

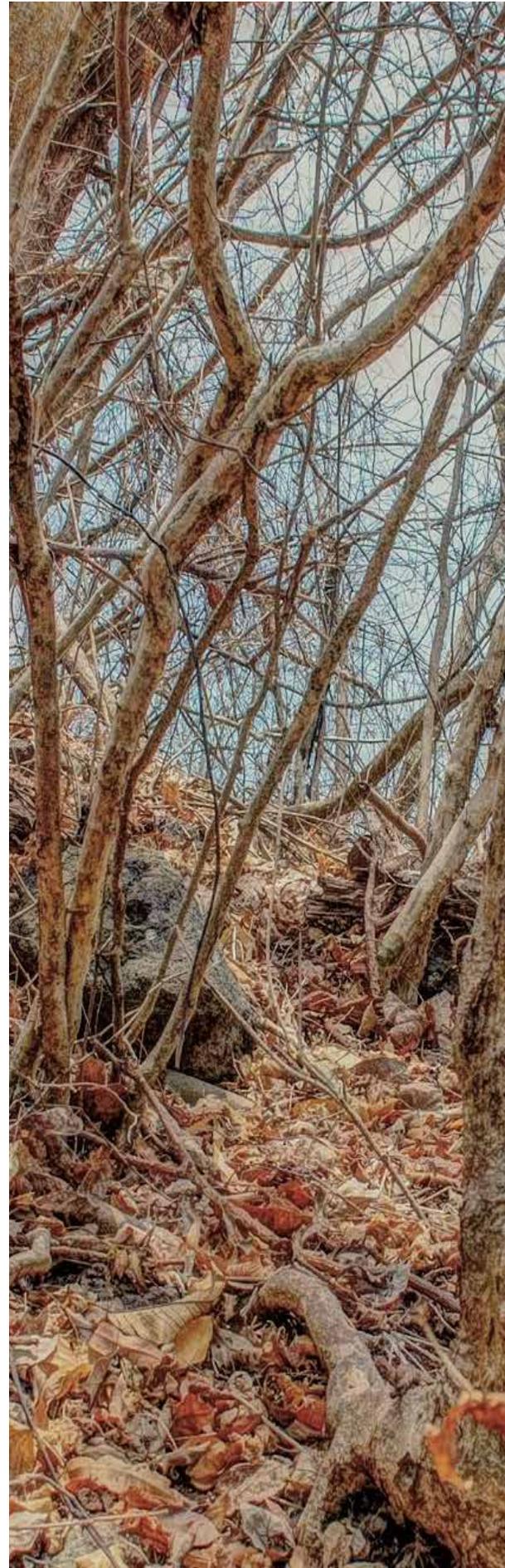
# HISTORIA NATURAL DEL BOSQUE TROPICAL SECO DE NICARAGUA

Editor: Iris SALDÍVAR GÓMEZ



## **OBJETIVO DEL LIBRO**

Es un libro pionero en relatar la historia natural del bosque seco, pretende situar al lector en contestar algunas preguntas importantes, para entender este ecosistema. Como, por ejemplo: ¿Cómo se originó el bosque seco? ¿Cuáles son sus características y distribución? ¿De qué especies es hábitat? Y por otro lado incluye la relación espacial del bosque seco con los recursos de agua, suelo y biodiversidad; así como reflexiones sobre el cambio climático en este ecosistema. Es importante para nosotros en este libro divulgar algunas iniciativas exitosas que pueden servir de ejemplo para su restauración y conservación. Divulgar la situación actual de este ecosistema en Nicaragua, tales como áreas bajo protección, especies vulnerables y manejo del ecosistema.





# REVISTA NICARAGUENSE DE BIODIVERSIDAD

N° 116 \_\_\_\_\_ NOVIEMBRE 2024

---

## HISTORIA NATURAL DEL BOSQUE TROPICAL SECO DE NICARAGUA

---

PUBLICACIÓN DEL MUSEO ENTOMOLÓGICO  
LEÓN - - - NICARAGUA

**La Revista Nicaragüense de Biodiversidad** (ISSN 2413-337X) es una publicación que pretende apoyar a la divulgación de los trabajos realizados en Nicaragua en este tema. Todos los artículos que en ella se publican son sometidos a un sistema de doble arbitraje por especialistas en el tema.

**The Revista Nicaragüense de Biodiversidad** (ISSN 2413-337X) is a journal created to help a better divulgation of the research in this field in Nicaragua. Two independent specialists referee all published papers.

## Consejo Editorial

**Jean Michel Maes**  
Editor General  
Museo Entomológico  
Nicaragua

**Milton Salazar**  
Herpetonica, Nicaragua  
Editor para Herpetología.  
herpingnicaragua@gmail.com

**Liliana Chavarría**  
ALAS, El Jaguar  
Editor para Aves.

**Oliver Komar**  
ZAMORANO, Honduras  
Editor para Ecología.

**Indiana Coronado**  
Missouri Botanical Garden/  
Herbario HULE-UNAN León  
Editor para Botánica.

**Eric P. van den Berghe**  
ZAMORANO, Honduras  
Editor para Peces.

**José G. Martínez-Fonseca**  
Nicaragua  
Editor para Mamíferos.

**Estela Yamileth Aguilar**  
Álvarez  
ZAMORANO, Honduras  
Editor para Biotecnología.

URL DE LA REVISTA: [http://www.bio-nica.info/.](http://www.bio-nica.info/)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional

# CONTENIDO

**PRÓLOGO** - Dr. Incer Barquero

**CAPITULO I:** DELIMITANDO Y CARACTERIZANDO EL BOSQUE TROPICAL SECO NICARAGUENSE

**CAPITULO II:** BOSQUE TROPICAL SECO Y AGUA

**CAPITULO III:** SUELOS DEL BOSQUE SECO

**CAPITULO IV:** VEGETACIÓN DEL BOSQUE TROPICAL SECO NICARAGÜENSE

**CAPITULO V:** MACROHONGOS PRESENTES EN EL BOSQUE SECO NICARAGUENSE

**CAPITULO VI:** LOS MAMÍFEROS SILVESTRES DEL BOSQUE SECO DEL PACÍFICO NICARAGÜENSE

**CAPITULO VII:** HISTORIA NATURAL MODERNA DE LAS AVES EN LA VERTIENTE DEL PACIFICO DE NICARAGUA

**CAPITULO VIII:** MOLUSCOS DEL BOSQUE TROPICAL SECO DE NICARAGUA

**CAPITULO IX:** INSECTOS DEL BOSQUE TROPICAL SECO

**CAPITULO X:** MANEJO DEL BOSQUE SECO: BREVE HISTORIA Y USO ACTUAL, AMENAZAS Y EXPERIENCIAS DE CONSERVACIÓN

**CAPITULO XI:** RESERVA NATURA; EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN



---

# HISTORIA NATURAL DEL BOSQUE TROPICAL SECO DE NICARAGUA

---

## CAPITULOS Y SUS AUTORES

### **Delimitando el bosque seco**

Dr. Jean Michel Maes  
M.Sc. Iris Saldívar  
Ing. Muriel Ríos  
Ing. Jürguen Guevara

### **Bosque tropical seco y agua**

Dra. Katherine Vammen  
M.Sc. Elizabeth Peña  
Ing. Muriel Ríos

### **Suelo**

Dra. Xiomara Castillo

### **Vegetación bosque tropical seco**

M.Sc. Iris Saldívar  
Macrohongos  
M.Sc. Iris Saldívar

### **MACROHONGOS**

M.Sc. Iris Saldívar

### **Mamíferos**

M.Sc. Arnulfo R. Medina-Fitoria

### **Aves del bosque seco**

M.Sc. Marvin A. Tórrez  
Dr. Wayne J. Arendt  
M.Sc. Edgar Castañeda  
Ing. María Elena Salgado  
M.Sc. Marlon Sotelo  
Lic. Orlando Jarquín

### **Moluscos**

Dr. Adolfo López  
Lic. Gabriel H. Vega R.

### **Insectos**

Dr. Jean Michael Maes

### **Manejo del bosque seco**

M.Sc. Ivania Cornejo

### **Reserva Natura: experiencia de restauración**

Lic. Rosario Sáenz  
M.Sc. Fabio Buitrago  
M.Sc. Jaime Incer Barquero  
M.Sc. Gustavo Martínez  
Cárdenas

## INTRODUCCIÓN

El bosque tropical seco (BTS), es el más amenazado en el mundo (Dryflor, 2016) y representa alrededor del 42% de los bosques de las regiones tropicales. A nivel mundial solo el 8% de estos bosques se encuentran bajo protección. Este ecosistema agrupa aproximadamente doce diferentes tipos de formaciones vegetales en

centro y sur américa (Stan y Sánchez, 2019). En su estado original, se estima existe solo un 2 % del área total (Janzen, 1988; Stan y Sánchez, 2019). A la orilla de las costas centroamericanas, se le atribuye solo 0.1% de bosque originario “intacto” (Marín et al., 2005).



*Vachellia collinsii* (fotografía © Marvin Tórrez)

## ¿Cómo acotar el bosque tropical seco?

El bosque seco se encuentra descrito principalmente por las variaciones de tres parámetros ambientales: Altura, precipitaciones y temperatura Holdridge (1983); Salas (1993). Las precipitaciones de este ecosistema pueden enmarcarse en un rango de 500 a 2000 mm de lluvia anual y un relieve comprendido de 150 a 800 msnm, con temperaturas promedio 20 y 29 °C (Salas, 1993).



## HISTORIA GEOLOGICA DEL BOSQUE TROPICAL SECO

El bosque seco presenta una distribución fragmentada y relativamente contemporánea, en el neo trópico se le asocia con las fluctuaciones climáticas ocurridas en el cuaternario. Los estudios contemporáneos de palinología proponen que las glaciaciones y el final de estas fueron las que marcaron la composición de especies y posiblemente la reducción de las precipitaciones fue lo que controló la distribución de

plantas durante un lapso de tiempo importante del pleistoceno. La geología del pacífico de Nicaragua está marcada por los eventos ocurridos durante el mioceno, cuando ocurre el hundimiento del Graben y durante el plioceno después del periodo de actividad volcánica producto de la orogénesis del cuaternario (deformación y fracturación de la corteza terrestre) (Bergoieng, 1987).



## PROLOGO

El bosque tropical seco, en contraste a su homólogo el bosque tropical húmedo se desarrolla mayoritariamente en la región occidental de Nicaragua, donde la humedad es inferior a 2,000 mm anuales, en contraste al segundo que prevalece arriba de esa cifra en la vertiente del Caribe. Bernardo Ponsol S.J. fue el primer ecólogo que en la década de 1940 zonificó las áreas eco-climáticas del país, teniendo como ejes la altitud y la humedad. Con mayor precisión también lo hizo el botánico Juan Bautista Salas, describiendo e ilustrando los más representativos árboles del país. Mayor número de especies arbóreas son descritas en la monumental obra sobre la Flora de Nicaragua, publicada más recientemente por el Missouri Botanical Garden, después de varios años de prospección y colección in situ por el curador Warren Douglas Stevens.

Aunque se estima que las especies arbóreas, (coníferas y angiospermas), en Nicaragua suman unas 350 especies, la gran mayoría de estas también ocurren en el resto del istmo centroamericano. Este libro es un valioso avance en la información sobre el bosque tropical seco de Nicaragua y esperamos que será una guía para futuras investigaciones, en especial sobre la cobertura del bosque seco.

El bosque tropical seco, empezó a utilizarse por pobladores en tiempos precolombinos, para agricultura, los colonizadores españoles aceleraron el proceso. El auge del algodón, después de la segunda guerra mundial, y la voracidad de los terratenientes cambio radicalmente la tenencia de la tierra y casi termino de destruir el bosque seco en la mitad norte del Pacífico de Nicaragua. El banano, el café con o sin sombra, la caña de azúcar y más recientemente el maní casi terminan con los reductos de bosque seco. Los esfuerzos de conservación de los reductos que quedan son importantes, aun más importantes los esfuerzos de restauración de áreas de usos múltiples, como cosecha y almacenamiento de agua, en el caso de la Reserva Natura.

Es sumamente importante darle prioridad a crear conexiones entre los diferentes sectores del existente bosque tropical seco en el Pacífico de Nicaragua. Existen varias iniciativas de restauración con diferentes metodologías de reforestación, como regeneración natural y reforestación con especies nativas como se ha experimentado en la Reserva Natura y otros ejemplos en proceso. Es esencial restaurar la valoración del bosque tropical seco con sus ecosistemas y biodiversidad única tanto en el sector público como privado, una razón más para promover, divulgar y estudiar libros tan valiosos como el aquí presentado.

Jaime Incer, Enero del 2022.



Volcán Concepción. Isla de Ometepe Nicaragua (fotografía © Milton Ubeda)

# CAPITULO I

## DELIMITANDO Y CARACTERIZANDO EL BOSQUE TROPICAL SECO NICARAGUENSE

Jean Michel Maes<sup>1</sup>, Iris Saldívar<sup>2</sup>, Muriel Ríos<sup>3</sup> y Jürguen Guevara<sup>4</sup>.

---

### Introduciendo que se denomina bosque tropical seco

El bosque tropical seco (BTS), es el tipo de bosque más amenazado en el mundo (Dryflor, 2016) y representa alrededor del 42% de los bosques de las regiones tropicales. A nivel mundial solo el 8% de estos bosques se encuentran bajo protección. Este ecosistema agrupa aproximadamente doce diferentes tipos de formaciones vegetales en centro y sur américa (Stan y Sánchez, 2019). En su estado original, se estima existe solo un 2 % de este ecosistema (Janzen, 1988; Stan y Sánchez, 2019). A la orilla de las costas centroamericanas, se atribuye solo 0.1% de bosque originario “intacto” (Marín *et al.*, 2005).

En Latinoamérica las formaciones de bosque seco son complejas y tienen algunas diferencias, así como ocurrencias disyuntivas, donde la temporalidad es un factor fundamental de su composición. En términos de bosque dominados mayormente por árboles y diferenciados de áreas de sabana, flora xerofítica y resistente al fuego; son bosques que tienen un dosel cerrado, suelos fértiles y abundantes especies de fabáceas, bignoniáceas, anacardiáceas, mirtáceas,

rubiáceas, euforbiáceas y sapindáceas, así como flora intermedia con cierta dispersión y pocas familias de gramíneas. En Centroamérica el bosque tropical seco con estas características abarcaría la zona desde el norte de Guanacaste hasta el norte del trópico de Cáncer en la zona del desierto de Sonora, México (Pennington *et al.*, 2000).

El bosque tropical seco se encuentra descrito principalmente por las variaciones de tres parámetros ambientales; la temperatura que se registra entre los 20 y 29 C, la precipitación que puede oscilar de 500 a 2000 mm anuales; y un relieve comprendido de 150 a 800 msnm (Salas, 1993). La flora de la península de Yucatán es descrita como bosque estacional seco y se encuentra entre los 100 y los 250 msnm. Está representada por especies como *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Spondias mombin* L., *Karwinskia humboldtiana* (Willdt. ex.Schult.) Zucc., *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth., entre otras especies de árboles de bosque seco, cuya distribución ocurre en diferentes gradientes

---

<sup>1</sup> Museo Entomológico de León, Morpho Residency, de Hielera CELSA media cuadra arriba, 21000 León, Nicaragua [jmmaes@yahoo.com](mailto:jmmaes@yahoo.com) ORCID: 0000-0002-5425-3439

<sup>2</sup> Investigadora adscrita al Centro de Formación y Capacitación Ambiental-CICFA-Nicaragua.

<sup>3</sup> Nicaragua

<sup>4</sup> Nicaragua

altitudinales desde zonas bajas, hasta los 700 msnm (White & Hood, 2004). Algunos autores delimitan el relieve mínimo de ocurrencia a partir de los 400 msnm para diferenciar las formaciones de árboles caducifolios de otras formaciones vegetales (Gillespie, 1999). Nuevos enfoques proponen estudiar el bosque seco (árboles deciduos de dosel abierto) separado de las formaciones xerofíticas y de sabana, ya que esto puede traer confusiones de tipo biogeográfico de las especies y contempla formaciones vegetales, cuyo origen no es siempre similar (Pennington *et al.*, 2000). Esta separación facilita el estudio de ciertas formaciones que se encuentran a menos de 200 msnm, como zonas de manglar, bosques de galería en la ribera de ríos, yolillales etc. Otros autores amplían su rango de extensión hasta los 1000 msnm (Holdridge, 1966; Sabogal, 1992). Así por ejemplo algunas zonas de Nueva Segovia y Madriz tienen alturas por encima de los 900 msnm, pero presentan precipitaciones anuales inferiores a los 600 mm, por lo que el bosque alberga una cantidad importante de especies de vegetación de las zonas bajas del bosque tropical seco (Salas, 1993).

La delimitación del bosque tropical seco, como ecosistema de estudio, aún sigue siendo motivo de controversia dentro de la comunidad científica. En 1988 Janzen se refería también a la poca atención que este ecosistema recibía de parte de conservacionistas y ecologistas en relación a la selva tropical; Lo cual ciertamente es un aspecto que influye, pero por otro lado suele ser complejo crear fronteras y delimitaciones a los fenómenos naturales, cuyas respuestas se deben a la interacción entre micro hábitat y el hábitat.

Las referencias sobre delimitación de BTS más usadas son las propuestas por Holdridge, las cuales hacen énfasis en precipitaciones, altura y temperatura. Estos términos fueron posteriormente ajustados por Salas dividiendo el país en zonas ecológicas, de tal forma que se facilite su estudio (Organización de los Estados Americanos, 1997). Otros estudios, como la adaptación de zonas climáticas de Kopen, el BTS abarcaría toda la región pacífica y la región norte de Nicaragua.

