



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí, FAREM-Estelí

Estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación remanentes de bosque seco tropical en cuatro unidades hidrográficas de la zona norte de Nicaragua.

Trabajo monográfico para optar

al grado de

Ingeniero Ambiental

Autores

Br. Joasli Madaí Blandón Ortuño

Br. Steven José Bustillo Ramírez

Tutor

Oscar Rafael Lanuza Lanuza

Estelí, 15 de marzo 2022



“He peleado la buena batalla, he terminado la carrera,
me he mantenido en la fe.”
2 Timoteo 4:7

Dedicatoria

Br. Joasli Madaí Blandón Ortuño

A mi padre **José Blandón** y a mi madre, **Madaí Ortuño**, los mejores padres del mundo, porque me han sabido guiar en este largo camino de la vida, por siempre educarme, enseñarme los buenos valores, estar presentes cuando más los he necesitado, por sus regaños y consejos, pero más que todo por darme su amor incondicional y apoyo siempre, sin pedir ni esperar nada a cambio.

A mi hermana **Katiela Blandón** por apoyarme en todo este tiempo.

A mi tía **Antonia Blandón** por su cariño y paciencia, como si de una madre se tratase.

A mi hermano **Jonathan Báez** por su apoyo incondicional y sus consejos.

A mi hermano **Marcos Blandón** por sus consejos y apoyo.

A mis demás tíos por siempre aconsejarme y apoyarme en mi toma de decisiones, también por estar siempre pendiente de mí y demostrarme cuanto me quieren.

A mi familia por ser el pilar principal de mi educación, pero sobre todo porque nunca me abandonaron siempre estuvieron cerca para apoyarme en todos mis logros desde la primaria hasta la universidad.

A mis amigos porque siempre estuvieron pendientes y que han demostrado ser incondicionales y que no solo en las buenas se está, sino que en las malas también.

A mis compañeros porque siempre fuimos unidos y nos apoyábamos siempre que fuese necesario, por los buenos y malos momentos que pasamos durante todo este tiempo y que a pesar de las altas y bajas salimos adelante.

A cada uno de mis maestros que me impartieron clases en la universidad, sin ellos nada de esto sería posible, gracias por su amor y entrega en cada una de las materias impartidas y por sus explicaciones cuando no se comprendía un tema.

Por último, pero no menos importante a mí, por esforzarme todos estos años y no rendirme, por trabajar duro, porque nunca me di por vencido, porque siempre doy más de lo que recibo, pero sobre todo porque constantemente quiero ser mejor y mejorar cada día de mi vida, todo esto me ayudo a estar donde hoy estoy y decir que trabajando y luchando fuerte los sueños se vuelven realidad.

Br. Steven José Bustillo Ramírez

A Dios quien es quien nos guía por el camino del bien, a mi madre, **Amanda Briselva Ramirez** pues sin ella no lo había logrado, pues su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien, mi padre **Francisco Bustillo** quienes con tanto amor y esfuerzos han apoyado en todo momento, por la excelente educación que recibí por parte de ellos y así ser un hombre de bien, por haberme inculcado buenos valores, por los consejos que siempre seguiré y el cariño que han tenido.

A mi hermana **Julissa Bustillo** por siempre apoyarme y animarme a luchar por mis sueños.

A mi primo **Wilker Colindres** por su apoyo, los conocimientos que compartió conmigo y fueron de ayuda para mis estudios, así como los consejos que siempre seguiré.

A mi novia **Ingrid Videa** por su cariño y el gran apoyo incondicional que me ha brindado.

A mi hermana Wendoling **Bustillo** por su inmenso amor y oración para que todo me valla bien

A Doña **Estela Vallejos** por sus buenos deseos, por su inmenso cariño, haberme apoyado y por estar pendiente de mí.

A mi familia por el apoyo principal y haber estado siempre aun cuando las cosas se tronaban difíciles.

A mis amigos por el pollo que ellos me brindaron y el inmenso cariño que me han tenido.

A mis compañeros porque siempre fuimos unidos y nos apoyábamos siempre que fuese necesario, por los buenos y malos momentos que pasamos durante todo este tiempo y que a pesar de las altas y bajas salimos adelante.

A cada uno de mis maestros que me impartieron clases en la universidad, sin ellos nada de esto sería posible, gracias por su amor y entrega en cada una de las materias impartidas y por sus explicaciones cuando no se comprendía un tema.

Por último a mí ya que di todo de mí, esforzándome el máximo y dejando todo mi empeño en todos los trabajos que realicé, por nunca rendirme aun cuando el camino se tornaba difícil seguí luchando hasta lograrlo porque nada es imposible.

Agradecimiento

Agradecemos, primeramente, a **DIOS TODO PODEROSO**, por guiarnos por el buen camino, por permitirnos llegar hasta este momento, y por darnos la sabiduría e inteligencia para tomar las decisiones correctas en nuestras vidas.

A nuestros padres por estar siempre al pendiente de nosotros y estar apoyándonos en todos los momentos significativos que hemos pasado alrededor de nuestras vidas, pero sobre todo por apoyarnos de principio a fin para que cumpliéramos el sueño de culminar nuestra carrera.

De forma muy especial, le agradecemos al **profesor MSc. Oscar Rafael Lanuza**, tutor de esta investigación, por su guía en la elaboración de esta monografía, así como por su orientación, consejos, dedicación, paciencia y sobre todo por su esfuerzo.

A la **FAREM - Estelí, UNAN - Managua**; ya que en esta universidad realizamos los estudios superiores en la Ing. Ingeniería Ambiental, gracias por que se nos dio la oportunidad de estudiar en esta alma mater.

A **CATIE** - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, por el apoyo económico brindado para realizar la investigación y elaborar nuestra tesis, a cada uno de los técnicos involucrados que estuvieron a nuestra disposición.

A los **docentes de la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM) Estelí**, que en estos últimos cinco años nos han brindado conocimientos para que los pongamos en práctica en nuestra vida profesional, por siempre estar aconsejándonos y animándonos.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí

Estelí, 15 de marzo de 2022

CONSTANCIA

La Monografía es el resultado de un proceso académico investigativo llevado a cabo por estudiantes como forma de culminación de estudios. El propósito es resolver un problema vinculando la teoría con la práctica, potenciando las capacidades, habilidades y destrezas investigativas, y contribuye a la formación del profesional que demanda el desarrollo económico, político y social del país. (Art.13 del reglamento de régimen académico estudiantil. Modalidades de graduación).

Por tanto, hago constar que el trabajo *Estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación remanentes de bosque seco tropical en cuatro unidades hidrográficas de la zona norte de Nicaragua*, cumple con los requisitos académicos requeridos para una Monografía, y ha sido presentado, defendido y corregido a satisfacción del tutor, con lo cual está optando al título de Ingeniero Ambiental.

Los autores de este estudio son los bachilleres: Joasli Madaí Blandón Ortuño, carnet: 17-50128-1 y Steven José Bustillo Ramírez, carnet: 17-51102-7; quienes, durante la ejecución de esta investigación, demostraron responsabilidad, ética y conocimiento sobre la temática.

Atentamente,

Nombre y firma del tutor/a
Número ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3652-700X>
FAREM-Estelí, UNAN-Managua

Cc/Archivo

Resumen

Los bosques secos de Nicaragua son uno de los ecosistemas más degradados y poco se conoce sobre su contribución a la conservación de la biodiversidad. El propósito de este estudio fue evaluar la estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación de los remanentes de bosque seco tropical en cuatro unidades hidrográficas en el norte de Nicaragua. Se instalaron 23 parcelas en el bosque de recarga, 22 en potrero y 22 transectos en cerca viva y se midieron todos los árboles >10 cm de DAP. En cada uno de ellos se establecieron tres subparcelas y registraron árboles > 5 cm de DAP. Se inventariaron 3,889, de 145 especies, 116 géneros y 53 familias botánicas. El bosque de recarga fue el sistema con mayor número de árboles, especies, géneros y familias botánicas. Igualmente, fue el sistema con la mayor cantidad de árboles en todas las clases diamétricas, seguido por los potreros y las cercas vivas. El mayor número de árboles se encuentra en la clase diamétrica entre los 10_19.9 cm de DAP. Las especies con mayor número de individuos en todos los sistemas fueron, *Karwinskia calderonii* Standl, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp y *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth estas tres especies representan el 22.52% del total de individuos. De las especies encontradas una está en peligro crítico, cuatro en peligro y tan solo una bajo la categoría vulnerable. Finalmente, del total de especies identificadas, 15 son las que más contribuyen al IVI con 51.2%. Llegamos a la conclusión que, a pesar de no haber encontrado especies endémicas en las cuatro unidades hidrográficas evaluadas, estos sistemas tienen una alta contribución a la conservación de la diversidad de árboles aledaños a las obras de cosecha de agua.

Palabra claves: Bosque seco tropical, Cosecha de agua, Corredor seco, IVI, Lista roja UICN, Nicaragua.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación.....	2
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II	4
III. MARCO REFERENCIAL	4
3.1. Inventario florístico.	4
3.2. Identificación botánica	4
3.3. Riqueza y diversidad	4
3.4. Dominancia de las especies	5
3.5. Valor de importancia	5
3.6. Generalidades del bosque seco tropical	5
3.7. Antropización del bosque tropical seco	6
IV. HIPÓTESIS:.....	6
4.1. Hipótesis:.....	6
V. DISEÑO METODOLÓGICO	7
5.1. Ubicación del área de estudio	7
5.2. Descripción del área de estudio	7
5.2.1. Unidad hidrográfica El Gualiqueme	7
5.2.2. Unidad hidrográfica del río El Espinal	8
5.2.3. Unidad hidrográfica Paluncia	8
5.2.4. Unidad hidrográfica del río Santo Domingo	9
5.3. Principales variables.....	9
5.3.1. Inventario florístico.	9
5.3.2. Identificación botánica.....	9
5.3.3. Diversidad	9
5.3.4. Dominancia de las especies	10
5.3.5. Índice de valor de importancia (IVI) para especies.....	11
5.4. Diseño metodológico.....	13
5.4.1. Etapa I: Planificación y preparación	13

5.4.2.	Etapa II: Ejecución	14
5.4.3.	Etapa III: Procesamiento y análisis de datos	16
CAPÍTULO IV.....		18
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		18
6.1.	Estructura y diversidad taxonómica de las especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norcentral de Nicaragua.....	18
6.2.	Amenaza, endemismo y distribución geográfica de especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norcentral de Nicaragua.....	22
6.3.	Índice de Valor de Importancia (IVI) ecológica de los sistemas remanentes de bosques de bosque seco en la zona norte de Nicaragua.	24
CAPÍTULO V.....		26
VII. CONCLUSIONES		26
VIII.RECOMENDACIONES		27
IX. ANEXOS		32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de especies, géneros y familias botánicas por cada uso de la tierra.	18
Tabla 2 Resumen de las especies más amenazadas por cada uso de la tierra.	23
Tabla 3 <i>Número de árboles con DAP > 5 cm de cada especie por uso de la tierra. UICN, CR: En Peligro Crítico, EN: En Peligro, VU: Vulnerables, LC: Preocupación Menor, DD: Datos Insuficientes, NE: No Evaluado. Origen y N° países / sp, se basó en la distribución geográfica mundial de las especies según Real Jardín Botánico (KEW). AA: abundancia absoluta, AR: Abundancia relativa (%).</i>	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de las Unidades Hidrográficas para el estudio sobre estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación de los remanentes de bosque seco en la zona norcentral de Nicaragua. Fuente CATIE-Nicaragua.	7
Figura 2 Dimensiones de las parcelas temporales de muestreo (PTM).....	16
Figura 3 Número de árboles por clases diamétricas y en cada uso de la tierra	19
Figura 4 Curvas de rango y abundancia de las especies forestales por cada uso de la tierra, A) Bosque de recarga, B) Cerca viva, y C) Potrero.....	21
Figura 5 Curvas de rarefacción basadas en individuos (línea continua) y extrapolación (líneas discontinuas) de diversidad gamma basadas en números de Hill ($q = 0, 1, 2$) para bosque de recarga, cercas vivas y potreros en el área de estudio.	22
Figura 6 Distribución geográfica de las especies más restringidas.	24
Figura 7 <i>Índice de valor de importancia ecológico de las especies que más contribuyen a la estructura horizontal en las cuatro unidades hidrográficas.</i>	25

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques secos tropicales (BST), tienen una extensión aproximada de 1.048.700 km², de los cuales el 66.7% se encuentra en el continente Americano, 54.2% se encuentran en América del Sur y restante 12,5% se encuentra entre América del Norte y Central (Miles et al., 2006). Estos bosques, se caracterizan por una precipitación limitada menor a 1800 mm/año distribuidos en 4-9 meses, con una fuerte estación seca de al menos 3-6 meses recibiendo menos de 100 mm/mes y una temperatura anual $\geq 25^{\circ}\text{C}$ (Gentry, 1995; Gillespie et al., 2000; Murphy & Lugo, 1986; Sánchez-Azofeifa et al., 2005).

