol funcional diferenciado y de alta relevancia, lo que justifica la priorización de acciones orientadas a su conservación y manejo sostenible dentro del ecosistema forestal evaluado.

Es importante resaltar que esta especie presenta características funcionales que aportan a las funciones ecológicas del bosque presente en el núcleo de El Sauce tales como:

- Autocora dentro del rasgo de Forma de Dispersión.
- Perennifolio dentro del rasgo de Fenología Foliar.
- Anemo-Zoo dentro del rasgo de Agente polinizador.
- Esciofita dentro del rasgo de Gremio ecológico.

Estos resultados permiten evidenciar la función ecológica desempeñada por la especie *Andira inermis*, la cual contribuye de manera significativa a los procesos de regeneración natural del bosque. Esta especie presenta mecanismos de dispersión autónomos, sin dependencia directa de agentes externos, lo que favorece a su establecimiento y permanencia dentro del ecosistema. Asimismo, su follaje persistentemente verde, su capacidad de desarrollarse bajo condiciones de sombra le confiere un papel estratégico dentro de las dinámicas sucesionales del ecosistema forestal, ya que favorece los procesos de regeneración natural en etapas intermedias y avanzadas del bosque.

Esta característica contribuye al mantenimiento de la cobertura forestal, al establecimiento de una estructura vegetal más compleja y a la continuidad de procesos ecológicos fundamentales, reforzando así la estabilidad y sostenibilidad del sistema forestal evaluado.

En contraste con los grupos funcionales monoespecíficos identificados, el análisis del gráfico de conglomerados permite reconocer la presencia del grupo funcional de mayor tamaño, el cual está conformado por 12 especies forestales, este grupo se caracteriza por presentar un casi un 100 % de similaridad funcional entre las especies que lo integran, lo que pone en evidencia una alta afinidad en sus rasgos ecológicos y una marcada redundancia funcional en comparación con los demás grupos identificados. Esta condición sugiere que dichas especies desempeñan funciones ecológicas similares dentro del ecosistema forestal, lo que puede contribuir a la

estabilidad del sistema al permitir la sustitución funcional ante la eventual pérdida de alguna de las especies que conforman este grupo.

Este grupo funcional dentro de este ecosistema realiza una función ecológica importante por lo cual presentamos sus características funcionales que se logran evidenciar dentro de este estudio:

- Zoocora dentro del rasgo de Forma de Dispersión.
- Caducifolio dentro del rasgo de Fenología Foliar.
- Zoofila dentro del rasgo de Agente Polinizador.
- Heliófita dentro del rasgo de Gremio ecológico.

Las 12 especies que conforman este grupo funcional desempeñan roles ecológicos altamente complementarios que contribuyen de manera significativa a la estabilidad y resiliencia del ecosistema forestal. La dispersión zoócora facilita la regeneración natural y la conectividad entre parches del bosque, mientras que la fenología caducifolia permite una sincronización eficiente con los ciclos estacionales, optimizando la captura de luz y la disponibilidad de agua.

La polinización zoófila asegura la reproducción sexual y la diversidad genética, elementos fundamentales para la persistencia de las poblaciones frente a perturbaciones ambientales. Asimismo, su condición de heliófita favorece la colonización de áreas con alta disponibilidad lumínica, aportando a la estructura vertical y a la heterogeneidad del dosel forestal. La combinación de estos rasgos funcionales, junto con la alta similitud entre las especies del grupo, genera redundancia funcional que refuerza la capacidad del ecosistema para mantener procesos ecológicos clave ante la pérdida o fluctuación de algunas especies. En este sentido, estas 12 especies representan un componente crítico para la sostenibilidad, manejo y conservación del bosque, garantizando la continuidad de funciones ecológicas esenciales y la resiliencia del sistema frente a cambios ambientales.

### **5.2.3 Núcleo Nandaime.**

En el núcleo de Nandaime se logró determinar 14 grupos funcionales presentes derivados del resultado del procesamiento de datos obtenido de las fincas que se presentan en dicho núcleo

(Figura 8). El análisis de conglomerado representado en el gráfico fue interpretado a partir del establecimiento de un punto de corte del 70% en la escala de similaridad, ubicada en el eje lateral izquierdo, lo que permitió identificar un total de 14 grupos funcionales.

La conformación de estos grupos muestra diferencias en la cantidad de especies que los integran, asociadas al nivel de similitud funcional existente entre las especies del ecosistema forestal analizado. Cada especie posee atributos funcionales particulares que determinan su agrupación dentro de un grupo específico, facilitando la identificación de conjuntos de especies con funciones ecológicas afines y aportando elementos clave para el entendimiento de la estructura y organización funcional del bosque.

En el análisis de conglomerados realizado en el núcleo de Nandaime, se identificaron ocho grupos funcionales monoespecíficos, cada uno conformado por una sola especie forestal. Estos grupos presentan menos de un 65 % de similaridad funcional entre sí y con los demás grupos, lo que evidencia la singularidad de los rasgos ecológicos de cada especie dentro del ecosistema. Esta característica refleja un alto grado de especialización funcional, subrayando la importancia de estas especies como componentes únicos del bosque, cuya preservación resulta fundamental para mantener la diversidad funcional y la estabilidad ecológica del sistema forestal.