Estas zonas se caracterizan por un clima caliente y sub húmedo donde las precipitaciones ocurren principalmente de mayo-octubre; con rangos entre los 600 mm y los 2000 mm de pluviosidad. El clima seco a semi árido se presenta al oeste de Sébaco y en los municipios de Telpaneca, Totogalpa y Yalagüina.

En esta área las temperaturas presentan una media de 23 a 27 °C y precipitaciones entre los 650 a 800 mm (MARENA, 2019).

La descripción de las formaciones vegetales que forman estas regiones ecológicas y climáticas dentro del bosque seco, se divide en naturales y artificiales. Las consideradas naturales están representadas por: bosques de dosel bajo a mediano, caducifolios y sub-caducifolios de zonas bajas; bosques sub-perennifolios y perennifolios de zonas bajas, siendo este último sujeto a debate según la altura en que las formaciones vegetales se presenten (Salas, 1993). Por otra parte, en el bosque seco encontramos otros patrones de formación florísticas denominados “artificiales”, lo cual indica que son bosques con diferentes grados de perturbación, producto de la influencia antropogénica. Estas formaciones son las siguientes: bosque tropical árido caducifolio, bosque abierto de galería, bosque bajo sabanero con matorral caducifolio, matorrales espinosos, sabana herbácea, sabana semi-desértica, llanos y sabanas (Salas, 1993; Steaven, 2001).

## Biogeografía

Muchos autores han tratado de dividir el planeta en zonas que comparten características biológicas o ecológicas, llegando a un consenso de cinco regiones grandes: Neártico (América del Norte incluyendo el norte de México), Paleártico (Europa, Asia y África del norte), Neotropical (América central y Suramérica), Etiópico (África) y Oceánico (Australia e islas del Pacífico).

Por ejemplo, Morrone (2001), organizó el continente americano en 55 provincias, de las cuales tres provincias incluyen el territorio de Nicaragua. La provincia de la Costa Pacífica Mexicana que abarca una franja estrecha a lo largo de la costa pacífica desde México (Sinaloa, Nayarit) hasta Costa Rica (Guanacaste), corresponde también a la provincia de Chinandega (Ryan, 1963), Centro Pacífico Centroamericano (Müller, 1973), Eco-región de los Bosques Secos del Lado Pacífico de América Central (Dinerstein *et al.*, 1995) y la provincia de las Tierras Bajas del Pacífico (Campbell, 1999); esta provincia es la que ocupa nuestro sujeto de estudio.

Luego la provincia de Chiapas o Núcleo de Chiapas, no abarca costas, pero las zonas altas (500 a 2000 metros)

desde la Sierra Madre de Chiapas hasta las zonas altas de Nicaragua (Jinotega y Matagalpa), corresponde también la Provincia Montana nicaragüense (Ryan, 1963), Centro de Bosque Montano Centroamericano (Müller, 1973) y la Eco-región de Bosques de Pino y Robles de Centroamérica (Dinerstein *et al.*, 1995). La provincia de Oriente de América Central que abarca la costa atlántica desde Guatemala hasta Panamá, corresponde también a la Provincia Mosquito (Ryan, 1963), Centro de Coco (Müller, 1973), Eco-región de los Bosques Húmedos del Lado Atlántico de América Central (Dinerstein *et al.*, 1995) y Eco-región de los Bosques de Pino de la Mosquitia (Dinerstein *et al.*, 1995). Estas provincias se construyen en base a patrones de distribución de especies típicas de la región.

Un acercamiento similar que trata de definir ecoregiones o regiones con ecosistemas similares, según Dinerstein y colaboradores (1995), las ecoregiones son unidades geográficas discretas de los tipos principales de hábitat, una ecoregión representa un ensamblaje geográficamente definido constituido de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies, la dinámica ecológica y las condiciones ambientales Dinerstein *et al.* (1995), presenta no solamente una clasificación de las eco-regiones, pero además una valoración de estado de conservación, para nuestro tema de interés, la Eco-región de Bosques secos del lado Pacífico de América Central (México hasta Costa Rica) considera un estado crítico de conservación. El mismo autor considera para las otras dos eco-regiones de Nicaragua un estado vulnerable para los Bosques de pino y roble de América Central, así como los Bosques húmedos del lado Atlántico de América Central y relativamente estable para los Bosques de pino de Miskito. Es evidente que en veinte años la situación se deterioró rápidamente.

Desde una perspectiva más local el botánico nicaragüense Juan Salas en sus libros Árboles de Nicaragua (1993) y Biogeografía de Nicaragua (2002); divide Nicaragua en 4 regiones: Región Ecológica I (Sector del Pacífico), Región Ecológica II (Sector Norcentral), Región Ecológica III (Sector Central) y Región Ecológica IV (Sector del Atlántico). La subdivisión es similar a la de Morrone (2001), pero basada un poco más en variables climáticas, principalmente la precipitación. En esta clasificación atañe a nuestro estudio la Región Ecológica I y tal vez parte de la Región Ecológica II. La Región

Ecológica I comprende al igual que la provincia de la Costa Pacífica Mexicana de Morrone (2001) la franja Pacífica de Nicaragua.

Salas (1993, 2002) divide esta zona en 5 formaciones vegetales: bosques medianos o bajos subcaducifolios de zonas cálidas o secas, abarcando la mayor parte de la zona; bosques bajos o medianos caducifolios de zonas cálidas y secas, formando una herradura alrededor de los dos lagos; bosques medianos o altos perennifolios de zonas muy frescas y húmedas, formando puntos o anillos alrededor de los volcanes y abarcando la sierra de Managua a Carazo; bosques medianos o altos perennifolios de zona muy fresca y húmeda (nebliselvas de altura) formando puntos en los volcanes más altos y los bosques medianos o altos sub perennifolios de zonas frescas y húmedas en las pequeñas serranías de Chontales al NE del Lago de Nicaragua. La franja de Sapoá – Cárdenas se dejan (Salas, 1993, Morrone, 2001 y Salas, 2002) en la Provincia de Oriente de América Central o en la Región Ecológica III. También Salas (2002) presentó como formaciones azonales los bosques bajos de esteros y marismas (manglares del litoral del Océano Pacífico; los bosques bajos de sitios inundados periódicamente con agua salada (praderas salinas frente al Golfo de Fonseca) y los Bosques medianos a altos de sitios inundados periódicamente con agua dulce (márgenes noreste del Lago de Nicaragua). La parte de la Región ecológica II (Sector norcentral) que se asocia a veces a bosque seco, o que esta abarcado en la distribución de algunas especies de plantas o animales del Pacífico es la vertiente oeste de la zona alta, que forma una banda diagonal desde Boaco hasta Ocotal y Jalapa, compuesta de bosques medianos o altos perennifolios de zonas muy fresca y húmedas. Otra vez se aprecia lo complejo de definir límites precisos a este estudio, ya que algunos criterios definen una zona y la distribución de algunas especies definen áreas distintas.

Según estas clasificaciones, nuestra área de interés se caracteriza de manera muy general por una vegetación de bosques húmedos y secos, sabanas y palmares (Morrone, 2001). Para Salas (2002) se caracteriza por ser la región más seca y más cálida de Nicaragua, con altitudes de 0 a 200 msnm, formando una plataforma de 28,042 Km<sup>2</sup>, con relieves de volcanes formando la cordillera de los Maribios, la serranía de Managua a Carazo, volcán Mombacho y los volcanes de la isla Ometepe. Las precipitaciones van desde 300 mm.

Acercándose un poco a las zonas internas de dicha región pacífica, ya mencionadas. Los bosques caducifolios de zona cálida muy seca (herradura alrededor de los lagos), con altitudes de 0 a 500 msnm, temperaturas de 24 a 28 grados, precipitaciones de 750 a 1250 mm de lluvia (llueve de mayo a octubre).

Los bosques de zonas cálidas semi-húmedas (mayor parte del área), con altitudes de 0 a 500 msnm, temperaturas de 24 a 28 grados, precipitaciones de 1250 a 1900 mm de lluvia (llueve de mayo a noviembre).

En el sur, la provincia que nos concierne, termina con la región de Guanacaste y de manera interesante, al sur de la región de Guanacaste, sigue el bosque húmedo del Pacífico, del suroeste de Costa Rica. Esta frontera precisa en el mapa, localizada en el río Tárcoles, esta estudiada por Kohlmann y Wilkinson (2007) basándose en las poblaciones de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae).

Aparentemente existe una frontera interna, en medio de la región de bosques secos del Pacífico de Nicaragua, una línea divide entre Managua y la costa Pacífica, el bosque tropical seco en una parte norte y una parte sur.

Pérez A.M. (comunicación personal) y Genoways y

Timm (2019) reportaron para moluscos terrestres y ardillas, una división entre el norte y el sur del área de bosques tropicales secos de Nicaragua. En caso de Genoways y Timm (2019) el límite parece pasar por una línea imaginaria entre Puerto Sandino y Nagarote, antes de cruzar el lago. En la definición de Unidades Ecológicas Terrestres (Meyrat, 2009; MARENA, 2011) se menciona como una sola unidad León – Rivas – Granada y en otra Managua – Ciudad Darío, esta opinión se contradice posiblemente con las anteriores.

*Myscelia ethusa pattenia*, una mariposa típica del bosque tropical seco, presenta un caso un poco similar, es una especie rara en la parte norte y abundante en la parte sur de la provincia de bosque seco. No se reportan especímenes de esta especie en la parte de bosque seco de los departamentos de Chinandega y León, contrastando con algunas cifras del departamento de Rivas con algunos sitios de muestreo de 2 a 3 mil especímenes. Esta especie, muy abundante en la parte sur de los bosques secos de Nicaragua, además se ha encontrado en un corredor de bosques pre-montanos entre Boaco, Matagalpa y Estelí. Esta distribución corresponde en gran medida a la distribución de su potencial planta hospedera *Adelia triloba*.

## Formaciones de Vegetación Azonales

La delimitación de los tipos de bosques, dado su complejidad ha sido analizada desde diferentes características, básicamente han tenido mayor aceptación, aquellos parámetros que faciliten agrupar las formaciones en unidades de estudio manejables (Mogni et al., 2015). Sin embargo, existe una marcada heterogeneidad en el paisaje en dependencia de la distribución espacial, esto implica que la forma en que se van a distribuir las especies también responde a múltiples factores a pesar que en la mayoría de los casos haya formaciones de vegetación, que respondan a patrones ambientales con rangos más o menos frecuentes y comunes a cierto número de especies para su exitosa distribución (Mogni et al., 2015).

El bosque seco nicaragüense se encuentra inserto geográficamente en cercanías del litoral marino, lagos, lagunas y cordilleras volcánicas, por lo cual, es frecuente que colinde con diferentes zonas de

transición y al mismo tiempo, con vegetación azonal. Los sitios que se denominan azonales, se describen como aquellas formaciones que no son atribuibles a los rangos de altura y precipitaciones que ocurren bajo patrones continuos en la eco-región, si no que dan origen a formaciones de vegetación y/o especies que están acotadas a características muy puntuales del sitio, tales como topografía, humedad, sustrato, salinidad etc. Estos azonales están marcados por humedad constante e incluso anegamiento en la mayoría de los casos (Ahumada y Faundez, 2007).

Los azonales nicaragüenses fueron descritos como los bosques bajos de esteros, bosques medianos a altos de sitios periódicamente inundados o permanentemente con agua dulce y los bosques de pino ubicados en el Caribe (Salas, 1993).

Por otro lado, los rangos altitudinales ejercen una influencia destacada en la formación y distribución de las comunidades vegetales dentro del bosque, que

también influyen en el establecimiento y distribución de otras comunidades de especies (Villanueva et al., 2017), de ahí que la cordillera volcánica del Pacífico nicaragüense, aporte especies de vegetación y grupos de fauna que no pueden ser explicados dentro del rango general de parámetros ambientales que suelen demarcar el bosque seco. Un claro ejemplo de ello, lo encontramos en la vegetación de la Reserva Natural Volcán Mombacho, la cual debido a las características de sus parámetros ambientales comprende diferentes zonas de vida; en las partes bajas encontramos cultivos de maíz, frijoles, hortalizas y arroz; así como vegetación de bosque seco deciduo. En la parte media encontramos cultivos de café (Fundación Cocibolca, 2000).

El cambio de vegetación asociada a nebliselva suele ocurrir a los 600 msnm. A partir de este punto en las nebliseltas del sur de Nicaragua suelen predominar las Fabaceas, Meliaceas, Moraceas y Sapindaceas y en el caso particular de este volcán también encontramos un bosque enano en su parte superior, dominado por especies de Clusia, orquídeas, epífitas, *Miconia* (Stevens, 2001; Weaber y Díaz, 2002). Para reflexionar además de la complejidad del ensamble de la vegetación, esta estratificación de la vegetación en Mombacho, representa una formación atípica dentro de una formación azonal inserta en una matriz continua de bosque tropical seco.

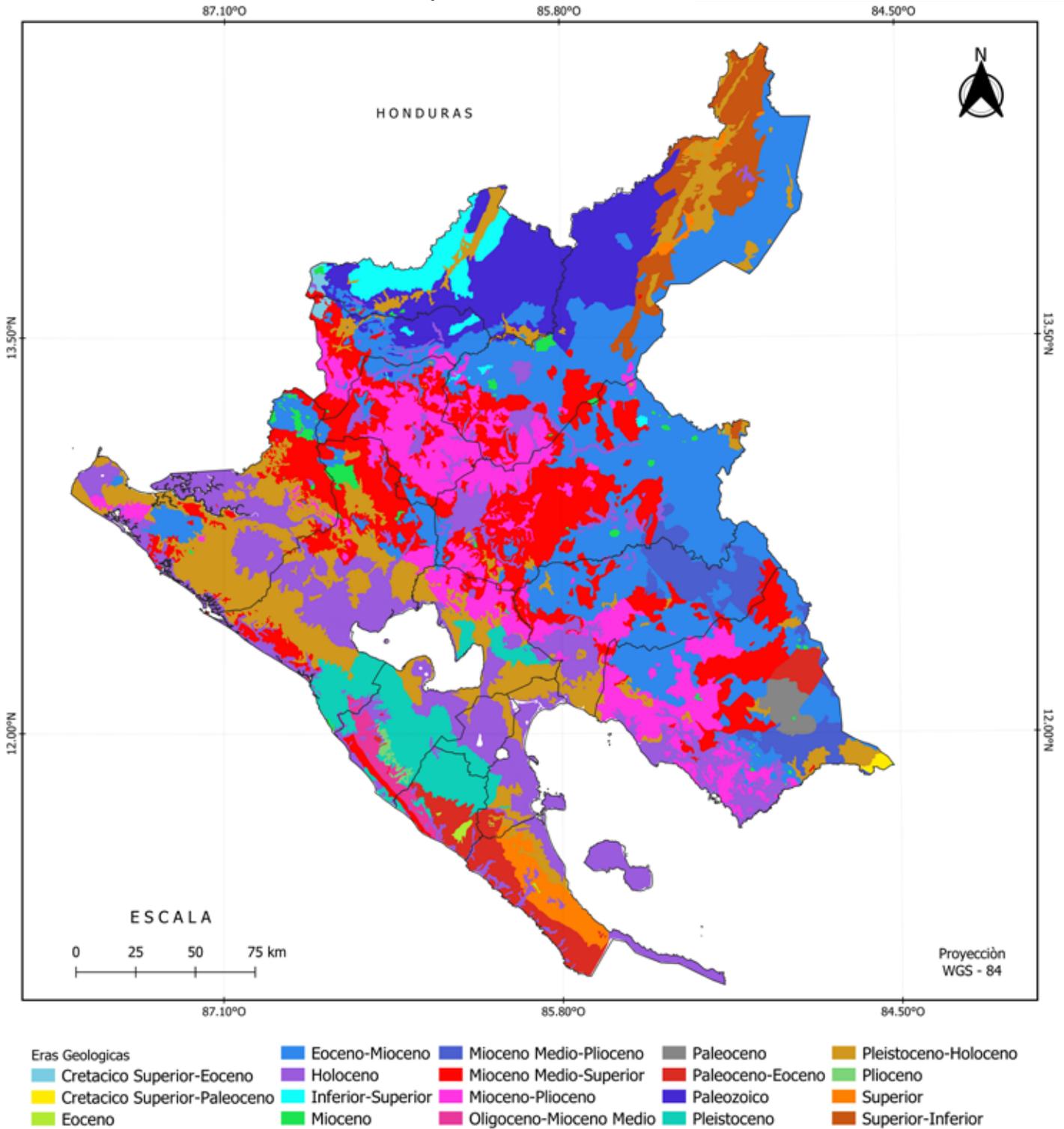
## Historia geológica del bosque tropical seco

El origen geológico del territorio nicaragüense es el resultado de múltiples eventos que van desde el cretácico tardío hasta el Pleistoceno. Nicaragua tiene un importante complejo de rocas sedimentarias que datan del terciario y el cuaternario. El graben o depresión que se encuentra en el pacífico esta mayormente formada por rocas sedimentarias de origen volcánico y aluvial; esto principalmente producto de la influencia cuaternaria (Arengi y Hodgson, 2010). Durante el Mioceno en los márgenes de las costas del pacífico sur de Nicaragua ocurrió una subducción de la placa de Cocos (Vannucci et al., 2001), este tipo de

fenómenos influye en la forma en como ocurre el vulcanismo en las costas centroamericanas.