Esto lleva a la vegetación a sobrevivir con cantidades de agua muy restringidas, por lo cual tiene que adoptar estrategias que le permitan reducir la pérdida de agua por calor intenso. La vegetación típicamente dominada por árboles caducifolios, muchas de las plantas de los bosques secos son espinosas y con hojas pequeñas que pierden durante la temporada seca. Esta excelente estrategia evolutiva, le permite a la vegetación reducir el área de evapotranspiración y por lo tanto la pérdida de agua, lo que maximiza su capacidad de sobrevivencia en estos ambientes (Arellano, 2021).

Los BST, son altamente diversos, con alto grado de endemismo y gran disimilitud entre grupos florísticos (Banda et al., 2016) y proveen numerosos servicios ecosistémicos (Balvanera et al., 2011; Becknell et al., 2012; Calvo et al., 2017; Maass et al., 2005; Portillo-Quintero et al., 2015). Pero contradictoriamente, siguen siendo uno de los ecosistemas tropicales más amenazados y degradados (Calvo et al., 2009; Griscom & Ashton, 2011; Janzen, 1988; Miles et al., 2006).

La abundancia temporal de recursos sostiene la presencia de algunos grandes mamíferos numerosas especies de aves, reptiles, anfibios y artrópodos (Arellano, 2021). El suelo del bosque tropical seco es rico en nutrientes y su fisionomía ha propiciado el establecimiento de zonas de producción agrícola y ganadera de gran magnitud, esto ha llevado a reemplazar miles de hectáreas de bosque por pastizales.

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, un 97% de los BST están severamente amenazados por procesos antropogénicos (Miles et al., 2006), y se estima que en Centroamérica sólo queda el 1,7% de su extensión original (Calvo et al., 2009; Griscom & Ashton, 2011). Mientras tanto, solo un 3.9% de los remanentes del bosque seco Neotropical de América se encuentra bajo protección (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010). En América, se estima que un 66% del ecosistema ya se ha convertido a otros usos de la tierra, mientras que en Nicaragua se ha perdido un 77% de su cobertura potencial y de los remanentes de estos bosques nada parece estar bajo protección (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010).

Por otra parte, estos bosques también son muy vulnerables a los incendios porque a menudo están adyacentes a las pasturas (Vieira & Scariot, 2006) donde hay alta recurrencia de incendios. El fuego puede convertir rápidamente a los remanentes de bosques secos a formaciones de sabana (Vieira & Scariot, 2006), debido a que los incendios disminuyen la diversidad de especies y favorecen únicamente la regeneración de aquellas que son resistentes al fuego (Gillespie et al., 2000; Vieira & Scariot, 2006).

Según Stevens et al. (2001), en Nicaragua se estima que menos del 1% de bosque seco persiste y prácticamente nada en estado natural debido principalmente a factores demográficos, al avance de la frontera agrícola y ganadera. Los bosques de Nicaragua se han sometido a un fuerte proceso de deforestación y de degradación desde hace varias décadas, lo que ha llevado a la conversión de importantes áreas de suelo de vocación forestal a otro tipo de uso (Alianza Nacional de Bosque Seco, 2012).

En este contexto, nos planteamos las siguientes interrogantes: ¿Cuál es la estructura y diversidad taxonómica de las especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norte de Nicaragua?, ¿Qué especies serán las que presentan mayor grado de amenaza, debido a su distribución geográfica y endemismo?, ¿Cuál será el valor de importancia ecológica de las especies arbóreas en estos remanentes de bosque secos tropicales?

1.2. Justificación

En los fragmentos de bosque seco en la zona norte de Nicaragua no se han realizado los estudios suficientes para conocer a fondo la estructura y valor e importancia ecológica que estos brindan a los ecosistemas. Estos a su vez son muy pocos conocidos para la ciencia, es por ello la realización e importancia de este estudio ya que a través de este se tendrá una mejor percepción acerca de los BTS y así poder darles un mejor manejo forestal para el aprovechamiento de estos mismos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación de los remanentes de bosque seco en la zona norte de Nicaragua.

2.2. Objetivos específicos

1. Identificar la estructura y diversidad taxonómica de las especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norte de Nicaragua.
2. Estimar el grado de amenaza, endemismo y distribución geográfica de especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norte de Nicaragua.
3. Estimar el valor de importancia ecológica de las especies de los remanentes de bosque secos tropicales, para la conservación de los sistemas de cosecha de agua en la zona norte de Nicaragua.

CAPÍTULO II

III. MARCO REFERENCIAL

3.1. Inventario florístico.

El inventario forestal, es un procedimiento que se realiza en bosques naturales y plantaciones forestales para la obtención de información necesaria para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento forestal (Vílchez, 2002). El inventario permite recopilar información sobre el área, localización, calidad, cantidad y crecimiento de los recursos maderables del bosque (Vílchez, 2002). Este consiste simplemente en establecer un recuento o una lista de las especies existentes en ella, lo cual permite describir, y comparar en estudios posteriores las comunidades en función de su riqueza de especies. De igual manera, el inventario florístico proporciona el contexto necesario para la planificación y la interpretación de investigación ecológica a largo plazo. Por ejemplo, el inventario florístico puede ayudar a decidir la forma de estratificar el esfuerzo de muestreo para la vigilancia de los procesos naturales de cualquier ecosistema, y además la conservación de su diversidad.

Los inventarios pueden ejecutarse al 100% de masa forestal, por muestreo al azar ya sea de forma estratificada o sin estratificar, así como por muestreo sistemáticos (Vílchez, 2002). Por otro lado los inventarios pueden tener diferentes objetivos lo que resulta en diferentes tipos de inventarios: Inventarios exploratorios, para manejo de bosques naturales, para aprovechamiento forestal y para manejo de plantaciones (Vílchez, 2002).

3.2. Identificación botánica

La identificación botánica hacemos referencia a identificación, clasificación de las plantas aplicando una nomenclatura científica, esta actividad es realizadas por un taxónomo o persona con conocimientos de botánica que se encarga de identificar clasificar y nombrar objetos de origen biológico. La identidad botánica vegetal se puede corroborar con información de los herbarios mediante colecciones físicas o a través de las bases de datos de Flora de Nicaragua (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/nicaragua/flora.shtml>) y/o flora Mesoamericana (<http://legacy.tropicos.org/Project/FM>) o cualquier otro proyecto similar.

3.3. Riqueza y diversidad

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas (Moreno, 2000). La diversidad puede ser medida en tres niveles: alfa, beta y gamma. La diversidad alfa es la diversidad de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, la diversidad beta es el grado de recambio o reemplazo en la

composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje, mientras que la diversidad gama es la diversidad de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Carmona & Carmona, 2013; Martella et al., 2012; Moreno, 2000).

3.4. Dominancia de las especies

La dominancia de especies no es nada menos que el número de especie más abundante que sus homologas competidoras en una comunidad ecológica o que predomina sobre la cantidad total de la materia viva presente en dicho ecosistema. Según Moreno (2000) la dominancia de especies es un parámetro inverso a la uniformidad o equidad de una comunidad; este puede ser estimado a través de diferentes índices tales como: índice de Simpson, serie de números de Hill, Índice D de McIntosh y el Índice de Berger-Parker.

3.5. Valor de importancia

El índice de valor de importancia ecológico sirve para describir la composición florística del bosque e indica la importancia ecológica relativa de las especies de plantas en una comunidad; este se basa en la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia y dominancia (Soler et al., 2012).

3.6. Generalidades del bosque seco tropical

Los bosques tropicales estacionalmente secos de Mesoamérica contienen una alta riqueza estructural y funcional, es uno de los biomas de mayor importancia en biodiversidad y por consiguiente tiene una alta prioridad de conservación a nivel mundial (Murphy & Lugo, 1986). Este bioma presenta diferencias en la estructura y composición de especies en función del país o del continente, las condiciones climáticas, edáficas y de las perturbaciones. Estos tres últimos factores condicionan la estructura general del bosque, provocando una mayor o menor presencia del estrato arbóreo frente al arbustivo, por ejemplo, así como la presencia de unas determinadas especies y no de otras. Las perturbaciones pueden ser de origen natural, pero la mayoría de perturbaciones a las que está sujeto el bosque seco son de origen antrópico (Blandón Benavides & Ordeñana Toruño, 2012).

Las especies vegetales de los bosques tropicales secos tiene diversas adaptaciones, los árboles tienen cortezas más gruesas (adaptación contra el fuego), hojas menores y más gruesas (adaptación contra la desecación), espinas y espolones (adaptación contra los herbívoros), raíces más largas (para alcanzar la capa freática que se encuentra más profunda), y otras características que convergen gradualmente con las bien desarrolladas adaptaciones a la sequía de las plantas leñosas de las zonas de sabana y desierto (Zamora-Ávila, 2011).

3.7. Antropización del bosque tropical seco

El ser humano es el responsable del deterioro de los bosques ya que hacen un mal uso de los recursos afectando a muchas especies, el despale descontrolado y la quema para luego hacer uso agrícola ha disminuido grandemente los bosques degradándolos y viéndonos afectados todos los seres vivos ya que debido a su gran importancia ecológica los bosques tropicales secos cumplen una función muy importante en nuestro planeta que es ayudar a contrarrestar el cambio climático y reducción del dióxido de carbono, de menor parte es indispensable para las diferentes especies de animales ya que les serían de alimento hogar o sombra.

Las actividades las que ejerce las actividades humanas sobre los recursos forestales son responsables de su deterioro. Esto se hace evidente en el avance de la frontera agrícola, en detrimento de los bosques y demás recursos naturales del país, comprometiendo así la posibilidad de sostener a los futuros habitantes. Se expresa también, al establecer la relación entre el crecimiento de la población y la capacidad del estado para satisfacer plenamente las necesidades de educación, salud, empleo y vivienda (Blandón Benavides & Ordeñana Toruño, 2012).

IV. HIPÓTESIS:

4.1. Hipótesis:

La estructura y la riqueza de especies serán mayor en sistemas los bosques de recarga en comparación con los sistemas de potrero y cerca viva.