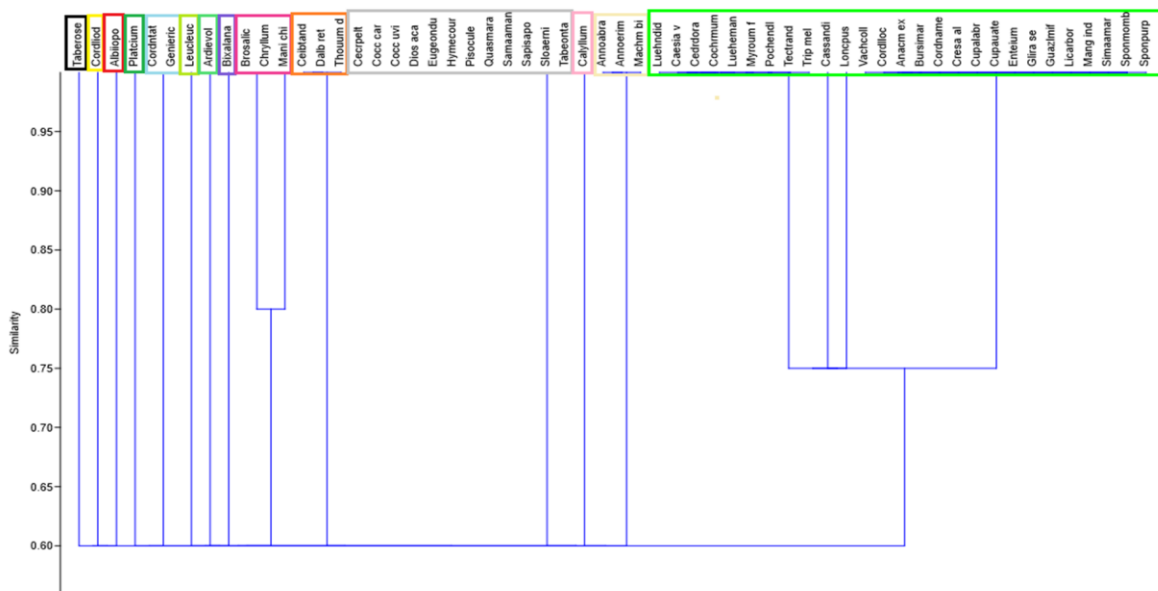


Figura 8. Gráfico de conglomerados para los grupos funcionales del Núcleo de Nandaime

Como ejemplo de los grupos funcionales monoespecíficos identificados en el núcleo de Nandaime, se destaca el primer grupo, ubicado en la posición primera de izquierda a derecha del dendrograma. Este grupo está conformado exclusivamente por la especie *Tabebuia rosea*, la cual presenta menos de un 65 % de similaridad funcional respecto al resto de las especies evaluadas, de acuerdo con sus características funcionales.

Esta particularidad indica que *T. rosea* posee atributos ecológicos únicos dentro del ecosistema, lo que resalta su relevancia para los procesos de regeneración, estructura y funcionamiento del bosque.

Dicha especie presenta las siguientes características funcionales dentro del bosque presente en el núcleo de Nandaime:

- Anemocora dentro del rasgo de forma de dispersión
- Caducifolio en el rasgo de Fenología Foliar.
- Anemo-Zoo en el rasgo de Agente Polinizador.
- Heliófita dentro del rasgo de Gremio Ecológico.

La especie *Tabebuia rosea*, integrante del grupo funcional monoespecífico del núcleo de Nandaime, presenta dispersión anemocora, lo que indica que sus semillas son transportadas principalmente por el viento, favoreciendo la colonización de espacios abiertos dentro del bosque. Su fenología foliar caducifolia refleja una adaptación a la estacionalidad climática, optimizando el uso de recursos como la luz y el agua en períodos de crecimiento activo.

En cuanto a su polinización, se clasifica como anemo-zoo, combinando la acción del viento y de organismos animales para garantizar la reproducción sexual y la diversidad genética. Desde el punto de vista del gremio ecológico, *T. rosea* es heliófita, mostrando preferencia por condiciones de alta disponibilidad lumínica, característica que le permite establecerse en claros del dosel y contribuir a la heterogeneidad estructural del bosque. La combinación de estos rasgos funcionales evidencia la singularidad ecológica de la especie y su relevancia para los procesos de regeneración, estructura y sostenibilidad del ecosistema forestal, subrayando la necesidad de priorizar su conservación dentro del manejo del bosque.

Al analizar los grupos funcionales del dendrograma, se observa que, de los 14 grupos identificados, seis están compuestos por más de una especie forestal, con una conformación que varía entre 2 y 27 especies por grupo. Destaca especialmente el grupo de mayor tamaño, integrado por 27 especies forestales, el cual presenta casi un 100 % de similaridad funcional entre sus miembros.

Esta alta afinidad funcional indica que las especies comparten rasgos ecológicos similares, lo que sugiere redundancia funcional dentro del ecosistema y un papel conjunto en el mantenimiento de procesos ecológicos clave. La presencia de estos grupos pluriespecíficos refuerza la estabilidad del sistema forestal, al permitir que la función ecológica se mantenga incluso ante la eventual pérdida de alguna especie, lo que constituye un factor crítico para la resiliencia y sostenibilidad del bosque.