Los lagos de Nicaragua y de Managua están ubicados en la gran depresión o graben del pacífico nicaragüense. Esta depresión corta el istmo centroamericano del golfo de Fonseca en el océano pacífico (Incer, 1976) y se extiende hasta el caribe costarricense, esta forma un arco que hasta cierto punto sigue la ruta del río san juan y luego se une con el caribe costarricense, aparentemente en conexión con la placa Caribe (Morgan, Ranero y Vannucci, 2008). Ambos lagos se localizan entre una antigua erosión meseta que constituye la parte central del país y un delgado cinturón del istmo de Rivas. La mayor profundidad del graben se localiza en el lago de Managua. El lago de Nicaragua se calcula tiene unos 450 km de costa, cuyas características varían según los eventos geológicos ocurridos en cada localidad, así al noroeste de Poneloya empiezan las intrusiones al río Tipitapa, las costas de Granada tienen tramos arenosos y con marcada sedimentación volcánica y una formación en forma de barrera que separa las aguas de lago de Nicaragua, de la laguna de Tisma (Incer, 1976). Estas complejidades de estructuras se encuentran inmersas en la eco-región cuyas características ecológicas corresponden a la demarcación de bosque tropical seco.

Algunos estudios de arqueobotánica han demostrado distribuciones antiguas de plantas en un rango altitudinal de 600 - 1200 m con características para bosques deciduos o formaciones xerofíticas en diferentes bosques secos situados desde México hasta Colombia y Venezuela, las Antillas y estribaciones este del premontano de los Andes; estos bosques suelen tener una marcada estacionalidad, arboles de dosel cerrado y suelos descubiertos de hierbas, son bosques que se encuentran inmersos dentro de complejos tipos de vegetación en función de sus condiciones climáticas, edáficas y topográficas (Pennington *et al.*, 2000).



**Figura 1.** Representación de la geología de Nicaragua (Eras geológicas) (Retomado de WMS-INETER, elaborado por J. Araque P.).

El bosque seco presenta una distribución fragmentada y relativamente contemporánea, en el neo trópico se le asocia con las fluctuaciones climáticas ocurridas en el cuaternario. Los estudios contemporáneos de palinología proponen que las glaciaciones y el final de

estas fueron las que marcaron la composición de especies y posiblemente la reducción de las precipitaciones fue lo que controló la distribución de plantas durante un lapso de tiempo importante del pleistoceno (Pennington *et al.*, 2000).

## Distribución espacio-temporal del bosque tropical seco nicaragüense

En Nicaragua actualmente no existe una cifra exacta de cuál es la dimensión del bosque tropical seco, si tomamos de referencia las regiones ecológicas I y II donde se describe la vegetación de zonas secas en Nicaragua, entonces se estimaría aproximadamente unos 49,167 km (Salas, 1993). Sin embargo, no se contemplarían las zonas de transición, montañas y aquellas formaciones geológicas que aportan zonificaciones especiales, así como tampoco se reflejarían las formaciones de vegetación producto de la presión antropogénica.

El BTS se encuentra fragmentado, se calcula que al menos 0.1 millones de ha en Nicaragua, se localizan en áreas protegidas y que pueden facilitar información para profundizar la investigación científica sobre sus dinámicas de establecimiento y resiliencia (Marín et al., 2005). Las formaciones de BTS coinciden con las zonas donde se estableció la mayor cantidad de población (Stevens, 1995; Janzen, 1988; Harvey, 2018). Por otra parte, los suelos del bosque seco suelen ser fértiles, lo cual facilita la producción de alimentos y leña (Dryflor, 2016; MARENA, 2017); resultando un factor importante para la colonización de territorios.

América Central empezó a ser poblada aproximadamente unos diez mil años antes de Cristo. Según estimaciones se calcula que en 1452 en tierras bajas neotropicales existían unos 25 millones de agricultores, cuyas tierras en un 80% se encontraban en biomas de bosque. Antes de la llegada de los españoles, ya existían importantes prácticas agrícolas en la región y estas prácticas incluían quemadas y raleos de vegetación (Dull et al., 2010). Aunque el uso de la tierra no era similar al actual en intensidad, si existían pequeñas siembras de granos para el consumo de la comunidad. Las tierras bajas del Pacífico proveían la mayoría de los productos que se consumían.

Según la OEI (2000), para el periodo precolombino explica que es posible que estos grupos mantenían una subsistencia en agricultura de maíz y con menos énfasis se aprovechaban los recursos acuícolas y marinos.

En el Pacífico, la sal era recolectada a lo largo de la costa, disponían de maderas duras para la construcción

y para la manufactura de canoas; obtenían caucho, copal y tinte, mientras que de la corteza de la higuera se fabricaba papel y del árbol de bálsamo (una medicina aromática).

El denominado corredor seco centroamericano durante la conquista española comprendía desde el istmo de Tehuantepec (México), hasta el valle del río Atrato (Colombia) (Díaz, 2019). Narran muchos cronistas que Nicaragua, era apreciado por la facilidad de tránsito que representaba, en la época había puntos más codiciados para establecerse, lo que no necesariamente afectó, que con el paso del tiempo fueron creciendo los poblados (Tous, 2002). Posteriormente, la conquista española significó un cambio en el establecimiento y la manera de usar la tierra, muchos productos dejaron de cultivarse y las milpas tradicionales disminuyeron y se le dio prioridad al cultivo de granos, al mismo tiempo que comenzó la ganadería extensiva (Díaz, 2019).

En Centroamérica antes de la colonia, no era muy común la crianza de animales, se acostumbraba tener guajolotes y perros mudos, pero no había una crianza instaurada de los mismos. Los animales de crianza y carga fueron introducidos durante la conquista, estos significaron una “revolución” por lo novedoso y lo que generó su utilización en la manufactura de productos y transporte. El ganado llegó a Nicaragua en 1520, los primeros hatos introducidos fueron con el fin de reproducirlos y se especula fueron llevados a la zona de Aranjuez, Nicoya (Tous, 2002).

El establecimiento del ganado en la región, se vio favorecido por la baja densidad poblacional, las extensas tierras fértiles y la ausencia de depredadores, estos animales se asentaron y reprodujeron rápidamente, lo cual hizo que poco a poco la práctica ganadera se hiciera popular en toda la Provincia de Nicaragua, donde rápidamente se hizo un rubro de comercio tan importante como la producción de añil y cacao. Por otra parte, dio origen a otros rubros como la industria del cuero y el sebo.

En 1608 se contaban 80 hatos o sitios de crianza de ganado en los alrededores de Granada, algunos de estos hatos superaban las 2500 cabezas (Kinloch, 2016), sin embargo, los mayores hatos ganaderos se encontraban ubicados en el Realejo, Chinandega (Tous, 2002).

## Estado actual del bosque tropical seco nicaragüense y conservación

El bosque seco se encuentra con frecuencia como un mosaico de parches de bosque que reúnen especies de árboles que muestran un dosel abierto con diferentes grados de heterogeneidad y que sobrellevan diferentes niveles de perturbación.

La regeneración natural dependerá de los bancos de semillas disponibles en el suelo, es decir la dominancia de algunas especies de semillas y su capacidad de permanecer en latencia, hasta encontrar las condiciones adecuadas para su establecimiento (Khurana & Sighn, 2000); así como el grado de perturbación que exista en el sitio y el uso histórico de la tierra.

El bosque seco nicaragüense lo encontramos como fragmentos de bosque secundarios y en algunos casos con suelos degradados (Mihlo y Sepúlveda, 2007); la vegetación se ensambla principalmente siguiendo las características de bosque bajo caducifolio, bosque pre-montano y bosque muy seco, según lo podemos apreciar en la figura 2 (Mapa bosque seco nicaragüense, delimitación según Salas y coberturas con teledetección 2020.). Las subdivisiones para analizar las agrupaciones de vegetación, responden a los patrones influidos por altura, temperaturas y precipitación principalmente (Holdridge, 1966; Salas, 1993).

En Nicaragua se estimaba en el año 2000, 3,751,666 ha de bosque seco según la valoración forestal comprendidos en el Pacífico y la región Nord central (MAGFOR, 2000). En el 2011, la Alianza para la Conservación del bosque seco, estimo una reducción de este ecosistema a 406, 813.89 ha para todo el territorio nacional. Los estudios científicos apuntan a que el bosque seco nicaragüense se encuentra de forma fragmentada en el paisaje y con fluctuantes cambios en las coberturas del suelo.

Los fragmentos de bosque que observamos en la figura 2, son producto de la información obtenida y validada en campo a través de teledetección y análisis espectral de sensores remotos de las imágenes satelitales del Sentinel II A, esto permitió obtener información valiosa sobre el estado de la fragmentación del bosque en la región pacífico y región central del país en 2018, dicha información sirvió para la representación actual del bosque.

El mapa nos indica que el bosque seco latifoliado ralo

se localiza principalmente entre los departamentos de Rivas y el área comprendida por las Sierras de Managua; lo podemos observar como la zona en la cual los fragmentos de bosque presentan menos dispersión espacial y se observan más cercanos unos de otros. Lo cual también muestra que el área es prioritaria a conservar para lograr una compactación del bosque a mediano y largo plazo. El bosque en una etapa joven y/o pionera, cuya vegetación es principalmente arbustiva la observamos en la región oeste del departamento de Chontales.

El BTS maduro o bosque denso, normalmente un bosque secundario más antiguo, se observa como pequeñas islas principalmente en áreas con alguna categoría de conservación. Un importante aspecto que nos facilita la lectura espacial de la distribución de los fragmentos de bosque, así como su estado de madurez es preguntarnos donde exactamente están insertos esos fragmentos y compararlo con ¿en dónde se han ubicado los esfuerzos de conservación de este ecosistema?

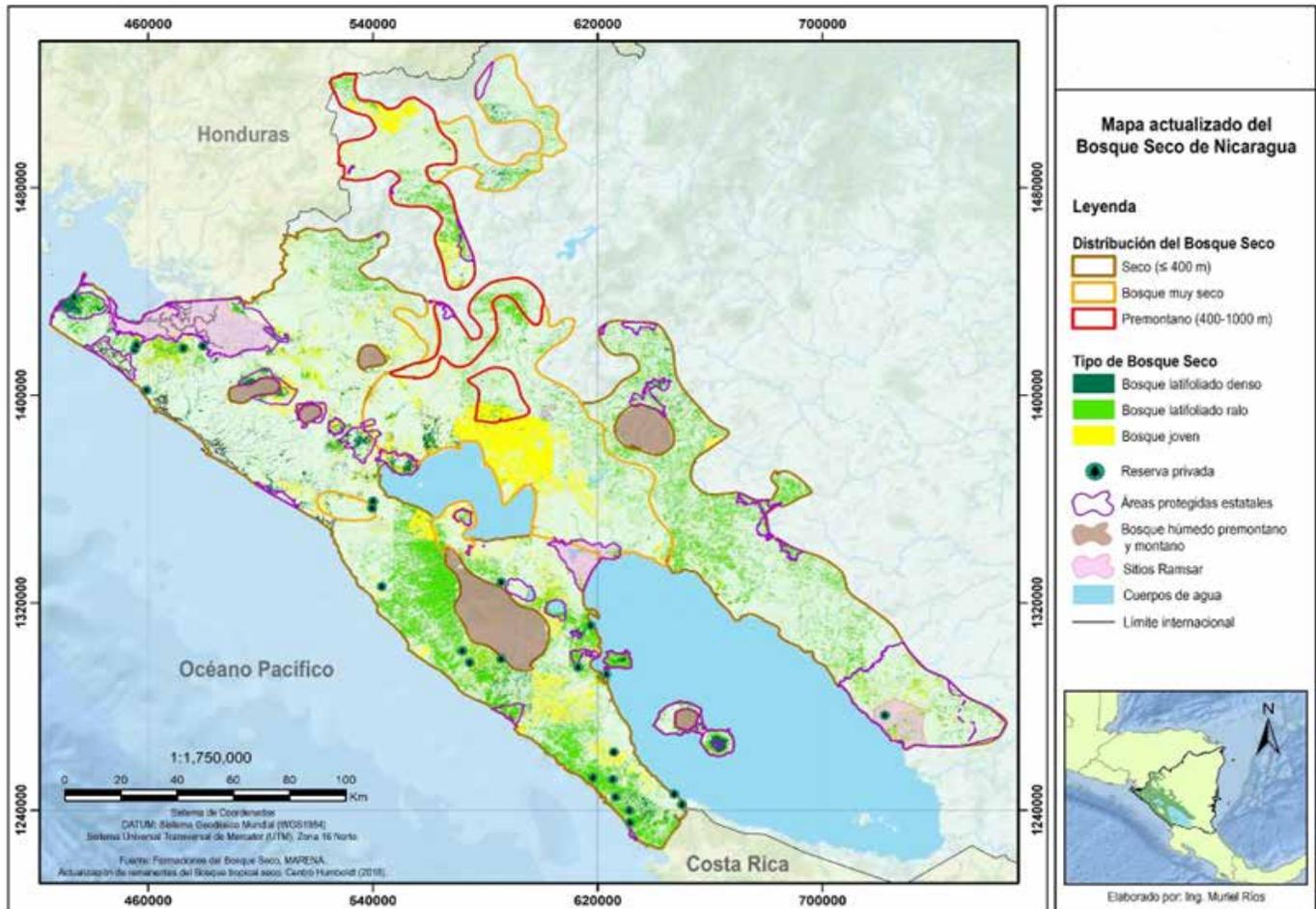
Las áreas protegidas en Nicaragua se han establecido bajo un proceso gradual y bajo contextos políticos diferentes entre los años 1956, 1974 y posteriormente a inicios de la década de los noventas, donde hubo un mayor número de áreas que fueron declaradas bajo diferentes categorías de protección por el estado. Estos esfuerzos en los 90s, dieron mayor énfasis a la necesidad de tener planes de manejo y conservación de las áreas protegidas (GIZ-FUNDENIC, 2013). Actualmente existen 72 áreas protegidas y 3 Reservas de Biosfera bajo protección estatal en su mayoría (INTUR, 2019), de las cuales 24 se ubican en el pacífico nicaragüense (GIZ-FUNDENIC, 2013).

Las áreas naturales protegidas en el pacífico nicaragüense, protegen importantes remanentes de bosque, pero no necesariamente abarcan áreas significativas de bosque seco, al menos no en lo que describe su matriz continua en cuanto a rangos de altura, temperatura y precipitaciones. Algunos ejemplos al respecto son las Reservas naturales como el Mombacho y el volcán Maderas cuyas áreas o anillos de protección, conservan principalmente el ecosistema de nebliselva. Otro caso similar es el Refugio de vida silvestre Chacocente, el cual representa en su gran mayoría bosques de galerías y en su zona costera un hábitat importante para la anidación de las tortugas marinas. La Reserva Natural Padre Ramos y Juan Venado son ecosistemas principalmente de manglar y

bosques inundados. En todos los casos mencionados el bosque seco de zonas bajas, se encuentra dentro de las zonas de amortiguamiento y normalmente tienen algún grado de uso y/o intervención antropogénica.

En la conservación del bosque seco juegan un papel muy importante las reservas silvestres privadas, de 107 inscritas en el país, al menos una tercera parte se encuentran localizadas en el pacífico nicaragüense y

algunas incluso estratégicamente cercanas, como las ubicadas en la zona alta de las Sierras de Managua. Por ejemplo, la Reserva silvestre privada Quelantaro, Concepción de María y la Mákina se encuentran insertas en lo que se describe clásicamente como la matriz continua (200-400 m de altitud y 2000 mm de precipitación anual como máximo) del bosque tropical seco.



**Figura 2.** Mapa del bosque seco nicaragüense, delimitación según Salas y coberturas con teledetección 2020.

La figura 2, nos muestra como las reservas silvestres privadas están ayudando a proteger el bosque tropical seco y no necesariamente, solo aquellos fragmentos de bosque que protegen los denominados “azonales”, cuya conservación es importante, pero la discusión es si representan o no el bosque tropical seco nicaragüense.

La fragmentación del bosque ocasiona pérdida de hábitat, disminución de servicios eco sistémicos, incrementa los incendios forestales y el aumento de emisiones de Carbono (Hansen et al., 2020). En el 2020 se reportaron 7,562 puntos de calor en el territorio

nicaragüense, algunos de ellos en las regiones donde se ubica BTS (Chinandega, León, Nueva Segovia y San Rafael del sur) (Centro Humboldt, 2020).

La conservación del BTS nicaragüense, es una necesidad real e imperante. Este bosque circunda las zonas urbanas más densas del territorio nicaragüense y al mismo tiempo sus fragmentos de bosque son los que brindan resguardo a la fauna silvestre de este ecosistema, como ya se ha documentado en el caso de especies de *Ateles geoffroyi* y *Alouatta palliata* en los fragmentos de bosques situados en Rivas (Guillén et al.,

2013). Los servicios ecosistémicos que aporta el BTS son muy importantes para las urbes aledañas. En el 2020 el proyecto Agua Neutral de FUNDENIC reportaba que las 82,500 ha de bosque de la cuenca sur de Managua, abastece el 70 % del consumo de los habitantes. De ahí la

relevancia de fortalecer las iniciativas de conservación y restauración del bosque, con énfasis en aquellas zonas en donde, los fragmentos del BTS no se encuentran tan dispersos, teniendo un mayor potencial de recuperación a mediano plazo.