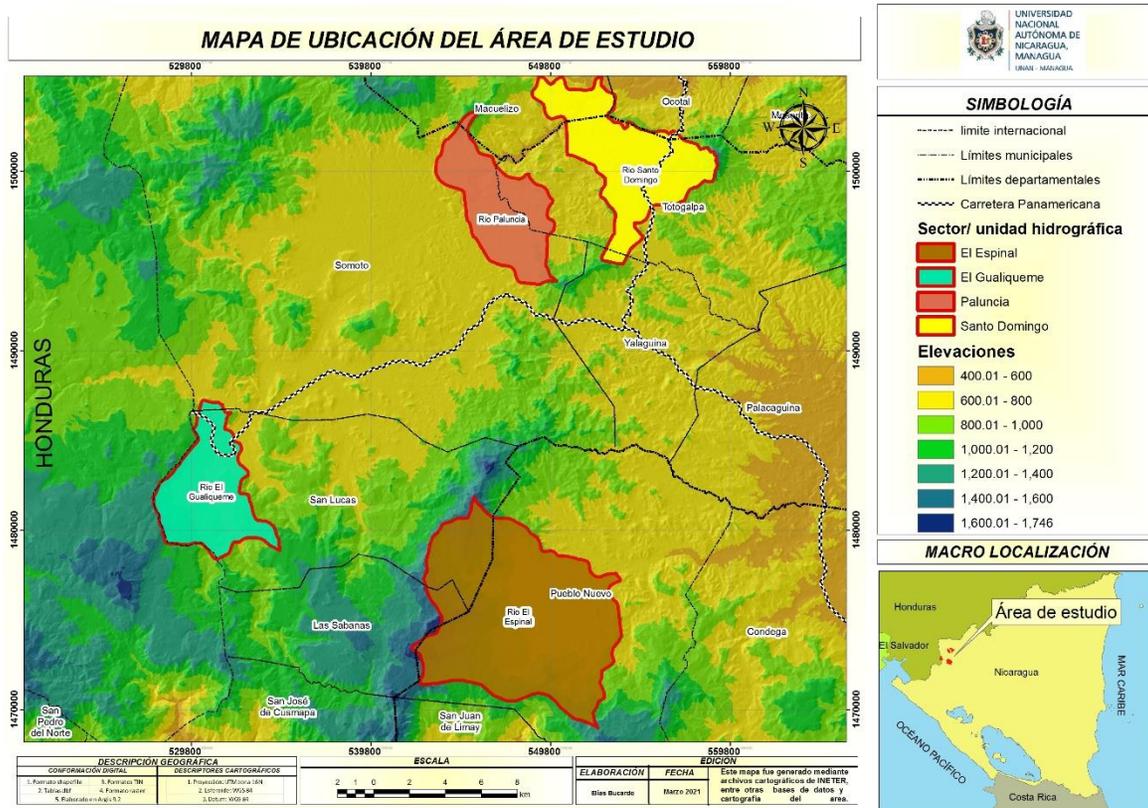
CAPÍTULO III

V. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en remanentes de bosque tropical seco de cuatro unidades hidrográficas prioritizadas por el proyecto Cosecha de Agua ejecutada por el CATIE en la zona norcentral de Nicaragua (Figura 1).

Figura 1 Ubicación de las Unidades Hidrográficas para el estudio sobre estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación de los remanentes de bosque seco en la zona norcentral de Nicaragua. Fuente CATIE-Nicaragua.



5.2. Descripción del área de estudio

5.2.1. Unidad hidrográfica El Gualiqueme

Esta unidad hidrográfica está ubicada en el municipio de San Lucas en el Departamento de Madriz, entre las coordenadas 13° 24' latitud norte y 86° 36' longitud oeste. Esta, tiene una extensión territorial de 31 km²; se ubica a 237 km al Nor-Oeste de Managua; limita al Norte con el municipio de Somoto; al Sur con el municipio de Las Sabanas; al Este con el

municipio de Pueblo Nuevo, del Departamento de Estelí, y; al Oeste con la República de Honduras. Cuenta con una temperatura en el mes más cálido (con el máximo promedio de temperatura alta) es Abril (35.8°C). El mes con el promedio de temperatura alta más bajo es Octubre (30.1°C). En cuanto a humedad el mes más húmedo (con la precipitación más alta) es Octubre (214mm). El mes más seco (con la precipitación más baja) es Enero (1mm). En esta unidad hidrográfica hay 80 productores (22.5% son mujeres y 77.5% son varones), 55 productores tienen sistemas agroforestales 24 tienen sistemas silvopastoriles y 1 tiene sistema de patio, las unidades productivas tienen una extensión promedio de 22.9 manzanas y se han mejorado o construido 45 obras de escorrentías, 1 escorrentía /manual y 12 manantiales (*Caracterización rápida de siete sectores hidrográficos del área de influencia del Proyecto Cosecha de Agua en los departamentos de Estelí y Madriz, Nicaragua, 2021*).

5.2.2. Unidad hidrográfica del río El Espinal

Esta unidad hidrográfica se sitúa al Oeste del municipio de Pueblo Nuevo; tiene una extensión territorial de 91.68 km², con una población de 7,927 habitantes, la cual forma parte de la subcuenta del río Estelí, que a su vez forma parte de la cuenca del Río Coco. Esta unidad hidrográfica se localiza entre las coordenadas geográficas 13°17'51" y los 13° 23' 48" latitud norte y entre los 86°32'14" y 86°36'12" longitud oeste. En Pueblo Nuevo, la temporada de lluvia es opresiva y nublada, la temporada seca es mayormente despejada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 35 °C. El promedio de lluvia durante 31 días móviles en el verano en Pueblo Nuevo disminuye gradualmente, comenzando la estación con 137 milímetros y rara vez excede 274 milímetros o baja a menos de 28 milímetros. En esta unidad hidrográfica hay 171 productores (26.9% son mujeres y 73.1% son varones), 95 productores tienen sistemas agroforestales y 76 sistemas silvopastoriles, las unidades productivas tienen una extensión promedio de 10.7 manzanas y se han mejorado o construido 69 obras de escorrentías y 12 manantiales(*Caracterización rápida de siete sectores hidrográficos del área de influencia del Proyecto Cosecha de Agua en los departamentos de Estelí y Madriz, Nicaragua, 2021*).

5.2.3. Unidad hidrográfica Paluncia

Esta unidad hidrográfica tiene una extensión de 30 km² y se ubicada en el municipio de Somoto cabecera departamental de Madriz. Las temperaturas máximas diarias son alrededor de 29 °C, rara vez bajan a menos de 27 °C o exceden 32 °C. El promedio de lluvia durante un periodo de 31 días en una escala móvil en agosto en Somoto aumenta muy rápidamente, comenzando el mes con 67 milímetros, cuando rara vez excede 158 milímetros o es menos de 12 milímetros, y terminando el mes con 127 milímetros, cuando rara vez excede 259 milímetros o es menos de 21 milímetros. En esta unidad hidrográfica hay 38 productores (18.4% son mujeres y 81.58% son varones), 15 productores tienen sistemas agroforestales, 14 tienen sistemas silvopastoriles y 9 tienen sistema de patio, las unidades productivas tienen una extensión promedio de 15.6 manzanas y se han mejorado o

construido 21 obras de escorrentías y 1 manantial (*Caracterización rápida de siete sectores hidrográficos del área de influencia del Proyecto Cosecha de Agua en los departamentos de Estelí y Madriz, Nicaragua, 2021*).

5.2.4. Unidad hidrográfica del río Santo Domingo

Esta unidad hidrográfica tiene una extensión de 40 km² y se ubica al oeste de Totogalpa. En esta unidad hidrográfica hay 56 productores (28.57% son mujeres y 71.43% son varones), 35 productores tienen sistemas agroforestales, 9 tienen sistemas silvopastoriles y 12 tienen sistema de patio, las unidades productivas tienen una extensión promedio de 11.2 manzanas y se han mejorado o construido 10 obras de escorrentías y 10 manantiales (*Caracterización rápida de siete sectores hidrográficos del área de influencia del Proyecto Cosecha de Agua en los departamentos de Estelí y Madriz, Nicaragua, 2021*).

5.3. Principales variables

5.3.1. Inventario florístico.

Tomando como referencia a Quinto Mosquera and Álvarez Dávila (2010); (Torres et al., 2016), en cada PTM se identifican y registran las familias, género y especies encontradas. Además, se hará un análisis del DAP y altura Este análisis servirá para conocer cuántos grupos existen en las parcelas estudiadas.

5.3.2. Identificación botánica

Permitió identificar morfología de las especies hasta el máximo nivel taxonómico posible (especie, género y familia), este análisis se basa en la utilización de guías de clasificación, así como mediante el apoyo de expertos en el tema. Para las especies identificadas con identificación dudas, se coleccionarán al menos tres muestras botánicas que serán trasladadas a herbarios disponibles para su debida identificación, utilizando diferentes tipos de claves, posteriormente se podrían identificar la vigencia del nombre científico y familia en la página (The Plant List, 2013).

5.3.3. Diversidad

En este caso se calculó de acuerdo con lo propuesto por Magurran (2013). Para establecer la diversidad de los diferentes ecosistemas estudiados, se calculó el índice de Shannon-Wiener (H'), utilizando solo los individuos identificados con nombre científico o común.

El índice de Shannon-Wiener, H' . Este índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son p_1, p_2, \dots, p_S) y es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i) \quad EC.1$$

H' = índice de Shannon-Wiener que, en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad ‘extensa’ de la que se conoce el número total de especies S . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos.

Por lo tanto, $H' = 0$ cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos n_i , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa (H' max, ver la sección siguiente). Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña. En la ecuación original se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind., pero pueden emplearse otras bases como (nits/ind.) o 10 (decits/ind.). La precisión en la estimación del índice de Shannon-Wiener puede calcularse mediante la aproximación siguiente:

$$SD_{H'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^S \log_2 n_i - [\sum_{i=1}^S n_i \log_2 n_i]^2}{n^2}} \quad EC.2$$

$SD_{H'}$ = desviación estándar del índice de Shannon-Wiener.

La ecuación de \hat{H}' se aplica para comunidades extensas donde se conocen todas las especies S y las abundancias proporcionales p_i de todas ellas. En la práctica los parámetros son estimados como:

$$\hat{H}' = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \times \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right) \right] \quad Ec.3$$

5.3.4. Dominancia de las especies

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie y toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Moreno 2001.

El índice de Simpson:

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad \text{Ec. 4}$$

p_i = abundancia proporcional de la i -ésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1.

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{Ec. 5}$$

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos para todas las S especies en la comunidad

La ecuación de D_{Si} se aplica para comunidades ‘finitas’ donde todos los miembros han sido contados, es decir que $n = N$. Considerando una comunidad ‘extensa’, un estimador adecuado de la diversidad calculado a partir de datos provenientes de una muestra de tamaño n sería:

$$D'_{Si} = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)} \quad \text{EC. 6}$$

El índice de Simpson se deriva de la teoría de probabilidades, y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos ‘extracciones’ sucesivas al azar sin ‘reposición’. En principio esto constituye una propiedad opuesta a la diversidad, se plantea entonces el problema de elegir una transformación apropiada para obtener una cifra correlacionada positivamente con la diversidad:

$$S_{iD} = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 = 1 - D_{Si} \quad \text{Ec. 7}$$

S_{iD} = índice de diversidad de Simpson que indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos ‘extracciones’ sucesivas al azar sin ‘reposición’. Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre ‘0’ (baja diversidad) hasta un máximo de $[1 - 1/S]$. (D_{Si} □, 1971)

5.3.5. Índice de valor de importancia (IVI) para especies

Para cada especie se determinó su abundancia, de acuerdo con el número de árboles, su dominancia, en función del área basal, y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Estos valores se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de especie denominado índice de valor de importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 de acuerdo con las ecuaciones desarrolladas por Graciano-Ávila et al.

(2018); (Linares & Fandiño, 2009; Nebel et al., 2001; Vargas & Hidalgo-Mora, 2013), en la que se describen las siguientes fórmulas:

$$A_i = \frac{N_i}{E} \quad \text{Ec. 7}$$

$$AR_i = \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \right] \times 100 \quad \text{EC. 8}$$

donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y E la superficie de muestreo (ha).

La dominancia se evalúa mediante:

$$D_i = \frac{Ab_i}{E \text{ (ha)}} \quad \text{Ec. 9}$$

$$DR_i = \left[\frac{D_i}{\sum_{i=1..n} D_i} \right] \quad \text{Ec. 10}$$

donde D_i es la cobertura absoluta, DR_i es cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura, Ab el área basal de la especie i y E la superficie (ha).

La frecuencia relativa se evalúa mediante:

$$F_i = \frac{P_i}{NS} \quad \text{Ec. 11}$$

$$F_i = \left[\frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \right] \times 100 \quad \text{Ec. 12}$$

donde F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (IVI) para familia y especie se define como:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3} \quad \text{Ec. 13}$$

5.4. Diseño metodológico

5.4.1. Etapa I: Planificación y preparación

A. Búsqueda de información relacionada al bosque seco tropical

Se recolectó información existente sobre el bosque seco tropical de Nicaragua y de la zona norcentral del país, para ello se revisaron investigaciones y estudios en físico y digital. Entre la información que fue recopilada se encontraron:

- Datos de estaciones de monitoreo y observación.
- Bases de datos cartográficas del bosque seco tropical.
- Publicaciones relacionadas con estudios sobre estructura, diversidad y composición del bosque seco
- Datos de caracterización a nivel climático, hidrológico y morfológico.
- Metodologías para el monitoreo.