Tomando como ejemplo una de las especie que integran este grupo funcional antes mencionado como lo es *Luehea candida*, está representada por las siguientes características funcionales:

- Anemocora dentro del rasgo de Forma de Dispersión.
- Caducifolio en el rasgo de Fenología Foliar.
- Zoofila en el rasgo de Agente Polinizador.
- Heliofita en el gremio Ecológico.

Las especies que conforman el grupo funcional más grande presentan dispersión anemocora, lo que les permite colonizar eficientemente espacios abiertos dentro del bosque mediante el transporte de semillas por el viento. Su fenología foliar caducifolia refleja una adaptación a la estacionalidad climática, optimizando la captación de recursos como la luz y el agua durante los períodos de crecimiento activo.

La polinización zoófila asegura la reproducción sexual mediante la interacción con fauna, promoviendo la diversidad genética y la persistencia de las poblaciones. Desde el punto de vista del gremio ecológico, estas especies se clasifican como heliófitas, mostrando preferencia por áreas con alta disponibilidad lumínica, lo que contribuye a la heterogeneidad estructural del dosel y a la dinámica de regeneración natural del bosque. La combinación de estos rasgos funcionales, junto con la alta similitud entre las especies del grupo, genera redundancia

funcional que refuerza la estabilidad y resiliencia del ecosistema, garantizando la continuidad de procesos ecológicos esenciales frente a perturbaciones ambientales.

### **5.3 Propuestas de conservación de acuerdo al análisis de la diversidad funcional**

Las estrategias propuestas (cuadro 6) se fundamentan en las características ecológicas identificadas a través del análisis de los grupos funcionales de las especies presentes en los tres núcleos de estudio. La conservación in situ constituye una medida prioritaria, ya que permite mantener los procesos ecológicos naturales, las relaciones entre especies y la dinámica de regeneración del bosque. Esta estrategia resulta especialmente relevante para las especies tolerantes a la sombra y aquellas dependientes de interacciones ecológicas específicas para su reproducción y dispersión, favoreciendo la conservación de la diversidad funcional y la estabilidad de los ecosistemas forestales (Lamprecht, 1990).

Por su parte, la propagación dirigida y el monitoreo fenológico representan herramientas complementarias para fortalecer la conservación de especies con importancia ecológica y funcional. La propagación de especies nativas favorece la restauración de áreas degradadas y contribuye al mantenimiento de la diversidad biológica (Guariguata, 2001), mientras que el monitoreo de eventos fenológicos como la floración y fructificación permite evaluar la respuesta de las especies a las variaciones ambientales y detectar posibles alteraciones en los procesos de regeneración natural (Murphy, 1986).

Asimismo, la protección de las interacciones ecológicas y la educación ambiental son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas forestales. La conservación de polinizadores y dispersores de semillas asegura la continuidad de procesos esenciales para la reproducción y permanencia de las especies vegetales (Bawa, 1990). Paralelamente, la educación ambiental promueve la participación activa de las comunidades en la protección de los recursos naturales, fortaleciendo el conocimiento sobre la importancia de los grupos funcionales y fomentando prácticas que contribuyan a la conservación y manejo sostenible de los bosques (Casanoves, 2011).

Cuadro 6. Medidas de protección y conservación de las especies de acuerdo al análisis de grupo funcionales

<b>Estrategia</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Insumos necesarios</b>	<b>Plazo de ejecución</b>	<b>de Núcleo</b>		
<b>Conservación in situ</b>	Proteger poblaciones naturales y mantener diversidad funcional.	Áreas de bosque conservadas y sin perturbaciones.	Señalización, personal de vigilancia, mapas de áreas sensibles.	Corto – Mediano plazo	El Viejo, Sauce, Nandaime		El
<b>Propagación dirigida</b>	Incrementar regeneración y disponibilidad de especies clave.	la Número de plántulas y producidas en vivero y establecidas en campo.	de Infraestructura de vivero, semillas, y sustrato, herramientas.	Mediano plazo	El Viejo, Sauce, Nandaime		El
<b>Monitoreo fenológico</b>	Registrar patrones de floración, fructificación y regeneración para evaluar salud ecológica.	Registros mensuales de fenología por especie.	de Formatos de registro, personal técnico, GPS, cámaras.	Continuo	El Viejo, Sauce, Nandaime		El
<b>Protección de interacciones ecológicas</b>	Conservar polinizadores y dispersores que sustentan zoocoria y zoofilia.	Aumento o estabilidad en presencia de fauna clave.	o Cámaras trampa, corredores biológicos, capacitación.	Mediano – Largo plazo	El Viejo, Sauce, Nandaime		El
<b>Educación ambiental</b>	Sensibilizar a comunidades y trabajadores sobre la importancia de los BAVC.	Talleres impartidos y participación comunitaria.	Material educativo, facilitadores, apoyo logístico.	Corto plazo (con seguimiento continuo)	El Viejo, Sauce, Nandaime		El

## VI. CONCLUSIONES

La diversidad funcional de los Bosques de Alto Valor de Conservación de los núcleos de Chinandega, El Sauce y Nandaime evidencia una comunidad arbórea dominada por especies dependientes de interacciones biológicas para su reproducción y regeneración, destacándose la dispersión zoócora, la polinización zoófila y la presencia predominante de especies caducifolias y heliófitas. Esto demuestra que la conservación de la fauna asociada y de las condiciones ecológicas propias del bosque seco resulta fundamental para garantizar la continuidad de los procesos ecológicos que sostienen estos ecosistemas.