## Referencias bibliográficas.

- Ahumada, C.M. y Faundez, J.Y.** (2009). Guía descriptiva de los sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la ecorregión altiplánica. Servicio Agrícola y Ganadero, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Chile, 60 pp. [https://www.researchgate.net/publication/294573290\\_Guia\\_descriptiva\\_de\\_los\\_sistemas\\_vegetacionales\\_azonales\\_hidricos\\_terrestres\\_de\\_la\\_ecorregion\\_altiplanica\\_SVAHT](https://www.researchgate.net/publication/294573290_Guia_descriptiva_de_los_sistemas_vegetacionales_azonales_hidricos_terrestres_de_la_ecorregion_altiplanica_SVAHT)
- Alianza Para La Conservación Del Bosque Seco.** (2011). Programa Nacional Para La Conservación, Restauración Y Manejo Del Ecosistema De Bosque Seco En Nicaragua. GIZ. Pp. 23-31. <https://pasopacifico.org/wp-content/uploads/2019/09/programa-bosque-seco-nicaragua-fundenic-2011.pdf>
- Alves-Mihlo, S.F. & Sepúlveda, N.R.** (2007). Reservas silvestres privadas: una alternativa para conservar el bosque seco en Nicaragua. *Bois et Forêts des Tropiques*, 291:41-53.
- Aregni, J.T. y Hodgson, G.V.** (2010). Overview of the Geology and Mineral Industry of Nicaragua. 42(2000):45-63.
- Balvanera, P., Lott, E., Segura, G., Siebe, C. & Islas, A.** (2002). Patterns of  $\beta$  diversity in a Mexican tropical dry forest. 13 (2):145-158.
- Brodribb, T.J., Hoolbrock, N.M. & Gutierrez, M.V.** (2002). Hydraulic and photosynthetic coordination in seasonally dry tropical forest trees. 25(11): 1435-1444.
- Calero, M.** (2020). *Sector manicero proyecta que no habrá crecimiento en el área de siembra.* La Prensa. <https://www.laprensa.com.ni/2020/06/17/economia/2686260-sector-manicero-proyecta-que-no-habra-crecimiento-en-el-area-de-siembra>
- Campbell, J.A.** (1999). Distribution patterns of amphibians in Middle America. En: DUELLMAN W.E. (ed.) *Patterns of distribution of amphibians: A global perspective.* The John Hopkins University Press, Baltimore & Londres, pp. 111-210.
- Centro Humboldt Nicaragua.** (2020). 7 sucesos que hicieron un año atípico en Nicaragua. <https://humboldt.org.ni/7-sucesos-que-hicieron-del-2020-un-ano-atipico-en-nicaragua/>
- Comité nacional de productores de azúcar (CNPA).** (2020). *Datos Finales De Producción Zafra 2019/20.* <https://cnpa.com.ni/wp-content/uploads/2020/10/Zafra19-20-Q.pdf>
- Díaz, E.** (2019). El corredor seco centroamericano en perspectiva histórica. *Anuarios de Estudios Centroamericanos* (45). 288-313.
- Dinerstein, E., Olson, D.M., Graham, D.J., Webster, A.L., Primm, S.A., Bookbinder, M.P. & Ledec, G.** (1995). Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. World Bank, Washington D.C.
- Dryflor** (2016). *Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications.* *Science*. (363)(6306). 1383-1387.
- Dull, R.A., Nevle, R.J., Woods, W.I., Bird, D.K., Avneri, S. & Denevan, W.M.** (2014). The Columbian encounter and the little ice age: abrupt land use change, fire, and green house forcing. *Annals of the american association of geographers*. (100)(4). 755-771.
- Fundación nicaragüense para el desarrollo sostenible (FUNDENIC)** (2018). Cosechan gran cantidad de agua al sur de Managua. <https://fundenic.org/blog/agua-neutral-sierras-de-managua-enero-2018>
- Genoways H.H. & Timm R.M.** (2019). *The Neotropical*

- Variegated Squirrel, *Sciurus variegatoides* (Rodentia: Sciuridae) in Nicaragua, with the Description of a New Subspecies. In BRADLEY R.D., GENOWAYS H.H., SCHMIDLY D.J. & BRADLEY L.C. Eds. From Field to Laboratory: A Memorial Volume in Honor of Robert J. Baker. Special Publications, Museum of Texas Tech University, 71:479-513.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y Fundación nicaragüense para el desarrollo sostenible (FUNDENIC)** (2013). Áreas protegidas de Nicaragua. [https://fundenic.org/uploads/3/6/4/8/36486485/areas\\_protegidas\\_pacifico\\_nicaragua\\_2013\\_web\\_.pdf](https://fundenic.org/uploads/3/6/4/8/36486485/areas_protegidas_pacifico_nicaragua_2013_web_.pdf)
- Guillén, K.H., wHagell, S., Otterstrom, S., Spehar, S. & Gómez, C.** (2013). Primate Populations in Fragmented Tropical Dry Forest Landscapes in Southwestern of Nicaragua. *Developments in Primatology: Progress and Prospects*. 105-120. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8839-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8839-2_8)
- Hansen, M., Wang, L.X.P., Tyukavina, A., Turubanova, S., Potapov, P. & Stehman, S.V.** (2020). The fate of tropical forest fragments. *Science advances*. 6: eaax8574.
- Harvey, J.W., Stansell, N., Nogué, S. y Willis, K.J.** (2019). *The Apparent Resilience of Dry Tropical Forests of the Nicaraguan Region of the Central American Dry Corridor to Variations in climate Over the Last C.1200 Years*. *Quaternary*. 2(3):25. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Holdridge, L.R.** (1966). Life zone ecology. [http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Archivo:LR\\_Holdridge\\_1966\\_life\\_zone\\_ecology.pdf](http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Archivo:LR_Holdridge_1966_life_zone_ecology.pdf)
- Incer, J.B.** (1976). Geography of lake Nicaragua. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=ichthynicar>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)** (2005). *Clasificación climática según Koppen periodo 1971 2000*. <https://webserver2.ineter.gob.ni/geofisica/mapas/Nicaragua/clima/atlas/Clasificacion%20Climatica/Clasi>
- Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR)** (2019). Ruta de áreas protegidas. <https://www.intur.gob.ni/2019/03/ruta-de-areas-protegidas-de-nicaragua/>
- Janzen, D.H.** (1988). Management of Habitat Fragments in a Tropical Dry Forest: Growth. <http://35.196.33.155/bitstream/handle/11606/1261/Management%20of%20Habitat%20Fragments%20in%20a%20Tropical%20Dry%20Forest%20Growth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kennard, K.D.** (2002). *Secondary forest succession in tropical dry forest: patterns of development across a 50 years chronosequence in lowland Bolivia*. *Journal of tropical ecology*. 18(1): 53-66.
- Khurana, E. & Singh, J.S.** (2000). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental conservation*. 28(1): 39-52.
- Kinloch, F.T.** (2016). *Historia de Nicaragua*. 5ta Edición, INHCA-UCA, Managua, Nicaragua. Pp 276-278.
- Kitajima, K. & Mulkey, S.** (1997). Seasonal leaf phenotypes in the canopy of a tropical dry forest: photosynthetic characteristics and associated traits. *Oecologia*. 109: 490-498.
- Kohlmann B. & Wilkinson M.J.** (2007). The Tarcoles Line: biogeographic effects of the Talamanca Range in Lower Central America. *Giornale italiano di Entomologia*, 54(12):1-30.
- Maes, J.M.** (2020). Distribución geográfica de *Myscelia ethusa pattenia* BUTLER & DRUCE, 1872 (Lepidoptera: Nymphalidae) en Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 195: 30 pp.
- Marín, C.G., Nygard, R., González, B.R. & Oden, P.C.** (2005). Stand dynamics and basal area change in a tropical dry forest reserve in Nicaragua. *Forest Ecology and Management*. 208 (1-2): 63-75.
- Meyrat, A.** (2009) Ubicación, estado y valor de las especies, formaciones vegetales y ecosistemas de Nicaragua. MARENA, Managua, 81 pp.
- Ministerio Agropecuario y Forestal - Magfor** (2000). Valoración Forestal Nicaragua 2000. <https://www.yumpu.com/es/document/view/38160632/valoracion-forestal-nicaragua-2000-magfor>
- Ministerio de fomento, Industria y Comercio (MIFIC)**. (2008). *Ficha producto Maní*. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583p.pdf>

- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).** (2011). *Estudio de ecosistemas y biodiversidad de Nicaragua y su representatividad en el sistema nacional de áreas protegidas*. MARENA, Managua, 140 pp.
- Ministerio Del Ambiente y Los Recursos Naturales (MARENA)** (2017). *Estudios de las causas de deforestación y degradación forestal. La problemática de las existencias de carbono forestal, en el marco de la Enderedd+*. <https://www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/Fases/2.%20Estudio%20Causas%20Desforestaci%C3%B3n%20y%20Degradaci%C3%B3n%20Forestal.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, (MARENA).** (2019). *Clasificación climática según Koppen periodo 1971 2000. Tercera Comunicación sobre Cambio Climático*. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/Tercera%20Comunicaci%C3%B3n%20Nicaragua.pdf>
- Mogni, V.I., Oakley, L.J., Maturo, H.M., Galetti, L.A. y Prado, D.E.** (2015). Biogeografía y florística de los bosques secos estacionales neotropicales (BSEN). *Revista OKARA: Geografía en debate* v.9.n.2.p. 275-296.
- Montenegro, S.G. y Jiménez, G.M.** (2006). Residuos de plaguicidas en aguas de pozos de Chinandega Nicaragua. 7: 37 45. <http://repositorio.cnu.edu.ni/Record/RepoUNANM2461/Details>
- Morgan, J.P., Ranero, C.R. & Vanucci, P.** (2008). Intra-arc extension in Central America: Links between plate motions, tectonics, volcanism, and geochemistry. 272 (1-2): 365-371.
- Morrone, J.J.** (2001). Biogeografía de América Latina y el Caribe Manuales & Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa, 3: 148 pp.
- Muller, P.** (1973). The dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical realm: A study in the evolution of the Neotropical biota and its native landscape. Junk, La Haya.
- OAS.** (1997). Manejo Ambiental y Desarrollo sostenible de la cuenca de Río San Juan. <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea05s/begin.htm#Contents>
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).** *Los Tiempos Precolombinos: Informes del estado de Cultura*. <https://www.oei.es/historico/cultura2/Nicaragua/01a.htm>
- Organización de los Estados Americanos (OAS).** (1997). Manejo ambiental y desarrollo sostenible de la cuenca de Río San Juan. <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea05s/begin.htm#Contents>
- Pennington, T.R., Prado, E.D & Pendry, C.A.** (2000). Neotropical seasonally dry forest and quaternary vegetation changes. *Biogeography*. 27(2): 261-273.
- Ryan, R.M.** (1963). The biotic provinces of Central America. *Acta Zool. Mex.*, 6:1-55.
- Sabogal, C.** (1992). Regeneration of tropical dry forest in Central America, with examples from Nicaragua. *Journal of Vegetation Science. Journal of Vegetation Science*. 3(3); 407-416.
- Sabourin, E., Patrouilleau, M.M., Le Coq, J.F., Vasquez, L. y Niederle, P.** (2017). Políticas públicas a favor de la agroecología en América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/a-i8067s.pdf>
- Salas, J.B.** (1993). *Árboles de Nicaragua*. Instituto nicaragüense de Recursos naturales y del Ambiente, IRENA, (pp. 88-222-390).
- Salas, J.B.** (2002). *Biogeografía de Nicaragua*. Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Nicaragua.
- Stan, K. & Sánchez, A.A.** (2019). *Tropical Dry Forest Diversity, Climatic Response, and Resilience in a Changing Climate*. *Forest*. 10(5): 443.
- Stevens, D.** (2001). *Flora de Nicaragua: Tropics, botanical information system at the Missouri Botanical Garden*. [www.tropicos.org/Project/FN](http://www.tropicos.org/Project/FN).
- Tous, M.M.** (2002). De la Gran Nicoya precolombina a la provincia de Nicaragua, s. XV y XVI. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/701/TOUSINTRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Vannucci, P., Scholl, D.W., Meschede, M. & McDougall, R.K.** (2001). Tectonic erosion and consequent collapse of the pacific margin of Costa Rica: Combined implication from ODP leg 170, seismic offshore data, and regional geology of the Nicoya Peninsula. *Tectonics*. 20(5): 649-668.
- Villanueva, L.S., Dupuy, J.M., Andrade, J.L., García, C.R., Jackson, P.C. & Paz, H.** (2017). Patterns of plant functional variation and specialization along secondary

succession and topography in a tropical dry forest.  
Environmental Research Letter. 12: 055044.

**Weaber, P.L & Díaz, F.S.** (2002). Mombacho Volcano  
Natural Reserve, Nicaragua. Mesoamericana. 6: 1-2.

**White, D.A. & Hood. C.S.** (2004). Vegetation patterns  
and environmental gradients in tropical dry forests of  
the northern Yucatan. Journal of Vegetation Science.  
15(2):151-160.

# CAPITULO II

## BOSQUE TROPICAL SECO Y AGUA

Katherine Vammen<sup>1</sup>, Elizabet Peña<sup>2</sup> y Muriel Ríos<sup>3</sup>.

### Bosque y agua

La comprensión de la relación entre bosque y agua ha ganado más importancia como elemento fundamental para establecer una gestión integrada de los recursos hídricos y como insumo prioritario para diseñar los esfuerzos en la restauración del bosque. Más que el 75% de las aguas dulces accesibles se obtiene de cuencas forestales (Newton, 2021). La comprensión científica de la coherencia entre el ciclo hidrológico y bosques ha alcanzado mayor atención debido a transformaciones impuestas por 1) cambio climático que ha implicado, en algunos casos, escasez de agua por todos los usos y 2) cambios en uso de la tierra que ha significado una reducción en áreas de bosques con sus respectivos resultados en la reducción de la biodiversidad, de la recarga a los acuíferos y flujo de entrada a aguas superficiales y por lo tanto, agua accesible al sistema hídrico.

### Ciclo hidrológico y bosques

Agua es el factor más importante que promueve el crecimiento y distribución de árboles en el bosque (Holbrook *et al.*, 1994). Por otro lado, el bosque tiene la capacidad de modular el ciclo hidrológico; la deforestación puede afectar el clima reduciendo precipitaciones regionales como consecuencia de la disminución en evapotranspiración (Saldívar y Vammen, 2024).

El ciclo hidrológico se caracteriza en su relación a los ecosistemas por tres componentes: 1) el agua de recursos renovables de ríos, lagos y aguas subterráneas designado como “agua azul”, 2) el agua que se mantiene en el suelo y la vegetación, “agua verde” que se aprovecha para el crecimiento de las plantas o se retornan a los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, y 3) la humedad atmosférica como fuente de precipitación (a veces llamada agua arcoíris) que es el origen del agua de los dos componentes anteriores y el destino de toda la evapotranspiración (van Noordwijk *et al.*, 2014a). Existen datos que sugieren que en promedio aproximadamente el 35% de precipitación se convierte en agua azul y el remante en agua verde (Falkenmark y Rockström, 2004). Por tanto, la precipitación no es la única fuente de entrada de agua para la vegetación; es una variable que influye en el crecimiento de la vegetación y a la vez está afectada por la abundancia o cobertura de vegetación. Para entender más claramente la relación entre el agua y el bosque es importante considerar y analizar el ciclo completo y sus componentes a nivel regional y global con el fin en hacer frente a los retos futuros especiales involucrados en la elaboración de políticas y diseño de planes para la gestión integrada; estos elementos son necesarios para obtener una mejor visión en elaborar una estrategia con el fin para enfrentar el cambio climático y otros cambios

<sup>1</sup> Investigadora y especialista en Ciencias del Agua. Consultora en Recursos Acuáticos. [kvammen23@gmail.com](mailto:kvammen23@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-2462-0859>

<sup>2</sup> Docente Investigadora, especialista en ciencias del agua e hidrogeología. [elisa\\_pesol@yahoo.com](mailto:elisa_pesol@yahoo.com)

<sup>3</sup> Ingeniera Ambiental e investigadora

ambientales que han afectado los recursos de bosque y agua como el cambio de uso de suelo.

Las interacciones entre árboles y el agua se llevan a cabo a través de las hojas, tallos y raíces; su habilidad en persistir y tolerar sequías depende de su adaptación ecofisiológica (Breshears et al., 2009), lo que se expresa en el desarrollo de diferentes patrones de distribución y profundidades de las raíces, área de hojas que contienen estomas relacionada al grado de transpiración y la densidad de los tallos. Cuando hay un aumento en el área de las hojas posibilita más la transpiración (con la edad del árbol) a la vez se observa un incremento en el potencial para la extracción de agua del perfil del suelo por medio de los tallos y hojas hacia la atmósfera (Van Noordwijk M. *et al.*, 2018).

El abastecimiento de la humedad en el suelo depende de la distribución del tamaño de poros en el medio y es directamente correlacionado con la rapidez de infiltración de agua. Macroporos asociados a raíces, madrigueras de animales o lombrices de tierra facilitan infiltración rápida y limitan la escorrentía; poros medianos asociados con arena hasta el limo contribuyen a la retención de agua y microporos en agregados de órgano-minerales o partículas de arcilla tienen una alta retención de agua. La pérdida de bosque o su fragmentación reduce la capacidad de los suelos para absorber y retener humedad.

Los bosques que poseen una mezcla de diferentes especies arbóreas pueden aprovechar el agua más eficientemente (González de Andrés *et al.*, 2018) y responden con menos intensidad a la variabilidad de clima (Creed et al., 2014). Como diferentes especies presentan variedad en la densidad y profundidad del sistema de raíces, algunos pueden alcanzar diferentes capas del suelo con humedad y otros no. Se ha observado por experimentos de trazador de isótopos que especies pueden transferir agua a otros (Caldwell *et al.*, 1998).

### **Cambios en la relación bosque y agua debido a cambio climático y otros factores.**

¿Cómo los cambios en la disponibilidad del agua afectan el bosque? Debido al cambio climático global se ha puesto más atención a la relación compleja entre eventos climáticos y la dinámica de funciones ecológicas en ecosistemas terrestres, incrementando con esto el rol clave de agua y el ciclo hidrológico que involucra los

bosques. Con el avance del cambio climático, la relación entre bosques y el flujo o ciclo de agua a través de ellos también será modificado.