B. Delimitación de las áreas específicas de estudio

Se hizo la delimitación del área de estudio mediante la selección de diferentes estratos que dependerán de los siguientes criterios: Se identificaron diferentes características categorías de uso del suelo mediante el uso de imágenes de satélite Sentinel, de la Agencia Espacial Europea, sí como foto mapeo a partir de Google Earth (<https://earth.google.com/web/>), mediante el cual se estableció la ubicación de las diferentes categorías de uso que se estudiaron.

C. Identificación de los sitios de muestreo

Con base en la identificación del uso de diferentes categorías de uso, por unidad hidrográfica, se procedió a identificar sitios preliminares para el establecimiento de parcelas temporales de muestreo. La cantidad de parcelas temporales de muestreo se hizo tomando en consideración la cantidad obras de captación de agua del proyecto cosecha de agua y la presencia de bosques y sistemas agroforestales cercanos a las obras.

Para lograr la identificación de los puntos de muestreo, donde se establecieron las parcelas temporales, se seleccionaron sitios de diferentes categorías de uso, utilizando el software libre Qgis versión 3.0 (<https://www.qgis.org/es/site/>).

En cada unidad hidrográfica se identificarán sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles ubicados en sitios **Con** y **Sin** obras de cosecha de agua, es decir, 2 tipos de sistemas \times 2 condiciones de obras \times 3 repeticiones \times 4 unidades hidrográficas para un total de 48 parcelas de muestreo.

D. Diseño de parcelas temporales de muestreo (PTM)

A nivel de bosque seco tropical y sistemas agroforestales:

En este caso, la unidad de muestreo, para las secciones de bosque tropical, sistemas agroforestales son las parcelas temporales de muestreo, las cuales se utilizaron para realizar levantamiento de datos que permitan determinar a) inventario florístico, b) identificación botánica, c) diversidad, d) dominancia de especies, e) índice de valor de importancia familiar y a nivel de especie.

La selección de un tamaño adecuado dependió del tipo de bosque, la diversidad de especies, el diámetro de las especies, densidades, la fragmentación del rodal, la precisión requerida, costos y recursos con que se cuentan. Para este estudio exploratorio, el diseño de las PTM consistió en parcelas rectangulares de 50 x 50 m (0.25 ha), subdivididas en cuatro subparcelas de 25 m de ancho y 25 m de largo (625 m²).

A nivel de sistemas silvopastoriles (ssp):

Las parcelas temporales de muestreo de los ssp se hicieron con el fin de levantar datos que permitan determinar a) inventario florístico, b) identificación botánica, c) diversidad, d) dominancia de especies, e) índice de valor de importancia familiar y a nivel de especie. En los ssp, el tamaño de las PTM consistió en parcelas de 1 ha., en esta tipología se considerarán potreros con alta y baja densidad de árboles, así como cercas vivas.

E. Elaboración del protocolo de campo

La elaboración del protocolo se hizo siguiendo los estatutos del documento de modalidad de graduación de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua). Este protocolo tiene una visión general del proceso de investigación y su finalidad guiar dicho proceso. En este, se presenta una introducción general, se plantea el objetivo general, los objetivos del estudio, las hipótesis, el marco teórico, la metodología a seguir para desarrollar la investigación.

F. Elaboración de instrumentos para el levantamiento de datos

Los instrumentos que se desarrollaron para el levantamiento de información de campo son: Fichas de inventario florístico: esta ficha permitirá levantar información sobre los sitios, coordenadas UTM, número de parcelas, número de árboles, nombres comunes y científicos de las especies, así como su DAP y altura.

5.4.2. Etapa II: Ejecución

A. Fase de preparación (visita al área)

En esta fase se hizo necesario realizar coordinaciones con los responsables y técnicos del proyecto de cosecha de agua para ubicar los sitios en cada unidad hidrográfica priorizada. En esta fase se creó un recorrido por las unidades hidrográficas para corroborar la ubicación de los sitios de muestreos, reubicar sitios que no coincidan con la identificación inicial. Esta visita inicial sirvió para validar la metodología de ubicación de las parcelas y la correcta distinción de los sistemas a evaluar durante el estudio.

B. Organización del inicio de la etapa de campo

Se realizaron gestiones con los propietarios de los lugares donde se hará muestreo y se explicó el objetivo del estudio y la metodología a utilizar para los inventarios. Para esta fase fue necesario garantizar la impresión de los instrumentos de campo, garantizar tablas, lapiceros, binoculares, cintas métricas (50 m) y diamétricas (5 m), banderolas, cintas de color y spray. Por otra parte, se imprimió algunos mapas de las unidades hidrográficas priorizadas, guías para la identificación y clasificación de las especies, etc. Finalmente, se planifico la logística para el levantamiento a nivel de transporte, hospedaje, alimentación, compra de materiales, visitas a los lugares del área de estudio.

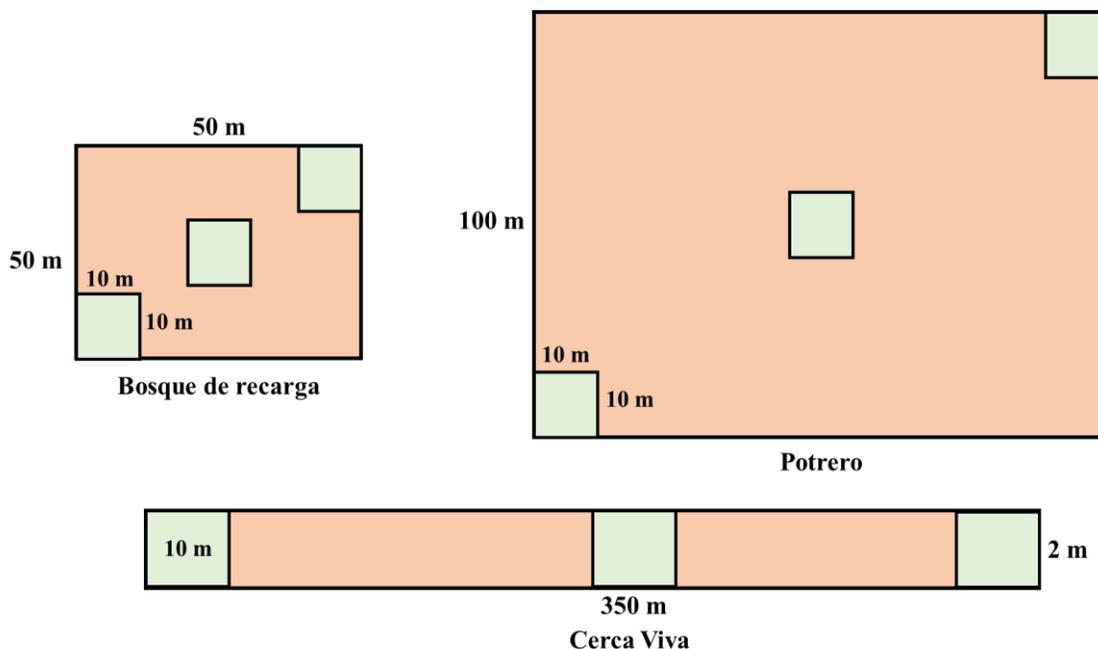
C. Toma de datos de campo

Con ayuda de un GPS, brújula, cinta métrica, estacas y marcadores plásticos se procedió a marcar los vértices de cada parcela, teniendo en cuenta el diseño, previamente definido, en el cual se establecieron parcelas de 0.25 ha (50 m × 50 m) siguiendo la metodología propuesta por (Camacho, 2000). Para el trazado, se tomaron las coordenadas y la altura de cada parcela en la esquina suroeste. Posteriormente, cada parcela se dividió en cuatro subparcelas de 25 m × 25 m (625 m²).

Una vez establecida la parcela, el equipo a cargo de levantar datos, inicio un proceso de levantamiento mediante fichas técnicas especializadas, con las cuales se procederá con:

- Identificación numérica de los árboles de la parcela.
- En cada parcela se midió el DAP de todos los árboles con $DAP \geq 10$ cm, cuyo tallo estuviera dentro de un metro de la línea central del transepto o cuando un árbol de lindero tenga 50% del área de copa dentro de la parcela. En cada parcela principal se establecieron tres parcelas anidadas de 100 m² (10 m × 10 m) para inventariar todos los brinzales con DAP entre 5 y 9.9 cm. Estas subparcelas se ubicarán de la siguiente manera: una en la esquina suroeste, otra al centro y la otra en la esquina noreste (ver Figura 2).
- En el caso de árboles atípicos, con deformidades, con dos o más troncos o en pendiente, la medición del DAP se realizará según las recomendaciones de Aranda et al. (2005); Camacho (2000).
- Cada árbol se identificó a nivel de especie y familia, esta información se confirmará en la base de datos de Flora de Nicaragua (Flora de Nicaragua, 2021).
- Identificar otras especies no arbóreas existentes pero que tengan relevancia para la caracterización de los sitios.

Figura 2 Dimensiones de las parcelas temporales de muestreo (PTM)



5.4.3. Etapa III: Procesamiento y análisis de datos

A. Elaboración de las bases de datos

Las bases de datos fueron elaboradas en Microsoft Excel y se elaboró una metada para explicar cada variable y unidad de medida de la base de datos.

B. Depuración de las bases de datos

El saneamiento de las bases de datos se hizo con el objetivo de mantener la correcta identidad de las especies según la Flora de Nicaragua, detectar errores de digitalización, detectar datos atípicos, estandarizar formatos de celda, etc.

C. Análisis estadístico de datos

Para determinar el grado de amenaza de las especies encontradas en el estudio, se revisó la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (<https://www.iucnredlist.org/es>). De igual forma, para determinar la distribución geográfica mundial de las especies se consultó el Royal Botanic Gardens (<https://www.kew.org/>).

La riqueza de especies y la diversidad de Shannon y Simpson se calculó usando números de Hill (0D = riqueza de especies, 1D = entropía de Shannon, 2D = diversidad de Simpson) estimando el número efectivo de especies en cada parcela de muestreo (Hill, 1973; Jost, 2006). Las métricas de diversidad alfa calculadas con números de Hill se realizarán en

Qeco (Di Rienzo et al., 2010) en la interfaz R (R Core Team, 2021) con las bibliotecas iNEXT (Hsieh et al., 2016).

Para determinar la contribución de las especies al carácter y estructura del ecosistema, se calculó la densidad relativa, la frecuencia relativa, la dominancia relativa y el Índice de Valor de Importancia a nivel de especies (IVI sp) (Campo & Duval, 2014; Linares & Fandiño, 2009; Nebel et al., 2001; Stiling, 2001). Para determinar los patrones de distribución de la abundancia de las especies en cada comunidad ecológica se realizaron curvas de rango-abundancia, propuestas por (Whittaker, 1965) y se ordenaron jerárquicamente las especies presentes en cada tipo de hábitat.

CAPÍTULO IV

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Estructura y diversidad taxonómica de las especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norcentral de Nicaragua.

Se inventariaron 3,889 individuos con un DAP > 5 cm, correspondientes a 145 especies, 116 géneros y 53 familias botánicas, lográndose identificar el 99.7% de total de árboles inventariados (Tabla 1). El bosque de recarga fue el sistema con el mayor número de árboles totales, árboles promedios, especies, géneros y familias. En relación con el número de árboles por parcela, el bosque de recarga fue el sistema con el mayor número de individuos 1649, seguido por los potreros con 1136 individuos y finalmente las cercas vivas con 1104 individuos. Sin embargo, al extrapolar los valores a árboles por hectárea la cerca viva tiene el mayor número de árboles, seguido del bosque de recarga y potrero.