La conformación de entre 13 y 19 grupos funcionales en los tres núcleos estudiados refleja una importante heterogeneidad ecológica y una combinación de especies con funciones complementarias y redundantes. La presencia simultánea de grupos con alta riqueza de especies y grupos monoespecíficos indica que los bosques poseen tanto mecanismos de resiliencia ecológica, mediante la redundancia funcional, como especies con funciones únicas cuya conservación es estratégica para mantener la estabilidad y funcionalidad del ecosistema.

Las especies que conforman grupos funcionales exclusivos o con baja similitud funcional representan componentes ecológicos de alta relevancia, debido a que desempeñan funciones que no pueden ser sustituidas fácilmente por otras especies. Por tanto, la pérdida de estos elementos podría generar alteraciones en procesos como la regeneración natural, la disponibilidad de recursos para la fauna y la dinámica sucesional de los bosques evaluados.

El análisis de la diversidad funcional permitió identificar criterios técnicos para orientar acciones de conservación y manejo sostenible en los Bosques de Alto Valor de Conservación de EQUIFOREST. Estrategias como la protección de hábitats, el fortalecimiento de la regeneración natural, la propagación de especies funcionalmente relevantes, el monitoreo fenológico y la conservación de polinizadores y dispersores contribuirán a mantener la integridad ecológica, la resiliencia y la provisión de servicios ecosistémicos de estos bosques a largo plazo.

## VII. RECOMENDACIONES

Implementar un sistema de monitoreo permanente de la diversidad funcional en los Bosques de Alto Valor de Conservación, utilizando las parcelas permanentes de muestreo ya establecidas, con el fin de evaluar los cambios en la composición de especies, grupos funcionales y procesos ecológicos a lo largo del tiempo.

Fortalecer las acciones de conservación de especies funcionalmente singulares, especialmente aquellas que conforman grupos monoespecíficos, debido a que cumplen funciones ecológicas específicas y su pérdida podría afectar la estabilidad, resiliencia y funcionamiento de los ecosistemas forestales.

Promover programas de restauración y enriquecimiento forestal con especies nativas de importancia funcional, priorizando aquellas que favorecen la regeneración natural, la provisión de alimento para la fauna, la polinización y la dispersión de semillas, contribuyendo así al mantenimiento de la diversidad funcional y de los servicios ecosistémicos.

Desarrollar estrategias de protección de la fauna polinizadora y dispersora de semillas, mediante la conservación de hábitats y corredores biológicos, considerando que una alta proporción de las especies arbóreas estudiadas depende de estas interacciones para garantizar su reproducción y permanencia en el ecosistema.

Incorporar los resultados de la diversidad funcional en los planes de manejo forestal de EQUIFOREST, de manera que las decisiones de conservación y aprovechamiento consideren no solo la diversidad de especies, sino también los roles ecológicos que estas desempeñan dentro del bosque.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Abraham de Noir, F., Bravo, S., & Abdala, R. (2002). Mecanismos de dispersión de algunas especies leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 9, 140–150.
- Aguirre, N. (s.f.). Estructura y dinámica del ecosistema forestal. Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad (CITIAB), Universidad Nacional de Loja. <https://nikolayaguirre.files.wordpress.com/2013/04/4-estructura-y-dinamica-de-bosques.pdf>
- Bawa, K. S. (1990). Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21(1), 399–422.
- Betancourt Medina, L. A., & Calderón Turcio, M. B. (2013). Evaluación del estado actual de los suelos en los municipios de Villanueva y Chinandega, en base a sus características físicas y químicas en el período comprendido entre junio del 2012-julio 2013 [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3260/1/225901.pdf>
- Casanoves, F., Pla, L., & Di Rienzo, J. (2011). Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. CATIE. [https://www.researchgate.net/publication/283466039\\_Valoracion\\_y\\_analisis\\_de\\_la\\_diversidad\\_funcional\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_los\\_servicios\\_ecosistemicos](https://www.researchgate.net/publication/283466039_Valoracion_y_analisis_de_la_diversidad_funcional_y_su_relacion_con_los_servicios_ecosistemicos)
- Chazdon, R. L. (2014). *Second growth: The promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press.
- De Gauggel, M. S. G. A., Castellanos, A. M. E., & Cruz, A. E. A. (2008). Calidad y manejo de suelos en la zona de Chinandega y León, Nicaragua. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENP30A683.pdf>
- Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(3), 119–124.
- Frankie, G. W. (2004). Decline in community of tropical bees associated with alterations in forest land use. *Biodiversity and Conservation*, 13(7), 1335–1348.
- Giacomotti Tuezta, J., & Reynel Rodríguez, C. (2018). Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque secundario tardío del valle de Chanchamayo, Perú. *Revista Forestal del Perú*, 33(1), 42–51. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1154>
- González Cabrera, J. M., & Pardo Tandazo, J. F. (2013). Dinámica poblacional del bosque nativo de la quinta experimental “El Pادمي”, de la Universidad Nacional de Loja [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5216/1/DIN%C3%81MICA%20P>