Es importante destacar que los bosques naturales contribuyen tremendamente a la resiliencia de las fuentes para el suministro de agua para consumo humano y otros usos ante el cambio global. Además, los bosques protegen la calidad del agua porque reducen la erosión y la sedimentación hacia las aguas superficiales. Al mismo tiempo, los suelos del bosque impactan en el ciclo hidrológico ya que retienen agua y son el medio de infiltración, lixiviación, abastecimiento de humedad y sirven de sustrato donde se ubican las raíces. Cuando ocurren eventos extremos como sequía o inundaciones se producen desbalances en estas relaciones. También con un aumento en la aridez, los suelos pierden la capacidad para abastecer humedad y con esto se reduce la concentración de nutrientes como nitrógeno y carbono en el suelo, que a su vez afecta al bosque debido a la menor capacidad para la captación de agua y simultáneamente se reduce la posibilidad para restaurar dichos bosques. La transpiración se lleva a cabo por medio de estomas en las hojas y por tanto el área de hoja y el uso de agua están correlacionado (Gebhardt *et al.*, 2014). El aumento en las temperaturas que han sido pronosticadas cambiará la estructura de vegetación y aumentará la conductancia estomática lo que podría agrandar el riesgo de una reducción más rápida en humedad del suelo, y por tanto, inducir modificaciones en la balanza del agua (Vose y Maass, 1999). Cambios en el contenido de agua a diferentes profundidades del perfil del suelo podrían provocar impactos en la infiltración, recarga de acuíferos e incluso en el caudal de aguas superficiales.

Altas temperaturas también pueden causar mortalidad en ciertas especies del bosque por problemas de déficit de agua o sea estrés de agua; además pueden influir en los patrones de crecimiento y reproducción de insectos y otros organismos patógenos que atacan a los árboles.

Cambios en el ciclo y duración de las estaciones de precipitación afectan los mecanismos de almacenamiento de carbono; puede ser debido al aumento de incendios forestales que reduce la reserva de carbono superficial, cambios en la estructura y composición de vegetación y modificaciones en el metabolismo microbiano del suelo que afecta su reserva de carbón (Silver, 1998).

## Dinámica del bosque tropical seco y el recurso agua

Mundialmente, el área cubierta por bosques tropicales secos es casi igual a la de bosques húmedos tropicales (Bastin *et al.*, 2017), pero por su menor contenido de humedad son más vulnerables al cambio climático y están más expuestos a la presión de cambios en uso de suelo. Actualmente, en muchas regiones cubiertas por bosque tropical seco, se observa estrés por el agua lo que indica que con el avance del cambio climático se presentarán consecuencias para el buen funcionamiento tanto de los sistemas naturales como que los componentes socioeconómicos relacionados. Ha sido pronosticado que el 30 % de los bosques tropicales secos están en alto riesgo de reducción, observándose más elevado en Centro- y Sudamérica, hasta un 38% de su área (Miles *et al.*, 2006). Esto significaría considerar escenarios que incluyen impactos en la disponibilidad de aguas superficiales, considerando predicciones de posible reducción en la escorrentía de un 72-84% (Vose y Maass, 1999; Montenegro y Ragab, 2010).

Por tanto, es primordial aumentar la investigación y la base científica para promover la comprensión de la complejidad del agua y su relación en ecosistemas de bosque seco, así como su hidrología particular a nivel de cuenca para poder incorporar una gestión de agua más adecuada para bosques tropicales secos.

Los bosques tropicales secos tienen un rango de precipitación anual entre 250 y 2000 mm y una proporción de 1 a 2 para evapo-transpiración a precipitación indicativa de suelos secos. La frecuente variabilidad en precipitación interanual es común y resulta característica en bosques tropicales secos.

Los valores alcanzados en años extremos podrían ser más significantes para la determinación de propiedades ecosistémicas (Murphy y Lugo, 1986). Por ejemplo, se ha observado alta variabilidad que consiste en diferencias de hasta cinco veces entre años húmedos y secos durante un periodo de 50 años en bosques tropicales secos (Maass y Burgos, 2011).

La alta variabilidad interanual es una consecuencia por un lado de precipitaciones anómalas durante la estación seca, que puede resultar en una temporada de crecimiento agrícola que varía entre 3 y 7,5 meses y que resulta por supuesto en efectos amplios en el ecosistema del bosque. Al otro lado, una estación de lluvia más larga podría resultar en el aumento en abastecimiento

de carbón orgánico en el suelo o la distribución y abundancia de diferentes especies de plantas (Engelbrecht *et al.*, 2007). La variabilidad en la cantidad de precipitación y su distribución (Sampaio, 1995) en la estación lluviosa en regiones de bosque tropical seco influyen en la disponibilidad del agua del suelo que actúa fuertemente en los procesos biogeoquímicos del ecosistema.

Adicionalmente, la variación estacional influye en el estado del agua y su acceso para los árboles y por tanto determina la distribución de especies y su fenología en bosques tropicales secos.

Los ecosistemas de bosque seco han sido mayormente expuestos a la pérdida en su biodiversidad ya que son más adecuados para la habitación humana. De los 25 “hotspots” mundiales expuestos a la pérdida de hábitats y caracterizada por un alto grado de endemismo, 11 de estos puntos se ubican en bosques tropicales secos (Myers *et al.*, 2000).

Existe la teoría que estos bosques ocuparon áreas más grandes y se convirtieron en zonas más fragmentadas e irregulares durante periodos más secos al final de la era de hielo ya que sirven como refugio para especies más tolerantes a sequías (Pennington *et al.*, 2000).

## Ciclo hidrológico y bosque tropical seco

Los bosques secos tienen un ciclo hidrológico determinado por lluvias estacionales que definen su estructura y función. Los bosques secos están caracterizados por un periodo de sequía que puede durar entre 3 a 7 meses (Bullock *et al.*, 1995), que corresponde también a periodos de alto grado de hojarasca (Murphy y Lugo, 1986).

Los bosques tropicales secos reciben menos precipitación y son sujeto a altas tasas de evapotranspiración, que superan el 70%, dejando un pequeño excedente que se convierte en escorrentía. La cantidad de precipitación es fundamental para el balance de agua y particularmente influye en la cantidad de escorrentía en bosques tropicales secos; existen algunos estudios que han mostrado que se genera más escorrentía en años húmedos que años secos (Mugabe *et al.*, 2007) que a la vez depende de las características de los eventos de lluvia como intensidad y duración.

La mayoría de los árboles en bosques tropicales secos arrojan sus hojas durante la estación seca y muchas

especies entran en el proceso de floración y brotación luego de este proceso. La expansión de flores y crecimiento de tallos se encuentra condicionada por la expansión de células, proceso expuesto a inhibirse por déficit de agua (Bradford y Hsiao, 1982). Por supuesto surge la pregunta como estos procesos de crecimiento acontecen durante una sequía severa.

La ecología de los bosques tropicales secos y sus actividades biológicas como crecimiento, fenología, ciclo de nutrientes y polinización están fuertemente vinculado a los patrones de precipitación. La estructura de bosque y su productividad están limitadas precisamente por las condiciones de falta de ingreso de agua que acontece durante la estación seca. Por supuesto, la biomasa del bosque aumenta con mayor precipitación. Hojarasca, coloración de hojas y floración ocurren en la estación seca a pesar del estrés debido al déficit de agua. En estudios de un bosque seco de tierras bajas en Guanacaste (Borchert, R., 1994), se observó que hojarasca, floración y brotación se correlaciona fuertemente con cambios estacionales en nivel de estado de agua en árboles medido en diferentes especies. El estado del agua en árboles varía con la disponibilidad del agua en el suelo y una variedad de factores bióticos como estructura y duración de hojas, tiempo de hojarasca, densidad de madera, capacidad para almacenamiento de agua del tallo y profundidad y densidad del sistema de raíces. La capacidad de almacenamiento de agua mostró estar correlacionado con el nivel de desecación durante las sequías (Borchert, R., 1994).

### ***Variaciones en precipitación e impactos en el bosque tropical seco***

El agua regula y puede modificar la estructura del bosque y su función. En estudios se ha visto que la producción de residuos del bosque seco puede ser correlacionado directamente con precipitación total en el caso de bosques que reciben hasta 1500 mm anual (Martinez-Yrizar, A., 1995). La variación en precipitación afecta la estructura por medio de la regulación en la distribución de recursos accesibles para consumo de la vegetación. Juega un papel importante la variación interanual de precipitación que por ejemplo en zonas templadas es ~15% y en comparación para los trópicos es alrededor de 30%; ha sido reportado que los valores registrados en años extremos pueden influir más en la estructura y función del bosque tropical que los observados en años más cerca al promedio (Murphy y Lugo, 1986a;

Whigham et al., 1990).

Una reducción en precipitación aumenta el estrés fisiológico debido a la reducida disponibilidad de humedad, que induce luego impactos en la vegetación y biota, lo que potencialmente causa un desacoplamiento del ciclo de carbono y los ciclos de nutrientes (Nielsen y Ball, 2015). Igualmente, un cambio hacia un régimen de precipitación caracterizado por muchos eventos pequeños de lluvia o el cambio hacia un régimen dominado por pocos eventos largos también causa mayor estrés fisiológico.

Una alta frecuencia de eventos pequeños de precipitación con ciclos de humedad y sequía puede inducir mortalidad y cambios en la composición de la comunidad del bosque, mientras que periodos de sequía prolongada induciría mortalidad debido a deshidratación de especies sin capacidad a adaptarse. Cambios en la duración de eventos y su frecuencia a la vez con modificaciones en la precipitación total anual podría interactuar para agravar o aliviar impactos dependiendo de las condiciones climáticas presentes.

Aunque la biomasa microbiana podría disminuir con demasiada lluvia o muy poca lluvia, la respiración del suelo que indica la actividad biológica del suelo tiende a aumentar con la precipitación en los bosques secos (Cuevas, 1995).

### **Ciclo de nutrientes y agua del suelo en bosques secos**

En la hidrología de bosques el factor de humedad del suelo es sumamente importante, aunque ha sido poco documentado para caracterizar el impacto de la sequía y de todo el ciclo para bosques. Asociado a esto juega un papel importante la estructura física y topografía del suelo en la determinación de disponibilidad de agua en el suelo. La profundidad del suelo puede afectar la cantidad de agua presente en el suelo y puede variar mucho considerando los diferentes tipos de suelos (Sampaio, 1995).

### ***Ciclo de nutrientes versus ciclo hidrológico***

El análisis de la relación entre el ciclo hidrológico y el ciclo de nutrientes es esencial para la comprensión de la dinámica del bosque seco en relación con los suelos de bosque. En casi todos los casos, los suelos del bosque seco son más fértiles ya que no hay precipitaciones tan abundantes que propician la lixiviación de nutrientes como en el bosque húmedo tropical.

La aridez tiene un efecto negativo en la concentración de carbono orgánico y nitrógeno total del suelo, y, por el contrario, presenta un efecto positivo en la concentración de fósforo inorgánico. Esto se explica ya que suelos áridos tienen menos cobertura vegetativa lo que favorece la dominancia de procesos físicos como la erosión de rocas, que es la fuente principal de fósforo en estos ecosistemas. Los procesos biológicos proveen más carbón y nitrógeno como es el ocasionado por la descomposición de la hojarasca.

El ciclo de los nutrientes en bosques secos es caracterizado mayormente por la precipitación baja y variable que reciben los ecosistemas boscosos. En general, los nutrientes se acumulan en el suelo durante la estación seca debido a la reducción en lixiviación por agua, tasas bajas de descomposición, renovación microbiana mínima y poca absorción de la planta. En la estación húmeda, el ciclo de nutrientes se reinicia cuando están liberados del suelo, hojarasca y microbios (Jaramillo y Sanford, 1995).

Las condiciones de sequía en bosques tropicales secos exacerbaban la limitación por fósforo, ya que impiden que el fósforo y otros nutrientes se disuelven en la solución del suelo y además limitan la capacidad de las plantas en absorber los nutrientes disponibles del suelo (Lugo y Murphy, 1986).

La vegetación del bosque tropical se protege de la baja disponibilidad del fósforo, por medio de la conservación de fósforo en hojarasca por reabsorción foliar (Chapin 1980; Vitousek 1982; Murphy y Lugo, 1986; Murphy y Lugo 1986a). Reabsorción es un mecanismo importante en los trópicos secos, donde el ciclo de nutrientes está directamente vinculado con patrones de precipitación.

Como ha sido ya mencionado, el ciclo de nutrientes en el suelo generalmente se limita por la disponibilidad de agua en las diferentes estaciones. Las tasas de descomposición y mineralización son bajas en la estación seca debido a las condiciones secas en el suelo del bosque y la reducida actividad microbiana asociada con la baja humedad del suelo (Ewel, 1976; Arnason y Lambert, 1982; Singh et al., 1989; García-Méndez et al., 1991; Cuevas, 1995).

El tipo de suelo afecta la tasa de pérdida de nutrientes y minerales más que todo debido a las diferencias en el contenido de agua en diferentes tipos del suelo (Ewel,

1976). Se ha encontrado que juegan roles importantes otros factores, como por ejemplo en los bosques secos de Yucatán, donde los escombros leñosos presentes en el bosque se descomponen a diferentes tasas en correspondencia más a la calidad de su madera en sí, que a las condiciones climáticas (Harmon et al., 1995).

Por supuesto que la variabilidad del ingreso de agua al bosque seco puede afectar el ciclo de nutrientes. Pulsos de agua influyen en el ciclo de nitrógeno estimulando transformaciones biológicas de N, que incluye captación de nitrógeno microbiano, mineralización de N bruto, amonificación y nitrificación igualmente como un aumento en flujos de NO y N<sub>2</sub>O; también pueden estimular el ciclo de fósforo (DeLonge et al., 2013). En ciertas regiones un aumento en la precipitación anual puede estimular mejor calidad en los residuos arbóreos que resultan con más riqueza en N y P.

Además, cambios en la topografía en un bosque ofrecen diferentes condiciones para el procesamiento de nutrientes. Por ejemplo, si existen zanjas de un sitio en el terreno, el suelo tiene tasas de descomposición y mayor cantidad de residuos arbóreos, biomasa microbiana, niveles de nutrientes y biomasa de raíces finas que en sitios planos.

Ha sido observado que los bosques tropicales secos tienen una biomasa total de raíces del 27 al 34%, lo cual es más alto que el promedio para bosques húmedos que tienen de 11 a 16% (Holbrook et al., 1995; Jaramillo y Sanford, 1995).

Dado que los suelos superficiales se secan periódicamente, las raíces se encuentran a una mayor profundidad y por tanto más distante de la entrada de nutrientes y la deposición de hojarasca, lo que puede intensificar la limitación de nutrientes en periodos más secos. Sin embargo, cuando ingresa la humedad se inicia la proliferación rápida de raíces finas y así reduce el retraso entre el ingreso de nutrientes desde la superficie y su captación por las raíces (Cuevas, 1995).

Existen datos limitados que sugieren que la generación de raíces finas y contenido de nutrientes son más altos en bosques tropicales secos que en bosques templados y bosques húmedos tropicales (Holbrook et al., 1995). Además, las raíces finas pueden descomponerse tan rápido como las hojas (Srivastava et al., 1986). Raíces y específicamente raíces finas son una fuente importante de nutrientes y al mismo tiempo juegan un papel fundamental en la captación de agua y nutrientes (Read

*et al.*, 2019).

Aunque el bosque seco almacena un 27% de la reserva orgánica global, lo cual es menor que en los bosques húmedos, tiene la capacidad para acumular más carbono del suelo que bosques tropicales húmedos bajo tierra especialmente en profundidades mayores a 1 metro (Murphy y Lugo, 1986a; Silver, 1998). En el caso del bosque tropical seco, la biomasa bajo tierra de las raíces puede lograr la mitad de la biomasa total del bosque, lo que almacena una gran cantidad de materia orgánica total.

El almacenamiento del carbón podría reducirse por el cambio climático debido a alteraciones en la duración de la estación seca, ya que se pueden alterar la estructura o composición de la vegetación; además cambios en el régimen de precipitación pueden afectar la dinámica microbiana en el suelo, que luego tiene el potencial para afectar el carbón en el suelo. Bajo un aumento en aridez debido al cambio climático, los efectos en el ciclo de nutrientes pueden causar una reducción en la concentración de nitrógeno y carbono en tierras secas mientras que el fósforo incrementa.

### ***Importancia del agua del suelo***

Las primeras capas de suelo se secan pronto tras el cese de las lluvias, pero la disponibilidad de humedad del subsuelo varía ampliamente en diferentes puntos de la topografía del bosque y determina el grado de desecación observado en árboles con baja almacenamiento de agua en tallos. Por ejemplo, en árboles de hoja caduca ubicados en tierras altas, la tasa y grado de desecación es más alta por el bajo contenido de agua en el suelo.

En la mayoría de los sitios de tierras bajas donde las raíces tienen acceso a nivel freático, los árboles se secan menos y cambian menos las hojas durante la estación seca. Estas diferencias de condiciones en sitios del bosque por disponibilidad de agua del suelo y no tanto la lluvia estacional, son la causa de variaciones en el estado del agua de los árboles, fenología y distribución de especies de árboles (Borchert, 1994). Cuando las raíces finas se secan en las capas superiores del suelo, los árboles tienen que obtener su suministro de agua de las raíces de capas de suelo más profundas.

La importancia de la capacidad de almacenamiento de agua del tallo es mayor en árboles tropicales que en árboles de zonas templadas. Pero la capacidad de almacenamiento de agua en los árboles se correlaciona

con el grado de desecación de hojas, el estado del agua del tallo y fenología durante la estación seca.

Entonces se puede aseverar que los dos factores: tipo de hoja y capacidad de almacenamiento de tallo parecen ser los factores determinantes para diferentes tipos funcionales de árboles en los bosques secos. Por tanto, la variación estacional del estado del agua del árbol es debido a interacciones complejas en un conjunto de variables internas y ambientales donde la precipitación es solamente uno de ellos. Y el factor dominante de diferentes sitios depende principalmente de disponibilidad de agua del suelo (Borchert, 1994).