El *G. sepium* es la especie con el mayor número de individuos en el bosque de recarga con 225, lo que representa el 5.78%. El *T. stans* es la especie con el mayor número de individuos en el sistema de cercas vivas con 91, lo que representa el 2.33%. EL *K. calderonii* es la especie con el mayor número de individuos en el sistema de potrero con 173, lo que representa el 4.44%. Estas tres especies representan el 12.55% del total de árboles inventariados. Gracias a su excelente capacidad de adaptación ante los diferentes tipos de suelos y el cambio climático, también por la fácil dispersión hacen que estas especies presenten un mayor número de individuos y que estos se vean mayormente representados en estos lugares que en otros.

Tabla 1

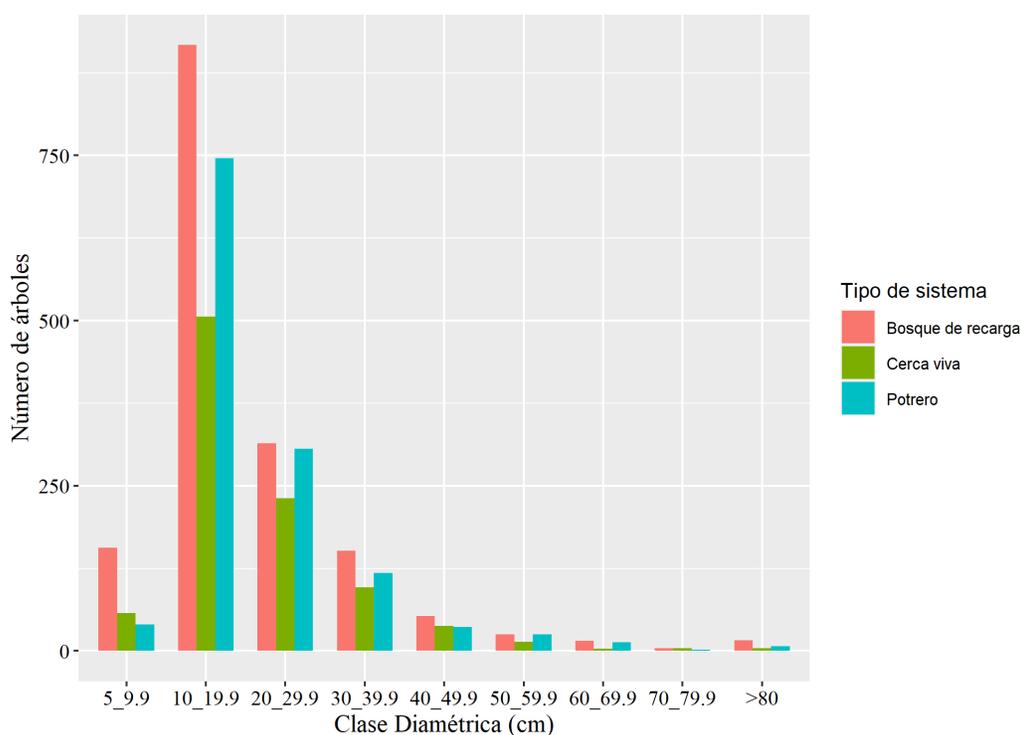
Número de especies, géneros y familias botánicas por cada uso de la tierra.

Sistema	Bosque de recarga	Potrero	Cerca viva	Total
Total de árboles	1649	1136	1104	3889
Nº. parcelas	23	22	22	67
Árboles / parcela	71.8 (16.0-123.0)	45.8 (16.0-111.0)	61.6 (12.0-110.0)	59.9 (12.0-123.0)
Árboles / ha	286,78	61,22	618,83	
Especies	125	94	74	145
Géneros	103	78	63	116
Familias	52	43	35	53

Lo anterior se debe a que, en las cercas vivas, los productores mantienen en constante renovación de sus cercos con nuevos postes-prendones, los cuales eventualmente se convierte en árboles. Por otra parte, en el potrero se encontraron menos árboles por haber debido a que el interés principal de los productores es el pasto y no los árboles. A pesar de que, en la actualidad el bosque seco tropical se encuentra dramáticamente alterado con grandes áreas deforestadas y convertidas a potreros, en los paisajes deforestados y dominados totalmente por la agricultura. Sin embargo, aún existe alguna cobertura arbórea remanente en forma de pequeños parches de bosques, cercas vivas o árboles dispersos (Sánchez-Merlos et al., 2005).

Al evaluar los árboles por clase diamétrica y sistema, se encontró la mayor cantidad de árboles en el bosque de recarga en todas las clases diamétricas, seguido por el sistema de potrero y cerca viva (Figura 3). Por otra parte, se observa que el mayor número de árboles se encuentra en la clase diamétrica entre los 10_19.9 cm de DAP (2170 individuos, 55.7% del total) y a medida que aumenta la clase diamétrica disminuye el número de árboles en todos los sistemas. Esto es debido a que los dueños de parcelas realizan actividades agrícolas, ganaderas, de extracción de leña y postes, lo que altera la estructura y composición de estos sistemas (Vázquez et al., 2005).

Figura 3 Número de árboles por clases diamétricas y en cada uso de la tierra



Por otra parte, las especies con mayor número de individuos en todos los sistemas fueron, *K. calderonii* (miligüiste) con 317 individuos, *G. sepium* (madero negro) con 283 individuos y *T. stans* (sardinillo) con 276 individuos. Estas 3 especies representan el

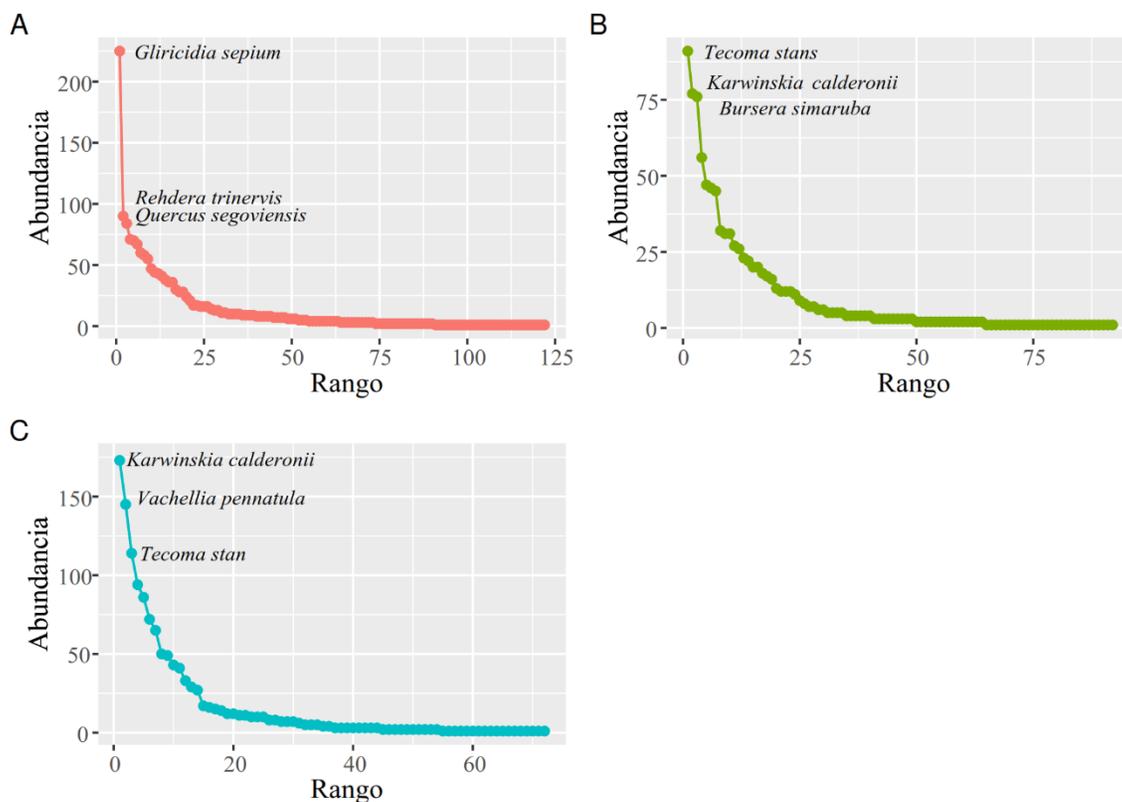
22.52% del total de individuos inventariados (Figura 4; Tabla 1). Según Cardoza Ruíz (2011) *K. calderonii* y *G. sepium* son una de las especies con más individuos, puesto que estas crecen en ambientes secos y calientes a húmedos y frescos entre 5 y 800 msnm.

Para el bosque de recarga, predominan 3 especies: *G. Sepium* (madero negro) con 225 individuos, *Rehdera trinervis* (S.D. Blake) Moldenke (chicharrón) con 90 individuos y *Quercus segoviensis* Liebm. (roble) con 84 individuos (Figura 4A). Para sistema de cerca viva las 3 especies con el mayor número de individuos fueron: *T. stans* (sardinillo) con 91 individuos, *K. calderonii* (miligüiste) 77 individuos y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (jiñocuabo) 76 individuos (Figura 4B). Para sistema de potrero sobresalen 3 especies: *K. calderonii* (miligüiste) *R. trinervis* con 173 individuos, *V. pennatula* (carbón) con 145 individuos y *T. stans* (sardinillo) con 114 individuos (Figura 4C).

Especies como *B. simaruba* por tener semillas de poca masa (<0.1 g) suelen ser árboles de gran tamaño y dispersados por animales (Hernández et al., 2018), es por esto que suelen ser una de las especies más dominantes en el sistema de cerca viva. De igual manera, en un estudio realizado en Miraflores se muestra que *B. simaruba* es la más dominante en cercas vivas (Pérez Rugama et al., 2019). Por otra parte, *V. pennatula* fue una de las especies más abundantes en el potrero, pero suele ser común en bosques riparios, bosques secos secundario, cercas vivas y potreros (Pérez Rugama et al., 2019).

Otra especie dominante en los sitios evaluados en este estudio fue *R. trinervis*, esta especie es bastante común en varios sitios del Paisaje Terrestre Protegido de Miraflores (Blandón Benavides & Ordeñana Toruño, 2012). Según Castillo and Aguilar López (2018) *T. stan* es una de las especies más representativas la Reserva Silvestre Privada Montibelli, mientras que en este estudio, fue una de las especies más dominantes en el potrero. Cada una de estas especies encontradas sirven de apoyo para la filtración de agua en épocas lluviosas, retención de sedimentos, son árboles pioneros, que producen forraje y leña, y a la vez contribuyen a la restauración de las áreas degradadas, ya que mejoran las condiciones de las obras de conservación de cosecha de agua.

Figura 4 Curvas de rango y abundancia de las especies forestales por cada uso de la tierra, **A)** Bosque de recarga, **B)** Cerca viva, y **C)** Potrero.