OBLACIONAL%20DEL%20BOSQUE%20NATIVO%20DE%20LA%20QUINTA%  
20EXPERIMENTAL.pdf

- GreenFacts. (s.f.). Bosque y recursos forestales. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/bosque-recursos-forestales.htm>
- Guariguata, M. R., & Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and species composition. *Forest Ecology and Management*, 148(1–3), 185–206.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201–228.
- Jirón Armijo, J. I. (2017). Análisis de la diversidad de la regeneración natural y su relación con variables biofísicas en la Reserva Silvestre Privada Quelantaro, Managua, 2015–2016 [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3626/1/tnk10j61.pdf>
- Jordano, P., Galetti, M., Pizo, M. A., & Silva, W. R. (2006). Ligando frugivoría y dispersión de semillas a la biodiversidad. En *Ecología y conservación de bosques neotropicales*.
- Kevan, P. G., & Baker, H. G. (1983). Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28, 407–453.
- Kremen, C., Williams, N. M., & Aizen, M. A. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299–314.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Lau Williams, W. L. (2020). Dinámica poblacional y crecimiento de especies arbóreas en el municipio de Diriamba, Carazo, en el período 2007–2015 [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria].
- Maluenda, J., Araquistain, R., Jensen, N., Nilsson, M., & Pérez, D. (2002). *Guía de especies forestales de Nicaragua*. Editora de Arte, S.A.
- Moreta Solís, A. M. (2018). Evaluación de la diversidad florística del bosque de la finca de la Universidad Central del Ecuador en Bellavista, isla Santa Cruz, Galápagos [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16264/1/T-UCE-0017-SGA-008.pdf>

- Mosqueira, E. (2014). Evaluación de la dinámica de un bosque semidecídulo de la región Madidi [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5607/T-2023.pdf>
- Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67–88.
- Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1995). Dry forests of Central America and the Caribbean. En S. H. Bullock, H. A. Mooney, & E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press.
- Narváez Espinoza, O. J. (2012). Dinámica de crecimiento, estructura y composición de la vegetación secundaria en trópico seco de Nandarola, Nicaragua [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria.
- Nathan, R., & Muller-Landau, H. C. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(7), 278–285.
- Obando Cornejo, R. E., & Olivas Bustos, E. D. (2011). Estudio de la dinámica poblacional de diez especies arbóreas en un bosque seco secundario en la comarca La Chipopa, Nandaime, Granada [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1157/1/tnk10o12.pdf>
- Perla Medrano, C. N., & Torrez Rugama, J. G. (2008). Caracterización de la vegetación forestal, usos y diversidad de especies de la vegetación forestal en la Reserva Privada Escameca Grande, San Juan del Sur, Rivas [Trabajo de diploma, Universidad Nacional Agraria]. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp01p451.pdf>
- Reyes, F., Alonzo, E., & Castro, G. (2021). *Manual de fórmulas forestales*. Universidad Nacional Agraria.
- Ruiz Herrera, M. L. (2012). Estudio florístico del estado actual del bosque ripario en la microcuenca El Coyote, Condega, Estelí [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria.
- Soza Ferrufino, E. E. (2021). Potencial hídrico y contaminación por arsénico con fines del manejo sostenible en la cuenca El Sauce, León [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
- Swaine, M. D., & Whitmore, T. C. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75(1–2), 81–86.
- Villarreal, J. E., & Moreno, C. E. (2013). *Manual de métodos para el análisis de la biodiversidad*. CYTED.
- Vitousek, P. M., & Sanford, R. L. (1986). Nutrient cycling in moist tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 137–167.

## IX. ANEXOS

### **BASES DE DATOS CON SUS AUTORES PARA CADA ESPECIE QUE SE ANALIZÓ SUS RASGOS FUNCIONALES**

La clasificación de los rasgos funcionales de las especies arbóreas evaluadas en los tres núcleos de estudio se realizó mediante la revisión y consulta de diferentes bases de datos botánicas especializadas, literatura científica y fichas técnicas de especies forestales. Estas fuentes permitieron asignar de manera confiable los rasgos correspondientes a forma de dispersión, fenología foliar, agente polinizador y gremio ecológico de cada especie analizada.

#### **Las principales fuentes consultadas fueron:**

Missouri Botanical Garden (Tropicos.org). Base de datos taxonómica utilizada para la verificación de nombres científicos, distribución geográfica y características ecológicas de las especies forestales.

Royal Botanic Gardens, Kew – Plants of the World Online (POWO). Utilizada para corroborar información taxonómica, hábitos de crecimiento y distribución de especies.

Base de Datos de Semillas y Ecología de Especies Tropicales (Seed Information Database – SID) del Royal Botanic Gardens, Kew. Empleada para determinar mecanismos de dispersión de semillas y frutos.

Catálogo de Plantas y Líquenes de Nicaragua (Stevens, Montiel y Pool, 2001). Utilizado para la validación de especies presentes en Nicaragua y consulta de características ecológicas.

Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). Árboles Tropicales de México. Manual de identificación de las principales especies forestales de Mesoamérica, utilizado para determinar fenología foliar, mecanismos de dispersión y aspectos ecológicos.

Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los Trópicos. Referencia utilizada para la clasificación de gremios ecológicos, requerimientos de luz y comportamiento sucesional de las especies forestales.

Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests. Utilizado para la clasificación de especies según gremios ecológicos y estrategias de regeneración.

Francis, J. K. (2000). Wildland Shrubs of the United States and Its Territories. Fuente complementaria para características reproductivas, polinización y dispersión de especies tropicales.

González (2017). Análisis de la diversidad funcional de un bosque secundario en el Departamento de Cordillera, Paraguay. Referencia metodológica para la selección y clasificación de rasgos funcionales.

La asignación de los rasgos funcionales para cada especie se realizó mediante la consulta cruzada de estas fuentes, priorizando la información reportada para especies presentes en bosques tropicales secos de Mesoamérica y Nicaragua. Cuando existieron diferencias entre fuentes, se seleccionó la información más consistente y respaldada por literatura científica especializada.

Anexo 1. base de datos de rasgos funcionales de las especies forestales evaluadas

<b>Especie</b>	<b>Dispersión</b>	<b>Fenología foliar</b>	<b>Agente polinizador</b>	<b>Gremio ecológico</b>	<b>Fuente bibliográfica</b>
Tabebuia rosea	Anemócora	Caducifolia	Anemo-zoo	Heliófito	Tropicos; Lamprecht (1990); Pennington y Sarukhán (2005)
Andira inermis	Autócora	Perennifolia	Anemo-zoo	Esciófito	POWO; Lamprecht (1990)
Manilkara chicle	Zoócora	Perennifolia	Zoófila	Generalista	Tropicos; Stevens et al. (2001)

La asignación de los rasgos funcionales para cada especie se realizó mediante la comparación y validación de la información disponible en estas fuentes, seleccionando aquella que presentaba mayor respaldo científico y correspondencia con las condiciones ecológicas de los bosques secos tropicales de Nicaragua. Esta metodología permitió garantizar la confiabilidad de la

clasificación funcional utilizada en el análisis de conglomerados y en la determinación de la diversidad funcional de los bosques de alto valor de conservación de la empresa EQUIFOREST.

Anexo 2. Base de datos utilizados para clasificación de los rasgos funcionales de las especies forestales

Rasgo funcional	Fuente principal
Forma de dispersión	Pennington y Sarukhán (2005), Tropicos, POWO
Fenología foliar	Lamprecht (1990), Francis (2000)
Agente polinizador	Francis (2000), literatura ecológica especializada
Gremio ecológico	Finegan (1996), Lamprecht (1990)
Validación taxonómica	Tropicos, Flora de Nicaragua, POWO

### Anexo 3. Base de datos Chinandega

Fincas	Nombre científico	Nº de Individuo	Forma de dispersión (Anemócora, Zoócora, Autócora)	Fenología foliar (Caducifolio, perennifolio, semicaducifolio)	Agente polinizador (Anemófila, zoófila, Barofila)	Gremio ecológico (heliofitas, esciofitas)
Las Delicias	Albizia niopoides	5	Autocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofitas
Argentina	Alvaradoa amorphoides	1	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Alvaradoa amorphoides	4	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Anacardium excelsum	9	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Anacardium excelsum	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Andira inermis	3	Autocora	Semicaducifolio	Anemofila	Esciofita
Argentina	Annona glabra	2	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Annona glabra	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Bursera simarouba	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Bursera simarouba	5	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Byrsonima crassifolia	7	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Caesalpinia eriostachys	4	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Calycophyllum candidissim	1	Autocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Calycophyllum candidissim	3	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Carica papaya	2	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Cassia grandis	1	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Cassia grandis	2	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Cecropia peltata	12	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Cecropia peltata	7	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Ceiba pentandra	2	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Cochlospermum vitifolium	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Cordia alliodora	4	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Cordia alliodora	11	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Cordia alliodora	23	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Cordia collococca	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Cordia dentata	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Delicias	Crescentia alata	7	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Curatella americana	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Diphysa americana	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Enterolobium cyclocarpum	6	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Enterolobium cyclocarpum	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Genipa americana	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Delicias	Genipa americana	6	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Franco	Gliresia septium	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Gliresia septium	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Guazuma ulmifolia	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Guazuma ulmifolia	10	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Guazuma ulmifolia	23	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Gyrocarpus americanus	3	Anemocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofitas
Argentina	Gyrocarpus americanus	2	Anemocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofitas
Franco	Handroanthus ochraceus	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Delicias	Handroanthus ochraceus	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Argentina	Inga vera	4	Autocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Karwinskia calderonii	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Karwinskia calderonii	3	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Karwinskia calderonii	4	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Licania arborea	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Franco	Luehea candida	9	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Luehea candida	11	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Luehea candida	5	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Lysiloma divaricatum	4	Anemocora	Semiperennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Lysiloma divaricatum	4	Anemocora	Semiperennifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Lysiloma divaricatum	12	Anemocora	Semiperennifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Machaerium biovulatum	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Machaerium biovulatum	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Machaerium biovulatum	2	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Maclura tinctoria	1	Zoocora	Perennifolio	Anemofila	Heliofitas
Las Delicias	Mangifera indica	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Manilkara chicle	1	Autocora; Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Generalista
Las Delicias	Myrospermum frutescens	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Platysmium parviflorum	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Delicias	Plumeria rubra	1	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Sapium macrocarpum	3	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Esciofitas
Argentina	Sapium macrocarpum	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Esciofitas
Franco	Semialarium mexicanum	3	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Esciofitas
Las Delicias	Sideroxylon capiri	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Simarouba amara	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Argentina	Spondias mombin	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Spondias mombin	4	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Spondias purpurea	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Franco	Swietenia humilis	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Swietenia humilis	3	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Tabebuia rosea	3	Anemocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofitas
Argentina	Tabernaemontana glabra	4	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Zo	Tabernaemontana glabra	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Trichilia americana	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Delicias	Trichilia americana	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Argentina	Trophis racemosa	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Las Delicias	Vachelia collinsii	8	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas
Argentina	Vachelia collinsii	9	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofitas

#### Anexo 4. Base de datos Nandaime (Primera Parte)

Finca	Nombre científico	Numero de Indivi	Forma de dispersión	Fenología Foliar (Cad	Agente polinizador (Anemófila, Z	Gremio ecológico (heliófit
Fatima	Albizia niopoides	19	Autocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofita
Las Mercedes	Albizia niopoides	1	Autocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofita
Las Mercedes	Anacardium excelsum	13	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Anacardium excelsum	26	Zoocora	Caducifolio	zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Annona cherimola	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Annona glabra	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Annona glabra	7	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Ardisia revoluta	3	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Esciofita
Las Mercedes	Bixa orellana	3	Autocora	Perennifolio	Zoofila	Esciofita
Las Mercedes	Brosimum alicastrum	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Generalista
Valle Menier	Brosimum alicastrum	2	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Generalista
Fatima	Bursera simaruoba	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Bursera simaruoba	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Caesalpinia velutina	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Calycophyllum candidissim	7	Autocora Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Calycophyllum candidissim	5	Autocora Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Cassia grandis	1	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Cecropia peltata	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Cedrela odorata	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Ceiba pentandra	5	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Chrysophyllum cainito	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Generalista
Las Mercedes	Coccoloba caracasana	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Coccoloba uvifera	6	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Coccoloba uvifera	2	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Cochlospermum vitifolium	38	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Cochlospermum vitifolium	6	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Cordia alliodora	2	Anemocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofita
Fatima	Cordia collococca	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Cordia collococca	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Cordia dentata	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Mercedes	Cordia dentata	11	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Valle Menier	Cordia dentata	6	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Las Mercedes	Cordia panamensis	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Crescentia alata	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Cupania glabra	11	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Cupania guatemalensis	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Dalbergia retusa	26	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Dalbergia retusa	1	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Diospyros acapulcensis	5	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Enterolobium cyclocarpum	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Enterolobium cyclocarpum	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Enterolobium cyclocarpum	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Eugenia hondurensis	2	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Esciofita
Fatima	Genipa americana	19	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Fatima	Gliricidia sepium	26	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Guazuma ulmifolia	51	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	Guazuma ulmifolia	41	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Guazuma ulmifolia	11	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Hymenaea courbaril	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Leucaena leucocephala	4	Autocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	Licania arborea	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	Lonchocarpus felipei	9	Anemocora	Caducifolio (GENERO)	Zoofila	Heliofita

## Anexo 5. Base de datos Nandaime (Segunda parte)

Valle Menier	<i>Lonchocarpus felipei</i>	4	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	1	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Luehea candida</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Luehea candida</i>	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Luehea seemannii</i>	16	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Luehea seemannii</i>	5	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Machaerium biovulatum</i>	1	Zoocora	Semicaducifolio	zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Mangifera indica</i>	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Mangifera indica</i>	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Manilkara chicle</i>	4	Autocora; Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Generalista
Fatima	<i>Myrospermum frutescens</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Pisonia aculeata</i>	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Pisonia aculeata</i>	3	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Platysmiscium parviflorum</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Valle Menier	<i>Platysmiscium parviflorum</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Fatima	<i>Pochota fendleri</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Quassia amara</i>	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Samanea saman</i>	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Samanea saman</i>	2	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Sapindus saponaria</i>	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Simaruba amara</i>	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Simaruba amara</i>	5	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Sloanea ternifolia</i>	6	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Spondias mombin</i>	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Spondias mombin</i>	10	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Spondias mombin</i>	5	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Spondias purpurea</i>	10	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Spondias purpurea</i>	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Spondias purpurea</i>	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Sterculia apetala</i>	3				
Valle Menier	<i>Tabebuia rosea</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Anemofila-zoofila	Heliofita
Fatima	<i>Tabernaemontana glabra</i>	3	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Tabernaemontana glabra</i>	4	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Tectona grandis</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Thouinidium decandrum</i>	4	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Trichilia martiana</i>	2	Zoocora		Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Triplaris melanodendron</i>	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Valle Menier	<i>Triplaris melanodendron</i>	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Las Mercedes	<i>Vachelia collinsii</i>	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita

## Anexo 6. Base de datos El Sauce (Primera Parte)

Finca	Nombre Científico	Código	Numero de individuos	Forma de dispersión	Fenología Floral	Agente polinizador	Gremio ecológico (heliófitas)
El Pavón	<i>Albizia niopoides</i>	Albiopo	6	Autocora	Caducifolio	Anemofila - Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Albizia niopoides</i>	Albiopo	27	Autocora	Caducifolio	Anemofila - Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Andira inermis</i>	Andiermi	4	Autocora	Perennifolio	Anemofila - Zoofila	Esciofita
Rancho Liseth	<i>Andira inermis</i>	Andiermi	8	Autocora	Perennifolio	Anemofila - Zoofila	Esciofita
Rancho Liseth	<i>Annona purpurea</i>	Annorpur	2	Autocora, Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Azadirachta indica</i>	Azadta i	1	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Bravaisia integerrima</i>	Brav int	43	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Bursera simaruba</i>	Bursimar	18	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Caesalpinia velutina</i>	Caesia v	11	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Calycophyllum candidissimu</i>	Calyllum	25	Autocora, Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Capparis odoratissima</i>	Cappodor	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Cassia grandis</i>	Cassandi	3	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Cassia grandis</i>	Cassandi	2	Autocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Cecropia peltata</i>	Cecrpelt	2	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceibband	3	Anemocora	perennifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceibband	2	Anemocora	perennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Coccoloba caracasana</i>	Cocc car	23	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Coccoloba caracasana</i>	Cocc car	4	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Coccoloba uvifera</i>	Cocc uvi	2	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Coccoloba uvifera</i>	Cocc uvi	7	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochrmum	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochrmum	5	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Cordia alliodora</i>	Cordliod	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Cordia alliodora</i>	Cordliod	2	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Cordia collococca</i>	Cordlloc	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Cordia dentata</i>	Cordntat	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Olocotón	<i>Cordia dentata</i>	Cordntat	6	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Rancho Liseth	<i>Cordia dentata</i>	Cordntat	8	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
El Pavón	<i>Crescentia alata</i>	Cresa al	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Crescentia alata</i>	Cresa al	4	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Dalbergia retusa</i>	Dalb ret	1	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Enteiium	4	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Enteiium	8	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Enteiium	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Ficus insipida</i>	Ficupid	16	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Ficus insipida</i>	Ficupid	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	<i>Genipa americana</i>	Genieric	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Olocotón	<i>Genipa americana</i>	Genieric	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Esciofita
Olocotón	<i>Glicicidia sepium</i>	Glira se	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Guarea glabra</i>	Guarabra	3	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Esciofita
El Pavón	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazlmif	26	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazlmif	76	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazlmif	10	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	<i>Inga vera</i>	Inga	2	Autocora, Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita

## Anexo 7. Base de datos El Sauce (Segunda Parte)

Rancho Liseth	Inga vera	Inga	4	Autocora, Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Licaria arborea	Licarbor	3	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	Licaria arborea	Licarbor	2	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Lonchocarpus minimiflorus	Loncpus	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Generalista
El Pavón	Luehea candida	Luehndid	3	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Luehea candida	Luehndid	47	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	Luehea candida	Luehndid	3	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Lysiloma divaricatum	Lysidiva	3	Anemocora	Semiperennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Lysiloma divaricatum	Lysidiva	4	Anemocora	Semiperennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Machaerium biovulatum	Machm bi	1	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Esciofita
Olocotón	Machaerium biovulatum	Machm bi	4	Zoocora	Semicaducifolio	Zoofila	Esciofita
Olocotón	Maclura tinctoria	Maclinct	1	Zoocora	Perennifolio	Anemofila	Heliofita
Olocotón	Muntingia calabura	Munt cal	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Pisonia aculeata	Pisocule	4	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Pithecellobium dulce	Pithobiu	8	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Pithecellobium dulce	Pithobiu	13	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	Pithecellobium dulce	Pithobiu	8	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Pochota fendleri	Pochendl	1	Anemocora	Caducifolio	zoofila	Heliofita
Olocotón	Rehdera trinervis	Rehdrine	3	Anemocora	Caducifolio	Anemofila	Heliofita
El Pavón	Samanea saman	Samaaman	4	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Samanea saman	Samaaman	13	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	Samanea saman	Samaaman	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Senna skinneri	Sennnner	1	Anemocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita-Esciofita
Olocotón	Sideroxylon capiri	Sideon c	1	Zoocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Spondias mombin	Sponmomb	4	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Spondias purpurea	Sponpurp	1	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Tabebuia rosea	Taberose	14	Anemocora	Caducifolio	Anemofila - Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	Tabebuia rosea	Taberose	1	Anemocora	Caducifolio	Anemofila - Zoofila	Heliofita
El Pavón	Tectona grandis	Tectrand	7	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Tectona grandis	Tectrand	1	Anemocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Vachellia collinsii	Vach col	4	Autocora, Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita
El Pavón	Xylosma horrida	Xyloorri	2	Autocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Xylosma horrida	Xyloorri	8	Autocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Rancho Liseth	Xylosma horrida	Xyloorri	1	Autocora	Perennifolio	Zoofila	Heliofita
Olocotón	Ziziphus guatemalensis	Ziziguat	5	Zoocora	Caducifolio	Zoofila	Heliofita