### **Actividad microbiana**

La actividad microbiana en los bosques secos está regulada por la disponibilidad de agua y por supuesto los microbios presentes en el suelo. Los estudios de Singh et al. (1989) muestran que los microbios actúan como un sumidero o depósito de nutrientes en la estación seca cuando los microorganismos tienen acceso a agua que no está disponible para las plantas; luego liberan los nutrientes en tiempos más húmedos o la estación lluviosa. La renovación de nutrientes regulada por microbios en la estación lluviosa posiblemente es promovida también por especies forrajeras de la fauna del suelo, que facilitan la conversión de células microbianas muertas y otros materiales y así facilitan la captación de nutrientes de las plantas (Singh et al., 1989).

El metabolismo y reciclaje de nutrientes se observa alto en la estación húmeda y muy poco en la estación seca; la masa microbiana de carbono, fósforo y nitrógeno se encuentra alta en la estación seca y sus niveles más bajas en la estación húmeda (Srivastava, 1992).

El pulso inicial de liberación y aumento de nutrientes en el suelo observado en el inicio de la estación lluviosa se debe probablemente a la renovación celular en la biomasa microbiana que sostiene el crecimiento rápido inicial de vegetación en este momento (Singh et al., 1989; Srivastava, 1992; Campo et al., 1998) y mantiene su importancia en el transcurso de la estación húmeda especialmente cuando ocurren periodos cortos de sequía (Jaramillo y Sanford, 1995).

En conclusión, en bosques secos los procesos de materia en descomposición arriba del suelo (hojarasca) y en el suelo (materia orgánica de raíces), muestran que el metabolismo de los suelos y los microbios que

regulan el abastecimiento y renovación de nutrientes, son procesos que dependen en gran parte de la disponibilidad de agua.

## Efectos fenológicos y disponibilidad del agua

Diferentes procesos fenológicos de árboles dependen de cambios estacionales en el estado del agua de los árboles y su capacidad de almacenamiento en el bosque tropical seco (Borchert, 1994).

El estrés estacional de agua determina la sincronización de los eventos fenológicos en estos bosques. La mayoría de sus árboles (de hojas caducas) arrojan sus hojas durante la estación seca y muchas especies entran a florecer y brotar luego del proceso de desprendimiento de hojas. La expansión de flores y crecimiento de brotes involucra el desarrollo de células que puede ser inhibido por falta de agua (Bradford y Hsiao, 1982).

La disponibilidad de agua tiene efectos directos sobre la función de bosques dado que impactan en la fenología vinculada al ciclo de nutrientes. La hojarasca de los árboles representa el camino primario para el regreso de nutrientes al suelo. El contenido del agua en el suelo es determinante para la producción de residuos arbóreos y su descomposición tanto que el estrés de agua es el factor principal que puede afectar la abscisión de hojas (Lambert et al., 1980; Martínez-Yrizar y Sarukhan, 1990; Borchert, 1994). Dado que el brote de hojas frecuentemente ocurre antes del inicio de la estación lluviosa probablemente sea alimentado por nutrientes que fueron absorbidos previamente (Singh et al., 1989; Lal et al., 2001b). Es así que en la estación seca las plantas aprovechan la poca agua disponible, posiblemente conservada por una transpiración reducida con el fin en rehidratar los tejidos del tallo para posibilitar la aparición de hojas.

Esta repartición permite la vegetación responder a la disponibilidad de agua primeramente mediante el aumento en área fotosintética y luego por su abastecimiento. Agua abastecida puede amortiguar el impacto de sequía estacional y facilita la floración y el brote de hojas durante la estación seca.

El crecimiento de plantas depende mayormente en la capacidad de transporte de agua en las diferentes especies y por tanto la disponibilidad de agua impacta en la función individual de la planta también. El desarrollo de los árboles en la estación seca varía entre especies y de acuerdo con los sitios caracterizados por diferencias

en el grado de humedad disponible en el subsuelo. Por supuesto los diferentes especies en el bosque seco varían en su capacidad de abastecimiento de agua; también juegan un papel los factores bióticos como la estructura y duración de vida de hojas, tiempo de arrojar las hojas, densidad de madera, capacidad de abastecimiento de agua del tallo, y profundidad y densidad de los sistemas de raíces.

En un bosque seco de Guanacaste, Costa Rica, en tierras bajas se observó que diferentes especies varían en la densidad de madera (de 0,19 a 1,1g/cm<sup>3</sup>) y la capacidad de abastecimiento de agua del tallo (400% a 20% de masa seca) que a la vez se correlacionó con el grado de desecación durante la sequía (Borchert, 1994).

Otro estudio de una docena de especies de árboles en un bosque tropical seco en Costa Rica (Brodrigg et al., 2002) reportó que especies de hojas perennes mostraron un aumento moderado en la conductividad del tallo al inicio de la estación lluviosa mientras que la respuesta de diferentes especies caducifolias tuvo un rango desde ningún aumento hasta 9 veces. Este estudio destacó la importancia de la disponibilidad de agua para especies individuales y a la vez las diferentes características de las especies presentes y como afectan la función general de todo el bosque en los trópicos secos.

La variación estacional en el estado de agua interno de árboles parece ser el factor principal que influye directamente en la fenología y la distribución de diferentes especies de árboles en bosques tropicales secos. No obstante, información climática aislada no es suficiente para explicar la fenología de árboles en bosques tropicales secos. Es necesario tener información que relaciona los cambios estacionales en el estado interno de agua, la capacidad de su abastecimiento interno que influye en la composición de diferentes especies de árboles y las diferentes fases fenológicas.

La variación amplia en fenología observada en árboles de bioma del bosque tropical seco expuesto al mismo patrón de sequía estacional se explica por la variación de los diferentes componentes de la relación entre suelo-planta-atmósfera que regula el estado del agua en el árbol. La distribución de diferentes tipos funcionales a lo interno del bioma del bosque tropical seco podría apuntar a diferentes estrategias adaptativas (Borchert, 1995) de acuerdo principalmente al agua del suelo disponible en diferentes sitios del bosque.

## Disponibilidad del agua y polinización

Una reducción en la capacidad de polinización significaría una amenaza para la producción de alimentos ya que más del 75% de los cultivos globales de alimentos dependen de la polinización para asegurar su rendimiento y/o calidad. El informe de IPBES sobre Polinizadores, Polinización y Producción de Alimentos (Pollinators, Pollination and Food Production, IPBES, 2017), establece que los polinizadores están cada vez más amenazados por actividades humanas y cambio climático con reducciones observadas en abundancia y diversidad de polinizadores silvestres.

El proceso de cambio de uso del suelo hacia tierras agrícolas está en expansión y por supuesto está asociado a la reducción en bosques y/o su fragmentación, y como resultado paralelo la pérdida en la diversidad de hábitats. Estos cambios han resultado en la reducción en riqueza y abundancia de polinizadores y visitas a las flores (IPBES, 2017).

La reducción en disponibilidad de agua puede afectar la frecuencia de visitas por parte de polinizadores debido a cambios en la emisión y composición de volátiles florales (Burkle y Runyon, 2016) y el volumen y composición de néctar y las recompensas de polen (Waser y Price, 2016). Se ha observado que una reducción de agua en la estación de crecimiento puede llevar a cambios fenológicos en el proceso de floración que produce flores más reducidos en su forma y con menos néctar (Gallagher y Campbell, 2021). Los impactos de cambio climático pueden interrumpir la relación entre especies y sus polinizadores que normalmente mantiene la integridad funcional de los ecosistemas terrestres como son los bosques.

En los trópicos hay gran riqueza en sistemas de polinización (Ollerton et al., 2006) y los polinizadores animales constituyen el modo dominante (Chazdon et al., 2003).

Hay observaciones que limitantes de polinización en zonas con alta riqueza de especies por diferentes perturbaciones, donde son especialmente fuertes en especies tropicales (Quesada et al., 2011).

La predominancia intrínseca de estacionalidad con periodos de duración cambiante de sequía afecta la disponibilidad de agua en los bosques tropicales secos que podría generar cambios en la fenología de floración en especies y comunidades que luego influiría

en poblaciones de polinizadores, patrones de forrajeo, interacción entre la planta y el polinizador y reproducción de la planta. Las sequías reducen los recursos florales (flores, néctar y polen) para polinizadores. También existen muchas especies de polinizadores que dependen de la secuencia de floración en todo el sistema integral del bosque (Lobo et al., 2003; Stoner et al., 2003); los cambios en esta misma sincronización podrían afectar el parentesco genético de las poblaciones de plantas y rendimiento reproductivo.

En síntesis, la presencia de polinizadores del bosque tropical seco está afectada por la deforestación y fragmentación forestal, por eventos extremos climatológicos como inundaciones y sequías largas que afecta la disponibilidad de agua (Setsuko et al., 2013).

## Cambio Climático y Bosques Secos en Riesgo

Los bosques tropicales secos han sido reconocidos como uno de los ecosistemas terrestres más amenazados, con más que el 97% del área existente mundialmente bajo riesgo por cambios de uso de tierra, fragmentación y cambio climático (Miles et al., 2006).

Se ha observado que existe una mayor proporción de áreas de bosque seco en riesgo por cambio climático en las Américas que en otras regiones, con estimaciones de porcentajes de 39,8% y 37% en América del Norte, y para Centroamérica y América del Sur respectivamente (Miles et al., 2006).

La reducción de bosques tropicales es especialmente grave ya que se estima que contienen 46% de la reserva de carbono terrestre (Brown y Lugo, 1982) y más que la mitad de la reserva de carbono encima del suelo (Saugier et al., 2001).

Los bosques tropicales secos están expuestos al cambio climático por modificaciones en la duración de la estación lluviosa y el aumento en temperatura. La vegetación de tierras secas es más vulnerable a cambios en la duración de los tiempos de precipitación y cantidad (Williams y Albertson, 2006).

Un incremento en temperaturas puede causar un aumento en evapotranspiración lo que lleva a mayor mortalidad debido al efecto de la aridez sobre las especies de árboles y suelos con un déficit de humedad.

El rol dominante de la estacionalidad, distribución y variabilidad de precipitación en bosques tropicales secos

pueden resultar en diferentes patrones de humedad del suelo y por tanto las variables climáticas relacionadas a precipitación y sus posibles modificaciones pueden impulsar cambios biofísicos en los suelos (Jaramillo, 2019). Cambios en la estacionalidad y variabilidad en precipitación podría afectar la humedad del suelo en el tiempo y espacio. Cambios en precipitación influye en la producción primaria terrestre y por tanto tienen influencia sobre los factores hidrológicos del suelo que luego modifican sus procesos biogeoquímicos.

El calentamiento del clima y la sequía podrían contribuir al aumento de las tasas de mortalidad en árboles por 1) un aumento en el déficit del agua o sea estrés de sequía, 2) promoción del crecimiento y reproducción de insectos y patógenos como plagas en los árboles o 3) las dos (Van Mantegem et al., 2009).

### ***Efectos de eventos extremos***

Los huracanes y tormentas tropicales, siendo eventos recurrentes en los trópicos secos, tienen efectos en la estructura del bosque y distribución de nutrientes. Huracanes traen materia orgánica al suelo en un tiempo corto debido a hojarasca, escombros de madera y muerte de raíces. Y por supuesto cambian el ciclo de nutrientes a más largo plazo debido al incremento en escorrentías y la reducción en la captación de nutrientes (Silver, 1998).

Las sequías y el cambio en los patrones de precipitación también juegan un rol en los procesos de los ecosistemas en el bosque tropical seco. Se ha observado por ejemplo cambios en el desprendimiento de hojas luego de un evento del Niño (ENSO) y por lo tanto afecta el ciclo de nutrientes en bosques secos.

Debido al vínculo crítico entre precipitación y el ciclo de nutrientes en bosques tropicales secos, disturbios climáticos u otros eventos naturales pueden tener impactos en la estructura del bosque y su función debido a los cambios en la disponibilidad de nutrientes, su acumulación y su transferencia a otros niveles metabólicos, todos regulados por la disponibilidad de agua.

### ***Aridez***

Existen predicciones que las tierras secas o áridas alcanzarán una expansión global en 11-23% en el año 2100 (Huang et al., 2016).

Globalmente la aridez afecta la abundancia y diversidad

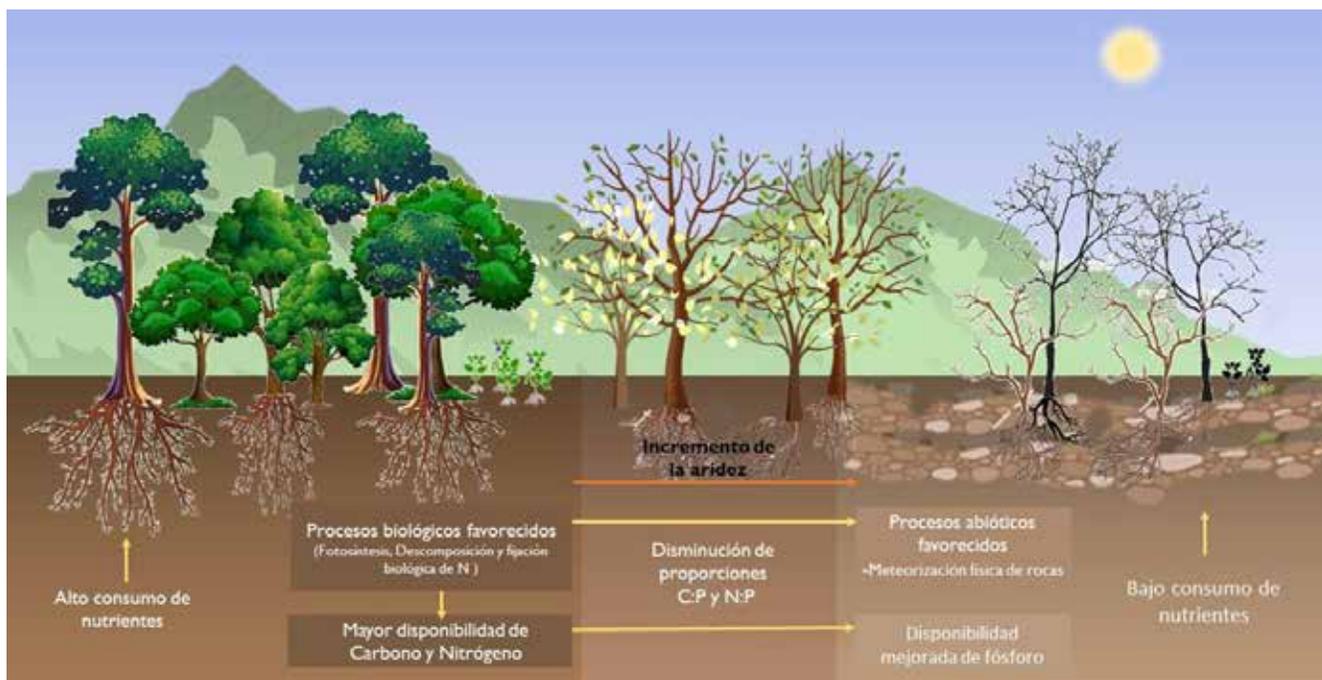
de bacterias y hongos del suelo (Maestre et al., 2015). Estos cambios en el suelo son debido a una reducción del carbono orgánico del suelo asociado al mismo aumento en aridez. La abundancia microbiana cambia debido a incrementos en las variaciones diurnas de temperatura. A la vez, este proceso causa aún más reducciones en el contenido del carbón orgánico y la desvinculación de ciclos elementales y disponibilidad de nutrientes para la captación de la planta (Nielsen y Ball, 2015). Esto es la consecuencia del deterioro en los procesos biológicos que contribuye a la reducción de los niveles de carbono y nitrógeno y a la vez un aumento en los procesos abióticos que contribuyen a mayor disponibilidad de fósforo por procesos de meteorización de las rocas (Figura 1).

La variabilidad de entradas de agua al bosque seco puede afectar el ciclo de nutrientes. El ritmo y duración de períodos secos durante la estación lluviosa pueden tener impacto en estos mismos flujos de nutrientes.

La diversidad funcional presente en el ecosistema del bosque tropical seco ha mostrado ser importante en mejorar condiciones de resiliencia para enfrentar el aumento en la aridez (Valencia et al., 2015). Por ejemplo, en la Península de Yucatán que mostró una variación en precipitación anual de casi 600 mm durante 4 años, permitió observar una correlación entre la variabilidad en crecimiento arbóreo y la producción de hojarasca arbóreas. La producción de residuos mostró una correlación negativa con precipitación anual pero el área basal de los árboles aumentó significativamente con más precipitación total en el año estudiado y años anteriores. En este caso la disponibilidad de agua influyó sobre el ciclo de nutrientes por medio de su captación en las plantas y almacenamiento de biomasa en vez de la producción de hojarasca (Whigham et al., 1990).

La cantidad de producción de hojarasca y la acumulación de sus residuos también pueden ser influido por la disponibilidad de agua en términos espaciales y temporales; aumenta durante la estación seca, pero se reduce a partir del inicio de la estación lluviosa.

En los bosques secos del sur de México, este fenómeno de estacionalidad en la producción de hojarasca fue más dominante en bosques secundarios “viejos”, “maduros” y en bosques más secos. Los bosques jóvenes (menos de 10 años) y bosques húmedos mostraron menos influencia en estacionalidad de hojarasca, pero mayor sensibilidad por el inicio de sequías.



**Figura 1.** Avance en la aridez y cambios en los procesos biológicos y abióticos (Fuente: Wardle, D.A., 2013, modificada y elaborada por Ríos, M.).

En general una revisión de la literatura muestra que la producción anual de residuos en total en el bosque seco aumenta con un aumento en las lluvias (Lawrence, 2005).