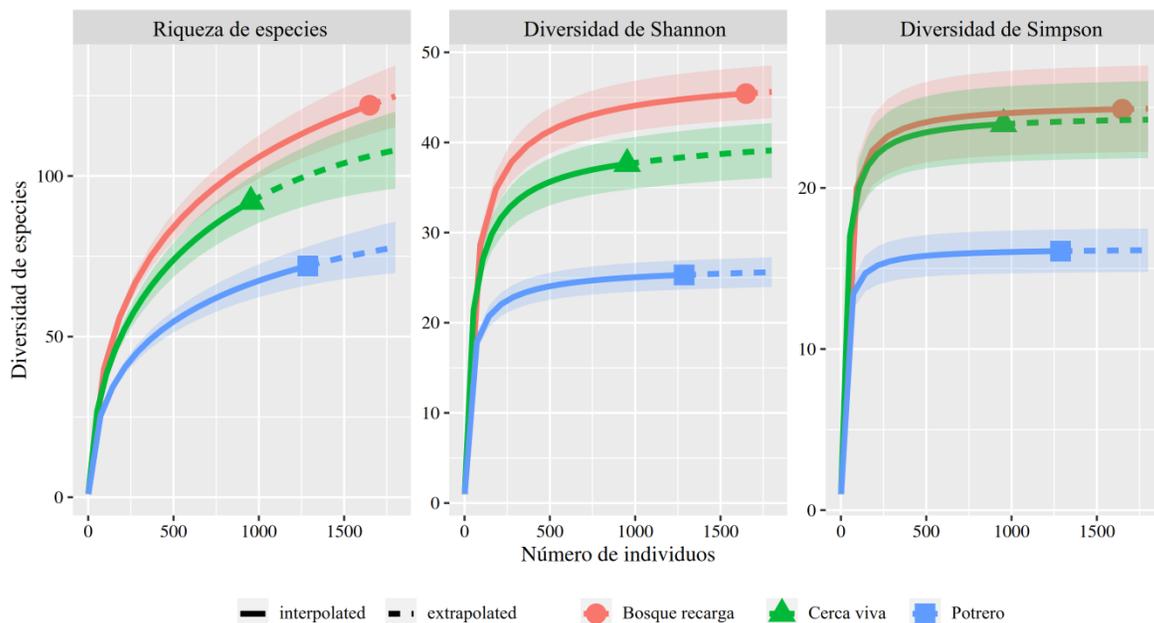
El sistema que tiene mayor riqueza de especies es el bosque de recarga puesto que es el que presenta el mayor número de especies, este seguido por la cerca viva y finalmente el potrero (Figura 5; Tabla 1). Según el índice de Shannon el bosque de recarga presentó un índice de especies comunes mayor. Esto sugiere que en el bosque de recarga la mayoría de las especies poseen una cantidad similar de individuos, mientras que cerca viva y potrero son sistemas con menos equidad que en bosque de recarga lo cual indica que en estos sistemas existen unas especies mejor representadas que otras (Figura 5).

Los valores obtenidos para el índice de Simpson indican que hay similitud en cuanto a la diversidad de especies entre bosque de recarga y cerca viva, pero hay una gran diferencia en cuanto a potrero, lo que evidencia la baja uniformidad en la distribución de individuos entre las especies dominantes del sistema de potrero. Esto sugiere una tendencia donde los individuos de las especies dominantes presentan una distribución ligeramente más equitativa en el orden: bosque de recarga, cerca viva y potrero (Figura 5).

En nuestro estudio el bosque de recarga fue el sistema que contiene la mayor cantidad de especies y presentan una mayor predominancia que las cercas vivas y potreros, mientras que un estudio realizado en Rivas muestra resultados similares a los investigados en la zona

norte de Nicaragua, ya que al igual que ellos los potreros fueron el sistema con menor riqueza de especies y cerca viva tuvo una riqueza de especies intermedia (Sánchez-Merlos et al., 2005).

Figura 5 Curvas de rarefacción basadas en individuos (línea continua) y extrapolación (líneas discontinuas) de diversidad gamma basadas en números de Hill ($q = 0, 1, 2$) para bosque de recarga, cercas vivas y potreros en el área de estudio.



6.2. Amenaza, endemismo y distribución geográfica de especies arbóreas de los remanentes de bosque seco en la zona norcentral de Nicaragua.

Del total de árboles inventariados, el 73.03% se encuentran en la categoría de preocupación menor, 21.63% del total de árboles se no se encuentran en ninguna de las categorías de la UICN, mientras que un 3.39% están en peligro crítico (Tabla 2). Por otra parte, no se encontraron especies endémicas en las 4 unidades hidrográficas evaluadas.

Según la lista roja de la UICN, *Platymiscium parviflorum* Benth conocido comúnmente como coyote, es la única especie que se encuentra en peligro crítico (CR). De esta especie, se registraron 132 individuos, de los cuales 65 se encontraron en las cercas vivas, 41 en los bosques de recarga y únicamente 26 en el potrero (Tabla 3). En peligro (EN) se encontraron cuatro especies con 48 individuos en total; *Swietenia humilis* zucc. (caoba), *Xolocotzia asperifolia* Miranda, Bol. (chaparro), *Casearea willimsiana* Sleumer, Fl. (piedrita) y *Machaerium nicaraguensis* Rudd (suncho). En el bosque de recarga se registraron 19 individuos, 19 en el potrero y solamente 10 individuos en la cerca viva (Tabla 3).

Finalmente, *Cedrela odorata* L. (cedro), fue la única especie registrada bajo la categoría vulnerable (VU), con un total de 15 individuos, de los cuales 8 se encontraron en el bosque de recarga, 4 en la cerca viva y tan solo 3 individuos en el potrero (Tabla 3).

En la categoría preocupación menor se encuentran 99 especies con un total de 2,840 individuos, de los cuales 1,326 en el bosque de recarga, 701 en el potrero y 813 en la cerca viva. En datos insuficientes (DD) tenemos un total tres especies con 13 individuos, los cuales 12 se encuentran en el bosque de recarga y solamente un individuo en la cerca viva. En la categoría No Evaluados se encuentran 37 especies con un total de 841 individuos, de los cuales 243 en el bosque de recarga, 387 en el potrero y 211 en la cerca viva.

Tabla 2

Resumen de las especies más amenazadas por cada uso de la tierra.

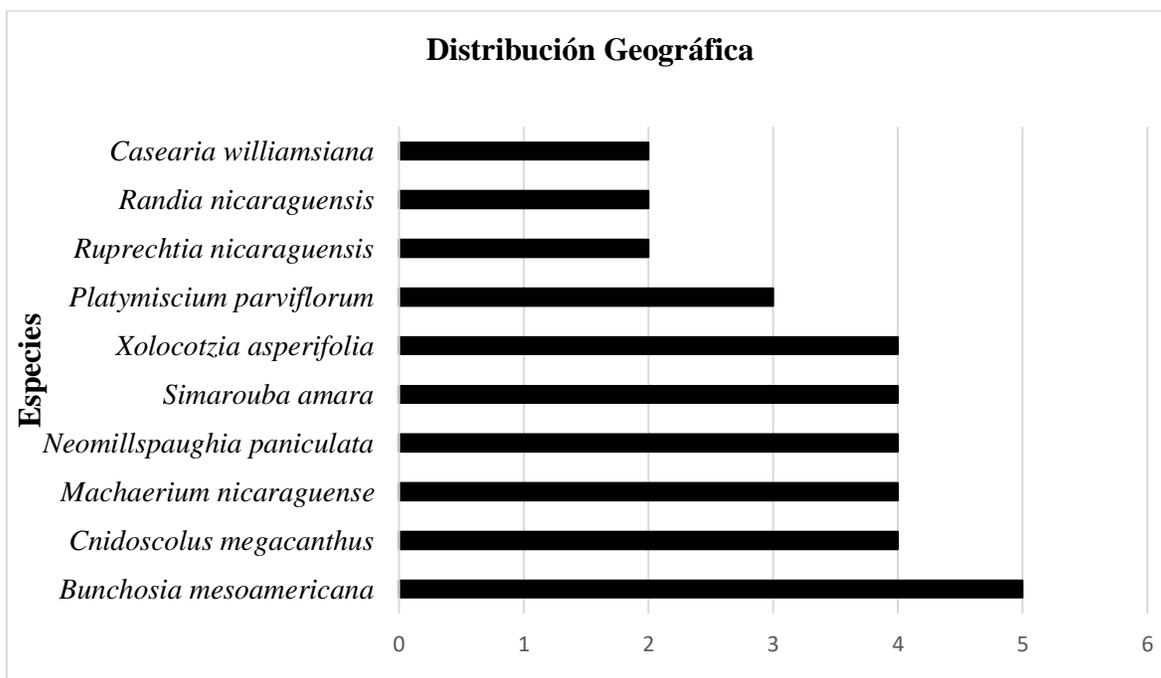
Sistema	CR	EN	VU	LC	DD	NE	Total
Bosque de recarga	41	19	8	1326	12	243	1649
Potrero	26	19	3	701	0	387	1136
Cerca viva	65	10	4	813	1	211	1104
Total	132	48	15	2840	13	841	3889
Porcentaje	3.39	1.23	0.39	73.03	0.33	21.63	

Nota: CR: En Peligro Crítico, EN: En Peligro, VU: Vulnerables, LC: Preocupación Menor, DD: Datos Insuficientes, NE: No Evaluado

Con relación las amenazas a la biodiversidad biológica debemos tener en cuenta que en la actualidad uno de los factores que afecta a nivel mundial es el cambio climático, esto se debe a las prácticas agrícolas insostenibles que se han venido utilizando en estos años, por lo tanto han degradado estos ecosistemas, haciéndolas vulnerables ante el cambio climático, es por esto por lo que estas especies se encuentran en la lista roja de la UICN (peligro crítico, en peligro y vulnerable) (MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, 2010).

En la siguiente figura 6, se muestran las 10 especies con distribución geográfica más restringida a nivel mundial, de las cuales *Casearia williamsiana* (piedrita) se encuentra reportada solo en Nicaragua y Honduras, *Randia nicaraguensis* Lorence & Dwyer (jicarillo) se encuentra reportada en Nicaragua y Costa Rica, *Ruprechtia nicaraguensis* Pendry, solamente en Nicaragua y Guatemala.

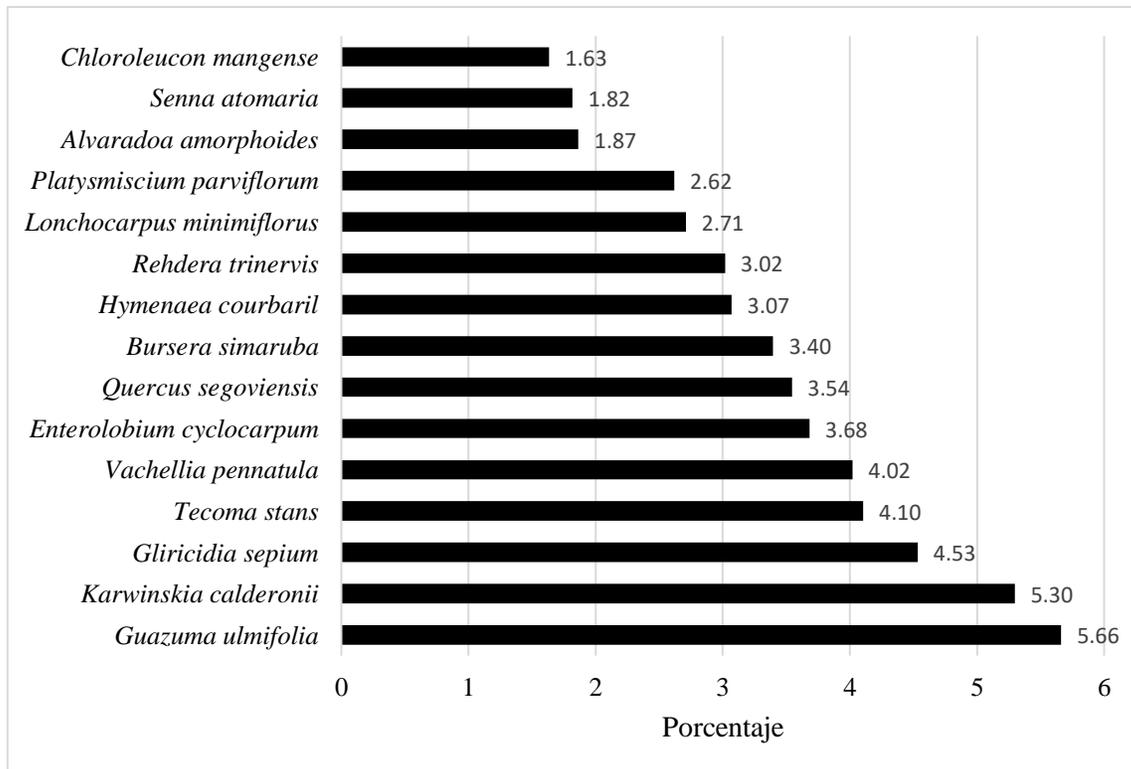
Figura 6 Distribución geográfica de las especies más restringidas.



6.3. Índice de Valor de Importancia (IVI) ecológica de los sistemas remanentes de bosques de bosque seco en la zona norte de Nicaragua.

De las 145 especies identificadas en el inventario forestal, 15 son las que más contribuyen al IVI con 51.2% (ver figura x). El *Guazuma ulmifolia* Lam. (guácimo) y *K. calderonii* (miligüiste), *G. sepium* (madero negro), *T. stans* (sardinillo), *Vachellia pennatula* Schlttl. (carbón) *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (guanacaste) son las especies que tienen los mayores valores de importancia dentro de las zonas muestreadas. Estas especies, son comunes en cercas vivas y potreros ya que tienen usos múltiples para los productores puesto aprovechan su leña, forraje y madera a la vez que son de fácil propagación (Sánchez-Merlos et al., 2005). Por otra parte, *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *Q. segoviensis*, fueron de las especies de mayor relevancia ecológica para cuatro tipos de bosques identificados en el Parque Nacional Montecristo (Cardoza Ruíz, 2011).

Figura 7 Índice de valor de importancia ecológico de las especies que más contribuyen a la estructura horizontal en las cuatro unidades hidrográficas.



CAPÍTULO V

VII. CONCLUSIONES

Los remanentes de bosques secos en la zona de estudio contribuyen a la conservación de la diversidad de árboles aledaños a las obras de cosecha de agua. El sistema con mayor número de especies, géneros y familias fue el bosque de recarga, esto confirma la hipótesis inicialmente planteada. A pesar de no haber encontrado especies endémicas en las cuatro unidades hidrográficas evaluadas. Por otra parte, se encontraron al menos 10 especies de distribución limitada a Centroamérica. De las especies inventariadas, 15 son las que tienen un mayor índice de valor de importancia ecológica y por tanto, tienen una mayor contribución a la estructura horizontal de los sistemas evaluados. Estas especies, tienen un importante rol ecosistémico, ya que proporcionan leña, forraje, madera, retención de sedimentos, infiltración de agua, almacenamiento de carbono y conectividad entre fragmentos de bosques secos.

VIII. RECOMENDACIONES

- A los propietarios de las obras de cosechas de agua que promuevan y manejen las especies arbóreas con el índice de valor de importancia ecológico cerca de los reservorios para conservar la biodiversidad local del corredor seco.
- Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), que impulse un plan de propagación y conservación de las especies que se encuentran la lista roja de la UICN bajo la categoría peligro crítico, en peligro y vulnerables para evitar su extinción.
- A futuros investigadores, darle seguimiento a este estudio para entender mejor la ecología y dinámica de estos remanentes de bosques secos tropicales en la zona norte de Nicaragua, con el fin de plantear estrategias de manejo sostenible de estos bosques.

LITERATURA CITADA

- Alianza Nacional de Bosque Seco. (2012). *Programa Nacional para la Conservación, Restauración y Manejo del Ecosistema de Bosque Seco en Nicaragua*.
- Aranda, U. D., Dorado, F. C., Anta, M. B., González, J. G., Alboreca, A. R., & González, A. D. (2005). *Prácticas de Dasometría*.
- Arellano, J. M. T. y. L. (2021). INECOL. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/770-los-bosques-tropicales-secos-y-su-contribucion-al-bienestar-humano>
- Balvanera, P., Castillo, A., & Martínez-Harms, M. J. (2011). Ecosystem services in seasonally dry tropical forests. *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and conservation*, London, UK.
- Banda, K., Delgado-Salinas, A., Dexter, K. G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Prado, D., Pullan, M., Quintana, C., Riina, R., & Rodríguez, G. M. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science*, 353(6306), 1383-1387. <https://doi.org/DOI: 10.1126/science.aaf5080>
- Becknell, J. M., Kucek, L. K., & Powers, J. S. (2012). Aboveground biomass in mature and secondary seasonally dry tropical forests: A literature review and global synthesis. *Forest Ecology and Management*, 276, 88-95.
- Blandón Benavides, S. M., & Ordeñana Toruño, Y. (2012). *Caracterización de las especies arbóreas presentes en el bosque seco tropical en el norte de Nicaragua del Paisaje Terrestre Mirafior-Moropotente* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].
- Calvo, J., McLennan, B., Sánchez, A., & Garvin, T. (2009). Deforestation and forest restoration in Guanacaste, Costa Rica: Putting conservation policies in context. *Forest Ecology and Management*, 258(6), 931-940. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.035>
- Calvo, S., Sanchez, A. G., Duran, S. M., & Espirito, M. M. (2017). Assessing ecosystem services in Neotropical dry forests: a systematic review. *Environmental Conservation*, 44(1), 34-43.
- Camacho, M. (2000). *Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical; guía para el establecimiento y medición*. CATIE.
- Campo, A. M., & Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural: Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Caracterización rápida de siete sectores hidrográficos del área de influencia del Proyecto Cosecha de Agua en los departamentos de Estelí y Madriz, Nicaragua*. (2021).
- Cardoza Ruíz, F. S. (2011). Diversidad y composición florística y funcional de los bosques del Parque Nacional Montecristo, El Salvador. *Proyecto Finnfor I y Finnfor II-CATIE*.
- Carmona, V., & Carmona, T. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14, 20-28.
- Castillo, B. V., & Aguilar López, L. M. (2018). *Composición arbórea en la Reserva Silvestre Privada Montibelli, Ticuantepe* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].

- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Pla, L., Vilchez, S., & Di Rienzo, M. (2010). *Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach*, *Nota Informativa* [73-75].
- Gentry, A. (1995). Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In E. Medina, H. A. Mooney, & S. H. Bullock (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests* (pp. 146-194). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511753398.007>
- Gillespie, T. W., Grijalva, A., & Farris, C. N. (2000). Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*, *147*(1), 37-47. <https://doi.org/10.1023/A:1009848525399>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó., Rubio-Camacho, E., & González-Tagle, M. (2018). Estructura y diversidad postincendio en un área del matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica*, *45*, 89-100.
- Griscom, H. P., & Ashton, M. S. (2011). Restoration of dry tropical forests in Central America: a review of pattern and process. *Forest Ecology and Management*, *261*(10), 1564-1579. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.027>
- Hernández, M. J., Castillo, P. J. L., Petén, P. B., Román, B. C., Gutiérrez, J. F., Castillo, S., Hernández, D. A. C., Gonzales, V. H. H., Enrique, C., & Tzul, C. (2018). *Dirección General de Investigación Programa Universitario de Investigación en Asentamientos Humanos y Programa Universitario en Historia de Guatemala*.
- Hill, M. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, *54*(2), 427-432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hsieh, T., Ma, K., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, *7*(12), 1451-1456.
- Janzen, D. H. (1988). Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem. Biodiversity, Washintong, DC.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, *113*(2), 363-375.
- Linares, R., & Fandiño, M. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe suroccidental. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, *33*(126), 1-12.
- Maass, J. M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V. J., & García-Oliva, F. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society*, *10*(1).
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring Biological Diversity*. John Wiley & Sons. https://books.google.com.ni/books?id=fIjsaxmL_S8C
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, M., Nicaragua). (2010). *IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica* [115 pág.]. Nicaragua.
- Martella, M. B., Trumper, E. V., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*, *5*(1).
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., & Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, *33*(3), 491-505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Moreno, C. E. (2000). *Métodos para medir la biodiversidad. Volumen I*. Manuales y tesis SEA.

- Murphy, P., & Lugo, A. (1986). Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 17, 67-88. <https://www.jstor.org/stable/2096989>
- Nebel, G., Kvist, L. P., Vanclay, J. K., Christensen, H., Freitas, L., & Ruíz, J. (2001). Structure and floristic composition of flood plain forests in the Peruvian Amazon: I. Overstorey. *Forest Ecology and Management*, 150(1-2), 27-57.
- Pérez Rugama, D. F., Herrera Landero, H. R., & Palacios Centeno, J. A. (2019). *Estructura, diversidad y valor de importancia para la conservación de los remanentes de bosque de trópico seco en la zona Norcentral Nicaragüense FAREM-Estelí*].
- Portillo-Quintero, C., Sanchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Quesada, M., & do Espirito Santo, M. M. (2015). The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Regional Environmental Change*, 15(6), 1039-1049.
- Portillo-Quintero, C., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144-155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Quinto Mosquera, H., & Álvarez Dávila, E. (2010). ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA ALEDAÑA A LAS LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SALERO, CHOCÓ. *Revista Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 29(2).
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Quesada, M., Rodríguez, J. P., Nassar, J. M., Stoner, K. E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E. L., Calvo-Alvarado, J. C., Kalacska, M. E. R., Fajardo, L., Gamon, J. A., & Cuevas-Reyes, P. (2005). Research Priorities for Neotropical Dry Forests I. *Biotropica*, 37(4), 477-485. <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00153.x-i1>
- Sánchez-Merlos, D., Harvey, C. A., Grijalva, A., Medina, A., Vílchez, S., & Hernández, B. (2005). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical*, 53(3-4), 387-414.
- Soler, E., Berroterán, P., Gil, J., & Acosta, R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía tropical*, 62(1-4), 025-038.
- Stevens, W. D., Ulloa, C., Pool, A., & Montiel, O. M. (2001). *Flora de Nicaragua*. Missouri Botanical Garden Press St. Louis, Missouri. Retrieved 1 from
- Stiling, P. (2001). *Ecology: Theories and Applications* (4 ed.). Pearson.
- Torres, J. J. T., Mosquera, V. E. M., & Dávila, E. Á. (2016). Composición y diversidad florística de tres bosques húmedos tropicales de edades diferentes, en El Jardín Botánico del Pacífico, municipio de Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 6(1), 12-21.
- Vargas, G., & Hidalgo-Mora, J. E. (2013). Sucesión de un bosque tropical seco en la Isla San Lucas, Puntarenas, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 5(2), 261-269.
- Vázquez, M., Freire, J., & Suárez, L. (2005). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. *EcoCiencia, MAE & Proyecto Bosque Seco. Quito*.

- Vieira, D. L., & Scariot, A. (2006). Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology*, 14(1), 11-20. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00100.x>
- Vílchez, L. O. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. CATIE.
- Whittaker, R. H. (1965). Dominance and diversity in land plant communities: numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science*, 147(3655), 250-260.
- Zamora-Ávila, M. (2011). Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas Costa Rica.

ANEXOS

Tabla 3

Número de árboles con DAP > 5 cm de cada especie por uso de la tierra. UICN, **CR**: En Peligro Crítico, **EN**: En Peligro, **VU**: Vulnerables, **LC**: Preocupación Menor, **DD**: Datos Insuficientes, **NE**: No Evaluado. Origen y N° países / sp, se basó en la distribución geográfica mundial de las especies según Real Jardín Botánico (KEW). **AA**: abundancia absoluta, **AR**: Abundancia relativa (%).