### ***Adaptabilidad de bosques tropicales secos: ¿Qué podemos esperar de un aumento en cambio climático para bosques tropicales secos?***

La mayoría de los autores especializados en manejo de bosque concuerdan en que el cambio climático tiene un impacto negativo en la dinámica interna de los bosques secos por cambios en los regímenes de lluvia y a mayor plazo continuarán cambiando las fronteras geográficas de estos bosques debido a su impacto. También existen observaciones que con menos precipitación o lluvias más variables podría presentar las condiciones para la expansión del bosque seco hacia áreas de bosques tropicales húmedos (Enquist, 2002; Malhi et al., 2009).

Un estudio de Mendivelso et al. (2013), mostró que “la dinámica forestal interna, como el crecimiento arbóreo, el reclutamiento de plántulas (Maza-Villalobos, Poorter y Martínez- Ramos, 2013) y la mortalidad arbórea (Imbert y Portecop, 2008) se vieron afectados por la variación en la lluvia total anual”. Algunos autores (Allen et al., 2017) concluyeron que los bosques tropicales secos serán sensibles a los cambios futuros en la reducción de cantidad de precipitación y cambios en la estacionalidad

de lluvia. Además, como las diferentes especies tienen diferentes grados de tolerancia a la reducción de lluvia se espera un cambio en la composición de especies en el bosque seco y desde luego se espera que las especies más vulnerables puedan desaparecer o disminuir en su abundancia.

Sin embargo, hay que enfatizar que los bosques tropicales secos presentan alta diversidad y variaciones en la composición de especies, la biogeografía, los suelos, la topografía y la estacionalidad de precipitación (Powers et al., 2009) y por tanto sus ecosistemas darán respuestas variables a los diferentes factores de impacto del cambio climático.

Otros factores de intervención antropogénica como la fragmentación del bosque por cambios en uso de suelo normalmente relacionado a la expansión de la agricultura y la reducción de polinizadores y/o dispersores de semillas pueden influir en la capacidad de los ecosistemas para responder a los impactos de cambio climático (Aguirre et al., 2017).

### **Cambios en uso de suelo y fragmentación asociados a condiciones en disponibilidad del agua en el suelo**

Como se ha visto, los árboles tienen condiciones más favorables a crecer cuando hay más disponibilidad del agua en el suelo y/o nutrientes abajo del dosel del

árbol (Schlesinger y Pilmanis, 1998). La capacidad del dosel en promover la disponibilidad de nutrientes y agua es importante para árboles del bosque seco ya que normalmente son ecosistemas con limitación de fósforo; el dosel tiene la capacidad en estimular la deposición atmosférica del fósforo y aumentar el agua del suelo. Este hecho facilita la persistencia de vegetación en ambientes donde su sobrevivencia sería más difícil debido a niveles bajos de nutrientes y/o contenido del agua en el suelo. La pérdida del bosque y su fragmentación podría resultar en un cambio permanente hacia un estado de poca cobertura de vegetación donde la limitación de deposición de la atmósfera no permita el establecimiento de un bosque con doseles densos (Runyan et al., 2012; Runyan y D’Odorico, 2016).

La fragmentación del bosque trae pérdidas de diversidad genética que podría limitar la capacidad de las comunidades de árboles y otros elementos de la vegetación del bosque para responder a cambios en las condiciones locales, poniendo en riesgo su persistencia y donde surge más riesgo de extinción debido a depresión por endogamia. La fragmentación del hábitat influye también en la presencia y actividades de polinizadores de las que los bosques tropicales secos dependen para su reproducción interna (Bullock, 1985). Alteraciones que afectan los vectores de fauna (abejas, mariposas, moscas, aves y murciélagos) que trasladan polen podría afectar el rendimiento reproductivo de árboles del bosque.

Los parches de bosques fragmentados tienden a mostrar temperaturas promedias más altas, un aumento en tasas de evapotranspiración y están más expuestos a los vientos que resultan en menor humedad del suelo en comparación con bosques continuos (Wright, 1996; Albernaz et al., 2002).

Estos cambios en condiciones ambientales pueden afectar la fenología de plantas tropicales, aunque existen pocos estudios relacionados (Quesada et al., 2011). Como ha sido mencionado, existen variaciones entre especies en cuanto a la producción de hojas en respuesta a la humedad del suelo y la capacidad de abastecimiento de agua en los tallos de especies del trópico seco (Borchert, 1994).

Un aumento mayor en temperatura y evapotranspiración con las consecuencias de una reducción en humedad del suelo en parches de bosques puede reducir el periodo de vida de las hojas lo que posiblemente afecta la captura

de carbono de árboles más en bosques tropicales secos que en bosques húmedos (Quesada et al., 2011). Por todos estos posibles cambios, se ha pronosticado que los bosques tropicales secos son aún más sensibles a los cambios ambientales generados por la fragmentación del bosque.

### **Bosque tropical seco en Nicaragua y sus particularidades en relación a información de datos hidroclimáticos, cuencas y acuíferos, uso actual de suelo, amenaza a sequía y relieve**

El Bosque Tropical Seco (BTS) en Nicaragua ha sido fuertemente fragmentado resultando en una alta reducción en la cobertura forestal con diferentes variaciones de densidad, estado de desarrollo y madurez.

Esto se debe a la falta de atención en la gestión integral de bosque, cambios drásticos en el uso de suelo acompañados con altas tasas de deforestación sin control y carencia de regulación en las últimas décadas; el bosque tropical seco de Nicaragua ha sufrido una reducción alarmante especialmente entre los años 2000 y 2011 de aproximadamente 90% de su cobertura boscosa (Saldívar et al., 2021: Introducción) según datos de la Alianza para la Conservación del Bosque Seco (2011).

Es importante relacionar el estado del bosque con referencia a la alta vulnerabilidad a la región Centroamericana a cambio climático. El informe de la IPCC AR6 en 2022 indica los efectos adversos de cambio climático en la región y la gran necesidad en introducir más medidas de adaptación para asegurar la resiliencia a estos impactos. El bosque, su protección y restauración en zonas importantes para los recursos acuáticos es clave para este proceso.

Como se ha visto en las secciones anteriores, los bosques están regidos por el ciclo hidrológico y mantienen el ciclo de carbono y nutrientes; “aportan a la infiltración que facilita la recarga de los acuíferos, regulan el caudal de ríos y quebradas, estabilizan el suelo y lo protegen contra la erosión hídrica y eólica” (Bernex, N., 2021).

Con la deforestación y la extrema fragmentación viene a la par de la pérdida de la multifuncionalidad de los bosques y sus servicios ecosistémicos, como la disminución de la diversidad de la vida silvestre que tienen su hábitat en estos bosques; “estas pérdidas tienen serias implicaciones para la futura existencia de este ecosistema y de la población nicaragüense asentada

en esta región del país” (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011).

En un análisis de la cobertura de bosque tropical seco de Nicaragua se ha observado que se presentan dos zonas principales. La primera que predomina en la zona costera del pacífico hasta cierta área inicial de la zona central de Nicaragua. La segunda parte se ubica al norte con menor área en los departamentos como Nueva Segovia, Madriz y Estelí (Figura 2, Capítulo 1 Delimitando y caracterizando el bosque tropical seco nicaragüense).

De acuerdo a INETER, INTA, INAFOR, MAGFOR y UNA (2015), se ha definido diferentes categorías de coberturas y uso de la tierra de la siguiente manera: a) los bosques latifoliados densos es cuando las copas cubren el 70% o más de la superficie del suelo; b) los bosques latifoliados ralos presentan copas que cubren entre 10 y el 70% de la superficie del suelo y c) en el caso del bosque joven se define como cubierta mixta de arbustos y matorrales con presencia de árboles maderables de poco interés económico. Según el Centro Humboldt, a partir de datos generados por imágenes satelitales de 2018, el área de bosque seco remanente de Nicaragua se distribuye en bosque latifoliado denso (2.2 %), bosque latifoliado ralo (13 %) y bosque latifoliado joven (8 %) del área total donde se encuentra el BTS (27 430 km<sup>2</sup>).

La fragmentación antropogénica del BTS ha sido generada por los cambios constantes en el uso de suelo que buscan extender áreas para la agricultura y la ganadería (Saldívar y Vammen, 2024). Un factor igualmente importante ha sido el corte amplio de árboles para el uso de leña y conversión a carbón para la venta en áreas rurales, donde se presenta mayores índices de pobreza en la población que no tiene alternativas de medio de vida, empleo e ingresos. Un informe del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA, 2017) reporta que 87% de los hogares consumen leña para cocinar en la Zona Pacífica Ecológica I y 94% en la Zona Centro-Norte.

En consecuencia, a esta reducción de cobertura y fragmentación, existe una alta afectación en la calidad y cantidad de recursos hídricos en las cuencas hidrográficas de Nicaragua de la zona del Pacífico y algunas partes de la zona Central donde se encuentra el bosque tropical seco; sin duda este proceso ha sido causado en parte por la deforestación que ha aumentado la erosión resultando en el incremento de la sedimentación en las aguas superficiales.

Cabe recalcar que en la zona Pacífica de Nicaragua se encuentran los acuíferos cruciales del país, los cuales han sido usados como fuente de agua para la población y para el riego en áreas de agricultura intensiva; en efecto la deforestación masiva ha afectado los procesos de infiltración que impactan en la recarga hídrica en los acuíferos.

Para iniciar un análisis preliminar de la relación entre el agua y el bosque en Nicaragua, se ha comparado algunas variables involucradas en la hidrología forestal, su ubicación por cuenca y acuíferos y desde luego uso de suelo y relieve. Se enfatiza que son observaciones preliminares basadas en análisis usando geoprocamiento para comparar diferentes variables de factores hidrológicos-meteorológicos que se relacionan con la presencia y crecimiento del bosque. Se menciona que influye la problemática de acceso a estos datos en los últimos años para poder a completar la información. Aún no se ha generado datos primarios dirigidos a analizar mejor el estado actual del agua y el bosque tropical seco nicaragüense; se espera que este análisis preliminar servirá para motivar estudios futuros en la hidrología forestal del bosque tropical seco de Nicaragua.

Debido al alto grado de fragmentación no se pretende llegar a conclusiones contundentes sino más bien presentar información descriptiva del bosque tropical seco tropical en Nicaragua y algunos factores relacionados al agua como 1) precipitación, 2) evapotranspiración, 3) ubicación en las cuencas hidrográficas, 4) uso actual del suelo, 4) localización de acuíferos del Pacífico y Zona Central, 5) amenaza a sequía y ubicación del corredor seco, y 6) topografía.

## Precipitación

La gran mayoría (93%) de los remanentes del bosque tropical seco de Nicaragua se ubica en las zonas de precipitación promedio por año de 1001-1800mm (Tabla 1) lo que apunta a condiciones favorables considerando que se ubica en general los BTS en un rango de 250-2000mm anual (Murphy y Lugo, 1986).

Como indicado, el bosque seco latifoliado denso representa solamente 2,2% del área total del BTS y está representado en fragmentos pequeños (Figura 2, Tabla 1). En el caso del bosque latifoliado ralo cubren 13% y el área del bosque seco joven se calcula en un 8%. Estos tres suman un 23% distribuido en 27430.3 Km<sup>2</sup> del área total del territorio donde está ubicado el BTS.

**Tabla 1.** Rangos de precipitación por área de bosque seco remanente.

N°	Rango de precipitación mm Promedio anual	Área total de isoyeta dentro de bosque seco (Km <sup>2</sup> )	Área de cobertura de bosque seco remanente (Km <sup>2</sup> )			Total general (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje %
			Bosque latifoliado denso	Bosque latifoliado ralo	Bosque joven		
1	<800	604.4	6	16	14.7	36.6	0.58
2	801-1000	1930.6	21.1	21.1	118	300.3	4.72
3	1001-1400	9795.4	206.6	206.6	1160.6	2885.8	45.40
4	1401-1800	14180.2	350.6	350.6	882.7	3050.1	47.98
5	1801-2000	879.9	29.8	29.8	11.8	82.7	1.3
6	2001-2500	39.9	0.6	0.6		1.6	0.03
Total	Km <sup>2</sup>	27430.3	614.8	614.8	2187.7	6357.2	100
	Porcentaje	100	2.2	2.2	8		

Fuente: (INETER,1971- 2010).

Las mayores áreas con **bosque seco latifoliado denso** (557 km<sup>2</sup> de 614,8 km<sup>2</sup>) se ubican en áreas en la cual la precipitación media anual oscila entre 1001 mm y 1800 mm promedio por año, especialmente en las zonas de Punta Cosigüina y Villa Nueva, sectores del volcán Mombacho y la Isla de Ometepe; las precipitaciones en esta zona son favorecidas por el flujo de humedad proveniente del Océano Pacífico principalmente en los meses de junio, septiembre y octubre (Figura 2).

De igual manera se localiza el **bosque seco ralo** en el rango de precipitación de 1001 a 1800 mm promedio por año, específicamente en el sector Mateare, Ciudad Sandino, Malpaisillo donde la precipitación es inducida por el arrastre de humedad provocado por el viento desde el Lago Xolotlán y el efecto de lluvia de carácter orográfico que se registra en dicho sector. Y en la Meseta de los Pueblos, Volcán Mombacho, Isla de Ometepe y el sector sur del departamento de Rivas fronterizo con Costa Rica, las precipitaciones se ven favorecidas por el flujo de vientos del suroeste que arrastran humedad del

Océano Pacífico hacia el interior de la zona Central-Sur del Pacífico y la humedad que el viento provee desde el interior del Lago Cocibolca. Por otro lado, en la Región del Pacífico la precipitación media anual oscila entre 1000 mm en Managua y San Francisco Libre, y 2000 mm en Chinandega.

El **bosque seco latifoliado joven** se ubica sobre todo en áreas donde la precipitación anual oscila entre 1000 mm y 1800 mm particularmente en los municipios de Mateare, Nagarote, San Francisco Libre, Ciudad Darío y Macuelizo.

Donde ocurren las menores precipitaciones (<800 mm) se asocia a las características propias de la zona, además de considerar fragmentación de bosques por las actividades agrícolas, en estas zonas se acentúan los matorrales y cultivos.

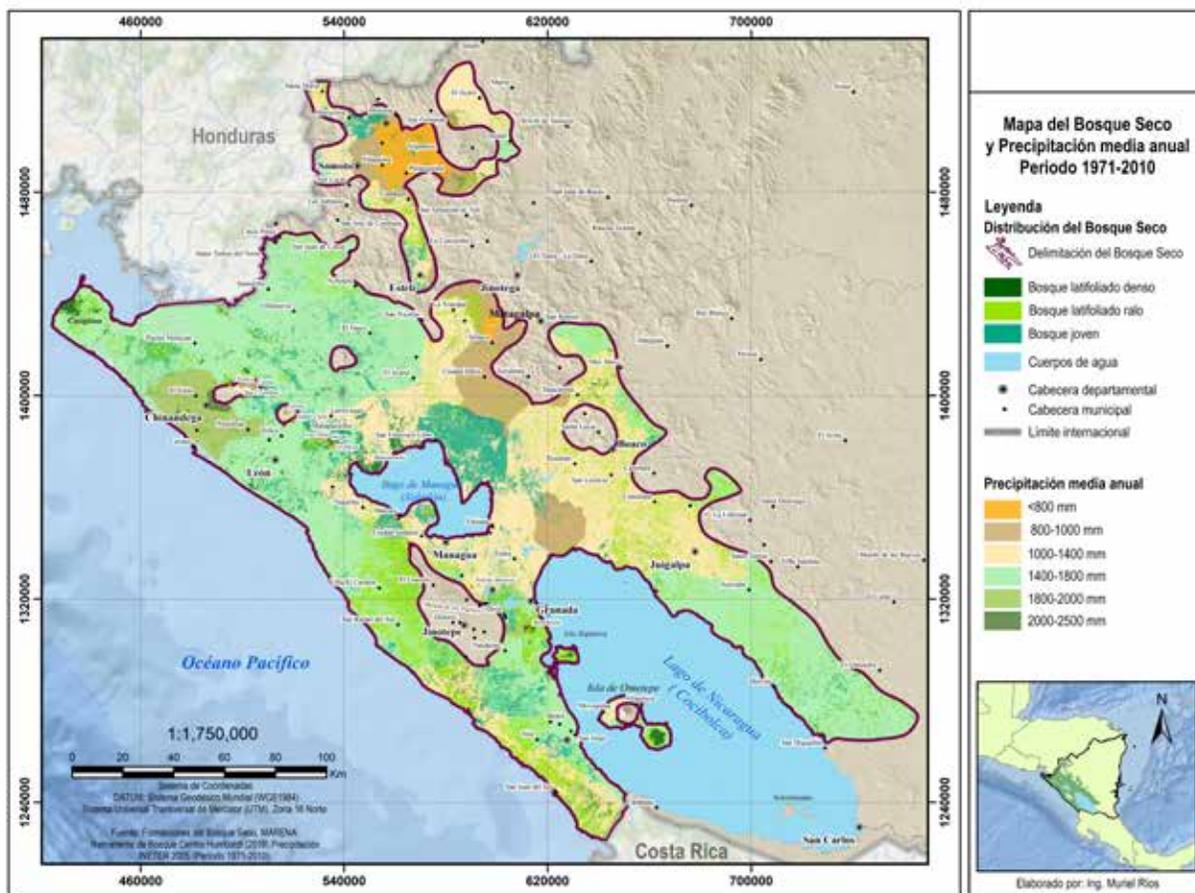
De acuerdo con (Trejo y Dirzo, 2002), citado por la Asociación Española de Ecología Terrestre (2012).

“Aunque parece existir una tendencia general y clara en el sentido de incrementar la diversidad (composición vegetal) de bosque seco con la precipitación, lo cual explicaría por qué en los BTS hay menor diversidad que en los bosques lluviosos, este no parece ser un factor que permita explicar por sí solo los cambios de diversidad dentro de los BTS, donde la precipitación no muestra una relación significativa con la diversidad.”