Especies	UICN	Origen	N°. Países / sp	AA	AR	Bosque de recarga	Cercas vivas	Potreros
<i>Acnistus arborescens</i>		Nativa	24	2	0,05	1	1	
<i>Adelia triloba</i>	LC	Nativa	7	3	0,08	2	1	
<i>Albizia niopoides</i>	LC	Nativa	27	4	0,10	2		2
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	LC	Nativa	16	73	1,88	36	22	15
<i>Andira inermis</i>	LC	Nativa	51	1	0,03	1		
<i>Annona reticulata</i>	LC	Nativa	15	20	0,51	16	3	1
<i>Annonaceae</i>			0	1	0,03		1	
<i>Apoplanesia paniculata</i>	LC	Nativa	7	4	0,10		1	3
<i>Arachothryx deamii</i>	LC	Nativa	12	1	0,03	1		
<i>Aralia excelsa</i>			0	23	0,59	5	16	2
<i>Ardisia revoluta</i>		Nativa	14	2	0,05	2		
<i>Bernoullia flammea</i>	LC	Nativa	9	1	0,03	1		
<i>Bonellia nervosa</i>	LC	Nativa	9	2	0,05		2	
<i>Bourreria andrieuxii</i>	LC	Nativa	7	90	2,31	38	23	29
<i>Bunchosia mesoamericana</i>	LC	Nativa	5	6	0,15	6		
<i>Bursera graveolens</i>	LC	Nativa	16	1	0,03			1
<i>Bursera simaruba</i>	LC	Nativa	34	135	3,47	43	76	16
<i>Byrsonima crassifolia</i>	LC	Nativa	35	17	0,44	5	5	7
<i>Caesalpinia coriaria</i>		Nativa	24	5	0,13	1	2	2
<i>Caesalpinia exostemma</i>		Nativa	10	23	0,59	3	20	
<i>Caesalpinia velutina</i>	LC	Nativa	9	42	1,08	4	31	7
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	LC	Nativa	13	10	0,26	10		
<i>Cascabela ovata</i>	LC	Nativa	10	33	0,85	16	3	14
<i>Casearia corymbosa</i>	LC	Nativa	15	10	0,26	6	3	1
<i>Casearia tremula</i>		Nativa	17	25	0,64	13	4	8

<i>Casearia williamsiana</i>	EN	Nativa	2	28	0,72	9	2	17
<i>Cassia grandis</i>	LC	Nativa	30	25	0,64	9	11	5
<i>Cecropia peltata</i>	LC	Nativa	24	3	0,08	1	1	1
<i>Cedrela odorata</i>	VU	Nativa	38	15	0,39	8	4	3
<i>Ceiba aesculifolia</i>	LC	Nativa	12	2	0,05	2		
<i>Celtis caudata</i>	LC	Nativa	10	12	0,31	10	2	
<i>Cestrum nocturnum</i>	LC	Nativa	16	4	0,10	1	3	
<i>Chloroleucon mangense</i>	LC	Nativa	24	80	2,06	30	17	33
<i>Citrus reticula</i>		Introducida	0	2	0,05	2		
<i>Cnidioscolus megacanthus</i>	LC	Nativa	4	2	0,05	2		
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	LC	Nativa	23	24	0,62	9	5	10
<i>Combretum fruticosum</i>		Nativa	28	1	0,03	1		
<i>Cordia alliodora</i>	LC	Nativa	37	47	1,21	24	12	11
<i>Cordia collococca</i>	LC	Nativa	26	7	0,18	4	1	2
<i>Cordia dentata</i>	LC	Nativa	26	43	1,11	9	27	7
<i>Cordia gerascanthus</i>		Nativa	17	18	0,46	10	5	3
<i>Cordia panamensis</i>	LC	Nativa	14	3	0,08	3		
<i>Cordia truncatifolia</i>		Nativa	6	3	0,08	2		1
<i>Cornutia pyramidata</i>	LC	Nativa	27	1	0,03		1	
<i>Crateva tapia</i>	LC	Nativa	35	1	0,03	1		
<i>Crescentia alata</i>	LC	Nativa	11	13	0,33	1	1	11
<i>Croton niveus</i>	LC	Nativa	21	6	0,15	1	3	2
<i>Curatella americana</i>	LC	Nativa	30	5	0,13	1	4	
<i>Delonix regia</i>		Introducida	1	1	0,03		1	
<i>Diospyros acapulcensis</i>	LC	Nativa	10	57	1,47	47	4	6
<i>Diospyros morenoi</i>		Nativa	5	2	0,05	2		
<i>Ehretia latifolia</i>	LC	Nativa	11	1	0,03			1
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	LC	Nativa	19	58	1,49	28	18	12
<i>Erythrina berteroa</i>		Nativa	17	2	0,05	2		
<i>Erythrina fusca</i>	LC	Nativa	51	1	0,03	1		
<i>Erythrina poeppighiana</i>		Introducida	8	1	0,03	1		
<i>Erythroxyton havanense</i>			0	1	0,03	1		
<i>Eugenia acapulcensis</i>	LC	Nativa	16	2	0,05	2		
<i>Eugenia hondurensis</i>		Nativa	2	8	0,21	3	5	
<i>Exostema caribaeum</i>	LC	Nativa	25	13	0,33	13		
<i>Ficus cotinifolia</i>	LC	Nativa	12	1	0,03		1	
<i>Ficus crocata</i>	LC	Nativa	31	4	0,10	1		3
<i>Ficus insipida</i>	LC	Nativa	22	17	0,44	17		
<i>Ficus pertusa</i>	LC	Nativa	30	1	0,03		1	
<i>Genipa americana</i>	LC	Nativa	32	5	0,13	1	2	2
<i>Gliricidia sepium</i>	LC	Nativa	17	283	7,28	225	46	12
<i>Godmania aesculifolia</i>	LC	Nativa	18	6	0,15	3		3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	LC	Nativa	40	187	4,81	70	45	72

<i>Guettarda macrosperma</i>		Nativa	8	1	0,03		1	
<i>Gyrocarpus americanus</i>	LC	Nativa	51	8	0,21	4	4	
<i>Haematoxylum brasiletto</i>	LC	Nativa	13	68	1,75	11	56	1
<i>Handroanthus ochraceus ssp.</i>		Nativa	19	67	1,72	21	3	43
<i>Neochrysanthus</i>								
<i>Hymenaea courbaril</i>	LC	Nativa	34	161	4,14	55	20	86
<i>Jatropha curcas</i>	LC	Nativa	36	5	0,13	3	2	
<i>Karwinskia calderonii</i>		Nativa	8	317	8,15	67	77	173
<i>Leucaena shanonii</i>		Nativa	6	31	0,80	17	13	1
<i>Licania arborea</i>	LC	Nativa	15	1	0,03	1		
<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	LC	Nativa	9	133	3,42	60	32	41
<i>Luehea candida</i>	LC	Nativa	14	72	1,85	58	9	5
<i>Luehea speciosa</i>	LC	Nativa	19	1	0,03			1
<i>Lysiloma acapulcense</i>	LC	Nativa	11	15	0,39	3	2	10
<i>Lysiloma auritum</i>	LC	Nativa	8	31	0,80	3	1	27
<i>Lysiloma divaricatum</i>	LC	Nativa	11	48	1,23	36	2	10
<i>Machaerium biovulatum</i>	LC	Nativa	18	1	0,03	1		
<i>Machaerium nicaraguense</i>	EN	Nativa	4	2	0,05	2		
<i>Maclura tinctoria</i>	LC	Nativa	39	2	0,05	2		
<i>Mangifera indica</i>	DD	Introducida	5	8	0,21	8		
<i>Melicoccus bijugatus</i>	LC	Introducida	2	1	0,03	1		
<i>Muntingia calabura</i>		Nativa	20	5	0,13	1		4
<i>Neomillspaughia paniculata</i>	LC	Nativa	4	29	0,75	28		1
<i>Opuntia lutea</i>	DD	Nativa	6	3	0,08	3		
<i>Persea americana</i>	LC	Nativa	9	6	0,15	6		
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	LC	Nativa	23	2	0,05		2	
<i>Pinus oocarpa</i>	LC	Nativa	10	2	0,05	2		
<i>Piptadenia flava</i>	LC	Nativa	17	1	0,03		1	
<i>Pisonia aculeata</i>	LC	Nativa	51	7	0,18	2	2	3
<i>Pithecellobium dulce</i>	LC	Nativa	16	10	0,26	4	6	
<i>Platymiscium parviflorum</i>	CR	Nativa	5	132	3,39	41	26	65
<i>Pochota fendleri</i>		Nativa	9	1	0,03	1		
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	LC	Nativa	13	3	0,08		1	2
<i>Psidium guajava</i>		Nativa	38	4	0,10		2	2
<i>Pterocarpus rohrii</i>		Nativa	23	7	0,18	7		
<i>Quercus segoviensis</i>	LC	Nativa	7	136	3,50	84	2	50
<i>Randia nicaraguensis</i>	LC	Nativa	2	20	0,51	11	7	2
<i>Rehdera trinervis</i>	LC	Nativa	6	215	5,53	90	31	94
<i>Robinsonella lindeniana</i>		Nativa	7	8	0,21	8		
<i>Ruprechtia costata</i>	LC	Nativa	9	5	0,13	1		4
<i>Ruprechtia nicaraguensis</i>		Nativa	2	1	0,03		1	
<i>Sapindus saponaria</i>	LC	Nativa	47	1	0,03		1	
<i>Sapium glandulosum</i>	LC	Nativa	33	5	0,13	1	3	1

<i>Sapium macrocarpum</i>		Nativa	13	1	0,03			1
<i>Sapranthus violaceus</i>	LC	Nativa	7	9	0,23	8	1	
<i>Schoepfia schreberi</i>	LC	Nativa	23	13	0,33	5	8	
<i>Semialarium mexicanum</i>			26	1	0,03		1	
<i>Senna atomaria</i>	LC	Nativa	27	75	1,93	14	12	49
<i>Sideroxylon capiri var. tempisque</i>		Nativa	27	4	0,10	4		
<i>Simarouba amara</i>	LC	Nativa	4	6	0,15	2	1	3
<i>Solanum atitlanum</i>	LC	Nativa	38	1	0,03	1		
<i>Spondias mombin</i>	LC	Nativa	16	4	0,10	4		
<i>Spondias purpurea</i>	LC	Nativa	12	28	0,72	8	12	8
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	LC	Nativa	16	10	0,26	7	3	
<i>Stemmadenia pubescens</i>		Nativa	11	4	0,10	2	1	1
<i>Swietenia humilis</i>	EN	Nativa	18	16	0,41	7	7	2
<i>Tabebuia rosea</i>	LC	Nativa	37	6	0,15		1	5
<i>Tecoma stans</i>	LC	Nativa	7	276	7,10	71	91	114
<i>Terminalia macrostachya</i>	LC	Nativa	5	4	0,10	3		1
<i>Thouinia brachybothrya</i>		Nativa	12	45	1,16	44	1	
<i>Thouinidium decandrum</i>	LC	Nativa	13	4	0,10	4		
<i>Trichilia americana</i>	LC	Nativa	0	6	0,15		6	
<i>Trichilia havanensis</i>	LC	Nativa	21	2	0,05		1	1
<i>Trichilia hirta</i>	LC	Nativa	33	12	0,31	10	1	1
<i>Trichilia martiana</i>			24	1	0,03	1		
<i>Trophis racemosa</i>	LC	Nativa	0	3	0,08	1	2	
<i>Urera caracasana</i>	LC	Nativa	32	2	0,05	2		
<i>Vachellia collinsii</i>	LC	Nativa	11	5	0,13	4		1
<i>Vachellia farnesiana</i>	LC	Nativa	47	3	0,08	1	2	
<i>Vachellia pennatula</i>		Nativa	14	208	5,35	16	47	145
<i>Ximenia americana</i>	LC	Nativa	51	10	0,26	7		3
<i>Xolocotzia asperifolia</i>	EN	Nativa	3	2	0,05	1	1	
<i>Xylosma horrida</i>		Nativa	5	8	0,21	4	4	
<i>Yucca guatemalensis</i>	DD	Nativa	10	2	0,05	1	1	
<i>Zanthoxylum culantrillo</i>		Nativa	29	4	0,10		3	1
<i>Zanthoxylum fagara</i>	LC	Nativa	38	3	0,08	3		
<i>Zanthoxylum schreberi</i>	LC	Nativa	17	2	0,05	1	1	
<i>Ziziphus guatemalensis</i>		Nativa	7	3	0,08	1	2	
total			3889	100		1649	953	1287



Ilustración 1 Medición de las parcelas de potrero.



*Ilustración 2 Árbol mandagual (*Caesalpinia velutina*) número 100 del sistema de cerca viva en la unidad hidrográfica El Espinal.*



*Ilustración 3 Medición del DAP a un árbol de guanacaste blanco (*Albizia niopoides*) en la unidad hidrográfica El Gualiqueme.*



Ilustración 4 Levantamiento de datos en el sistema de potrero



Ilustración 5 Medición del DAP a un árbol de guanacaste blanco (Albizia niopoides) en la unidad hidrográfica EL Espinal



Ilustración 3 Medición del DAP a un árbol de coyote Platymiscum parviiflorum



*Ilustración 4 Medición del DAP a un árbol de chicharron *Rehdera trinervis**



Ilustración 5 observación parcelas para proceder a muestrear en Santo Domingo



Ilustración 6 Equipos utilizados para el muestreo en los diferentes sistemas inventariados



Ilustración 7 Cosecha de agua en la unidad hidrográfica El Gualiqueme