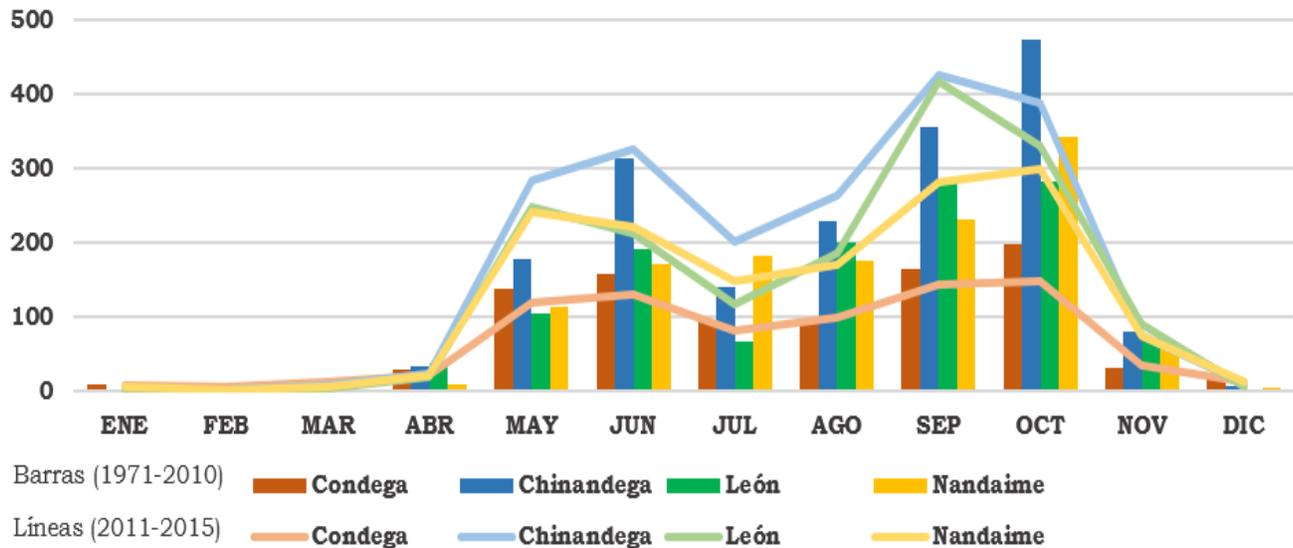
Esta misma relación se presenta en las zonas donde se consideran precipitaciones de 2000 a 2500 mm áreas cubiertas por **bosque latifoliado ralo** donde no se identifica con claridad la relación de precipitación/densidad de bosque seco.

Es importante investigar a mayor profundidad la relación de variables hidroclimáticas y los diferentes factores que inciden en ellas (bosque - factores hidroclimáticos

como precipitación, evapotranspiración y otros) aunque sin duda en el caso del BTS de Nicaragua ha sido más bien influido por la deforestación y cambio de uso de suelo que ha causado la fuerte fragmentación. Naranjo *et al.* (2011) han documentado para cuencas boscosas de América de Norte que tendencias en el balance de agua observadas pueden ser asociadas a interrupciones en la cobertura vegetal antes de los registros realizados de datos hidroclimáticos un siglo antes.



**Figura 2.** Mapa de distribución del bosque seco y precipitación media anual (Período 1971-2010).



**Figura 3.** Gráfico de precipitación mensual (promedio) de los dos periodos 1971-2010 y 2011-2015 (Fuente datos: INETER)

La mayoría de los datos de precipitación presentados en las tablas y mapa representa valores históricos del 1971 a 2010. Para generar una visión que incluya años posteriores (cinco años 2011 al 2015), se ha considerado de importancia tomar como sitios estratégicos cuatro estaciones meteorológicas dentro del área de bosque seco, siendo estas: Nandaime, León, Chinandega, y Condega con el fin de valorar las tendencias en las precipitaciones en estos dos rangos de tiempo (Figura 3, Tabla 2).

De las cuatro estaciones analizadas en estos dos períodos, se aprecia que solamente la estación Chinandega presenta una leve disminución de la precipitación (en el periodo 2011-2015 del mes de octubre en comparación a la norma histórica) lo que indica en estos rangos anuales que las precipitaciones no son el problema de la disminución del bosque seco en las zonas de estudio (Saldívar y Vammen, 2024), sino más bien los cambios de uso de suelo y falta de gestión de cuenca. En la tabla 2 se muestran dos períodos muy definidos como suele a ser en territorios con bosque tropical seco, donde las mayores precipitaciones se presentan en los meses de septiembre y octubre.

Se ha realizado esta comparación para considerar posibles tendencias de cambio climático en las últimas décadas y se espera poder completarlos y dar seguimiento con datos de precipitación más completos en el área del bosque tropical seco en el futuro.

## Evapotranspiración

En el ciclo hidrológico, la precipitación se distribuye en diferentes particiones que aportan al agua superficial, aguas subterráneas, escorrentía y la evapotranspiración que contribuye a la humedad atmosférica; todos forman parte del balance hidrológico desde luego condicionado por las características de la zona específica, como vientos, latitudes, altura, suelos y especialmente cobertura vegetativa entre otros. En efecto, es sustancial considerar el ciclo hidrológico en la tierra y el mar.

Evapotranspiración se define como la combinación de flujos de evaporación y transpiración de la tierra; incluye evaporación del suelo, transpiración de las estomas de las plantas y evaporación de las fracciones de precipitación que se quedaron detenidas en el dosel de los árboles y la hojarasca. El reciclaje de humedad está afectado por diferencias en el tipo de cobertura del territorio que luego se vea reflejado en cambios de evapotranspiración. Cobertura de bosque lleva a una más alta magnitud de reciclaje de humedad (Jasechko et al., 2013; Spracklen et al., 2012, 2018).

Territorios secos se definen como áreas donde la precipitación es menos que la evapotranspiración potencial (ETP) para una parte o todo el año y por tanto existe un déficit de agua del suelo estacional o permanente (D'Odorico, P. et al, 2019).

**Tabla 2.** Precipitación mensual en los periodos 1971 -2015.

Mes del año	Precipitación mensual (mm) Periodo 1971-2010				Precipitación mensual (mm) Periodo 2011-2015			
	Condega	Chinandega	León	Nandaime	Condega	Chinandega	León	Nandaime
ENE	9.72	0.2	0.5	4.36	8.52	1.49	1.71	5.88
FEB	6.86	0.06	0.3	0.46	7.46	1.10	0.81	1.32
MAR	4.74	3.64	0	1.18	13.90	9.18	5.01	5.57
ABR	29.96	35.32	38.4	9.14	23.11	23.50	19.09	22.81
MAY	138.68	178.68	105.1	114.94	120.27	284.41	247.87	241.56
JUN	157.6	314.24	192.5	172.58	129.75	325.24	212.52	221.48
JUL	93.9	140.44	68.1	182.6	81.23	202.35	117.93	147.85
AGO	94.36	228.94	200.7	177.34	100.50	264.10	186.93	170.29
SEP	164.18	355.02	280.9	230.92	143.06	426.63	415.77	281.76
OCT	199.48	472.76	283.2	343.58	147.95	387.57	330.86	298.23
NOV	33.14	81.48	71.64	57.92	36.01	74.51	90.36	75.11
DIC	17.54	6.92	0.16	5.2	13.50	12.09	6.08	13.25

Fuente: INETER (1971-2015)

Evapotranspiración es un indicador de la demanda de evaporación de la atmósfera. Una tasa más alta de evapotranspiración significa que el área específica contribuye más a la humedad atmosférica; las coberturas de tierra que pueden tener aportes muy altos de evapotranspiración son, por ejemplo: cuerpos de agua, humedales, la agricultura de riego y los bosques.

Es conocido ampliamente que los bosques aumentan la evapotranspiración y contribuyen así a la estabilidad del clima; incluso pueden influir en el clima local o regional y contribuir a la tolerancia a ciertos fenómenos del cambio climático. Deforestación o eliminación de vegetación forestal conduce a un aumento constante de escorrentía debido a la pérdida de la capacidad de infiltración del suelo y además reduce el volumen de agua de suelo que se pierde por evapotranspiración.

En otras palabras, la eliminación de vegetación reduce el potencial de intercepción y evapotranspiración y conduce al aumento de escorrentía. Una reducción en evapotranspiración inducida por una disminución en cobertura vegetal podría conducir a un descenso en el reciclaje total de la precipitación donde las consecuencias llevan a la vez a pérdidas de vegetación adicionales.

Las condiciones hidroclimáticas para el desarrollo del bosque y otros ecosistemas terrestres se han categorizado usando como indicador el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración media anual (P/E). Los bosques secos se encuentran normalmente entre el rango de 0,5 a 1 dependiendo por supuesto de la densidad del bosque y la zona latitudinal que condiciona las temperaturas (Van Noordwijk et al., 2018) (Tabla 4)

Los bosques tropicales secos reciben menos precipitación y pierden más del 70% como evapotranspiración (Farrick, K. y Branfireun, B., 2013) dejando menos agua disponible como escorrentía; también presentan un cociente entre evapotranspiración sobre precipitación (E/P) de 1 a 2 (Murphy y Lugo, 1995) lo que indica suelos secos (Tabla 4).

Como resultado de geoprocesamiento, se ha analizado la relación entre la evapotranspiración y cobertura de bosque tropical seco remanente usando datos históricos de Evapotranspiración Potencial (ETP) Anual del periodo 1971-2000. Como se ha visto, la evapotranspiración tiene una estrecha relación con la precipitación y se observa en el mapa de bosque tropical seco de Nicaragua que las zonas donde la precipitación es mayor, la evapotranspiración presenta el mismo patrón (Tabla 4).

En la Región del Pacífico, producto del comportamiento combinado de la humedad relativa, la alta temperatura media, la influencia de la velocidad del viento, la radiación solar incidente y la cercanía a cuerpos de agua, la evapotranspiración predominante oscila entre 1600 mm y 2000 mm; mayor de 2000 mm solamente se encuentra en el sector de Malpaisillo ubicado en la zona norte de la cuenca inmediata del lago Xolotlán (Figura 4, Tabla 3).

Otros de los sectores donde se presentan valores de evapotranspiración que alcanzan un rango entre 1800 mm y 2000 mm anuales son Nagarote, San Francisco Libre, Ciudad Darío, Macuelizo y Mozonte donde se observa la presencia de bosques latifoliados jóvenes. El 90% del bosque tropical seco remanente se encuentra entre 1600-2000 mm de evapotranspiración.

**Tabla 3.** Área de bosque seco versus evapotranspiración

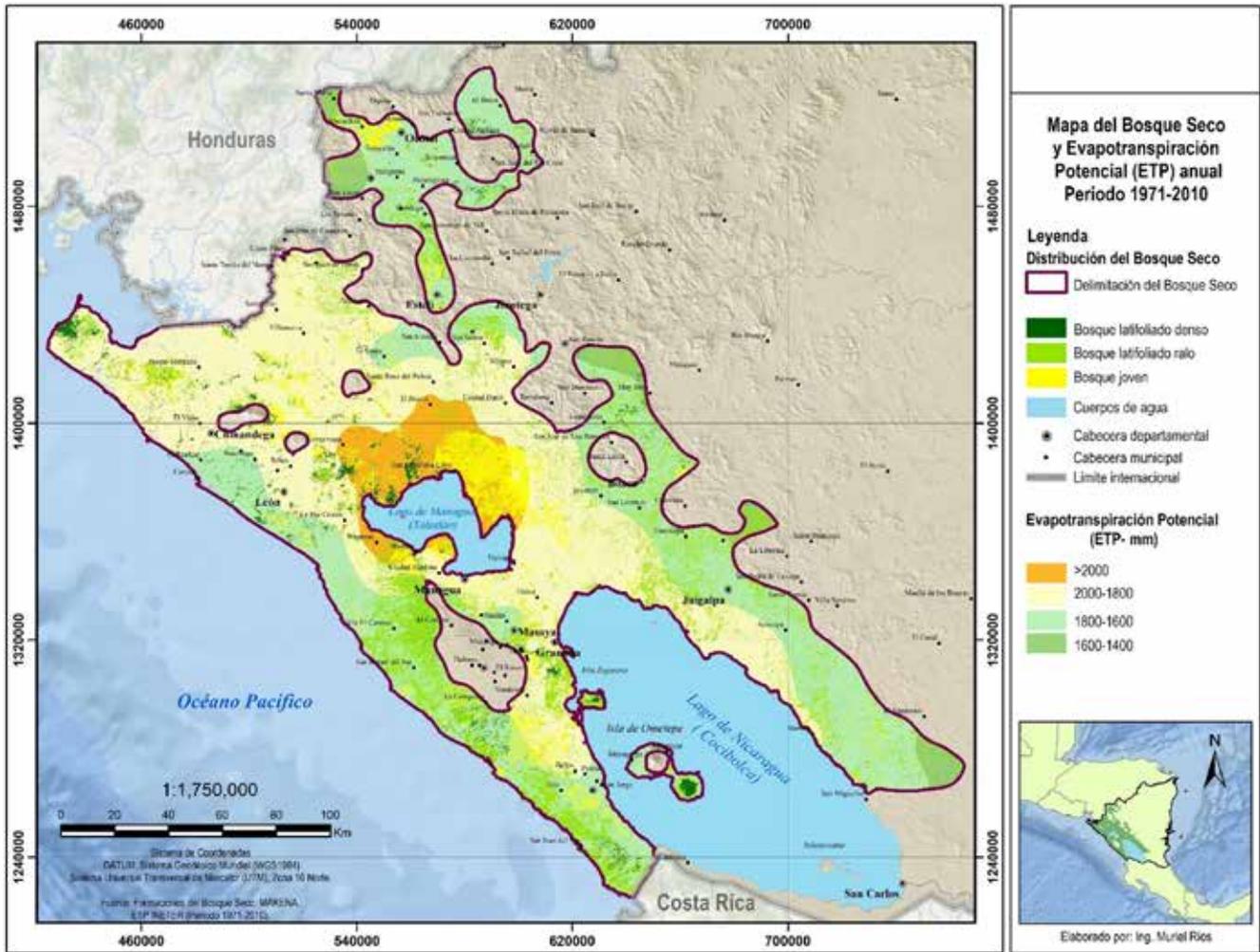
Número	Rango de Evapotranspiración potencial ETP-mm	Área de cobertura de bosque seco remanente (Km <sup>2</sup> )			Total (Km <sup>2</sup> )
		Bosque latifoliado denso	Bosque latifoliado ralo	Bosque joven	
1	>2000	102.0	82.1	206.2	390.3
2	2000-1800	264.5	1171.3	915.6	2351.3
3	1800-1600	240.4	2171.5	527.7	2939.7
4	1600-1400	8.9	132.6	29.0	170.6
Total	Km <sup>2</sup>	615.9	3557.5	1678.6	5851.9
	Porcentaje	2.2	13.0	6.1	21.3

Fuente: INETER (2005) (Periodo de datos de 1971-2000)

De acuerdo a la base o clasificación de bosques a través de las relaciones de precipitación y evapotranspiración presentes en la zona, se ha logrado validar los cocientes que se observa para bosques tropicales secos.

Según las variables de precipitación y evapotranspiración, donde a menor valor del índice se predice o indica la

predominancia de arbustos o bosques joven como matorrales y en las zonas donde la relación P/E se acerca a 1 tiende a considerarse como bosque seco (Tabla 4). El cociente P/E muestra valores entre 0,47 a 1,5 (Tabla 4).



**Figura 4.** Mapa del bosque seco y evapotranspiración potencial (ETP) anual (período 1971-2000)

**Tabla 4.** Resumen de dos cocientes de la relación de precipitación y evapotranspiración (P/E y E/P)

N° según lámina de agua de P por zona	Precipitación (mm) P	Evapo-transpiración (mm) E	Relación de P/E	Relación E/P	Tipo de bosque según relación <sup>1</sup> de P/E	Observaciones de áreas ubicadas en los siguientes municipios
1	800	1700	0.47	2.13	Arbustos	Telpaneca, Yalaguina, Palacaguina
2	900	900	1.00	1.00	Bosque seco	Tisma, Sébaco, Ciudad Darío
3a	1200	1900	0.63	1.58	Bosque seco	Telica, Ciudad Sandino
3b	1200	2000	0.60	1.67	Bosque seco	Malpaisillo, San Francisco Libre
4a	1600	1600	1.00	1.00	Bosque seco	Comalapa, Acoyapa
4b	1600	1900	0.84	1.19	Bosque seco	Acoyapa el Almendro, Tola, Villa del Carmen, Posoltega
5	1900	1900	1.00	1.00	Bosque seco	Villa Nueva, Larreynaga, Darío, Chinandega entre otros
6	2250	1500	1.50	0.67	Bosque Húmedo	Sector Volcán San Cristóbal, Chongo, Casitas

<sup>1</sup>Con base en la relación entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial, se puede esperar arbustos (<0.5), bosque seco (0.5-1), bosque húmedo (1-2), bosque húmedo (2-4) o bosque lluvioso (> 4). Esta relación refleja las precipitaciones, que van desde superhúmedas (> 8000 mm / año) a superhúmedas (<125 mm / año) y zonas latitudinales (tropical, subtropical, templado cálido, templado frío, boreal, subpolar y polar) que interactúan con cinturones altitudinales (tierras bajas a montañas y alpinas) para determinar la temperatura y la evapotranspiración potencial" (Van Noordwijk *et al.*, 2018).

De forma similar, el cociente de evapotranspiración sobre precipitación (E/P) muestra valores entre 0,67 y 2.13 indicando condiciones de valores similares de evapotranspiración y precipitación, o en algunas zonas más evapotranspiración que precipitación (1, 3a, 3b y 4b) lo que normalmente indica la presencia de suelos secos.

## Cuencas

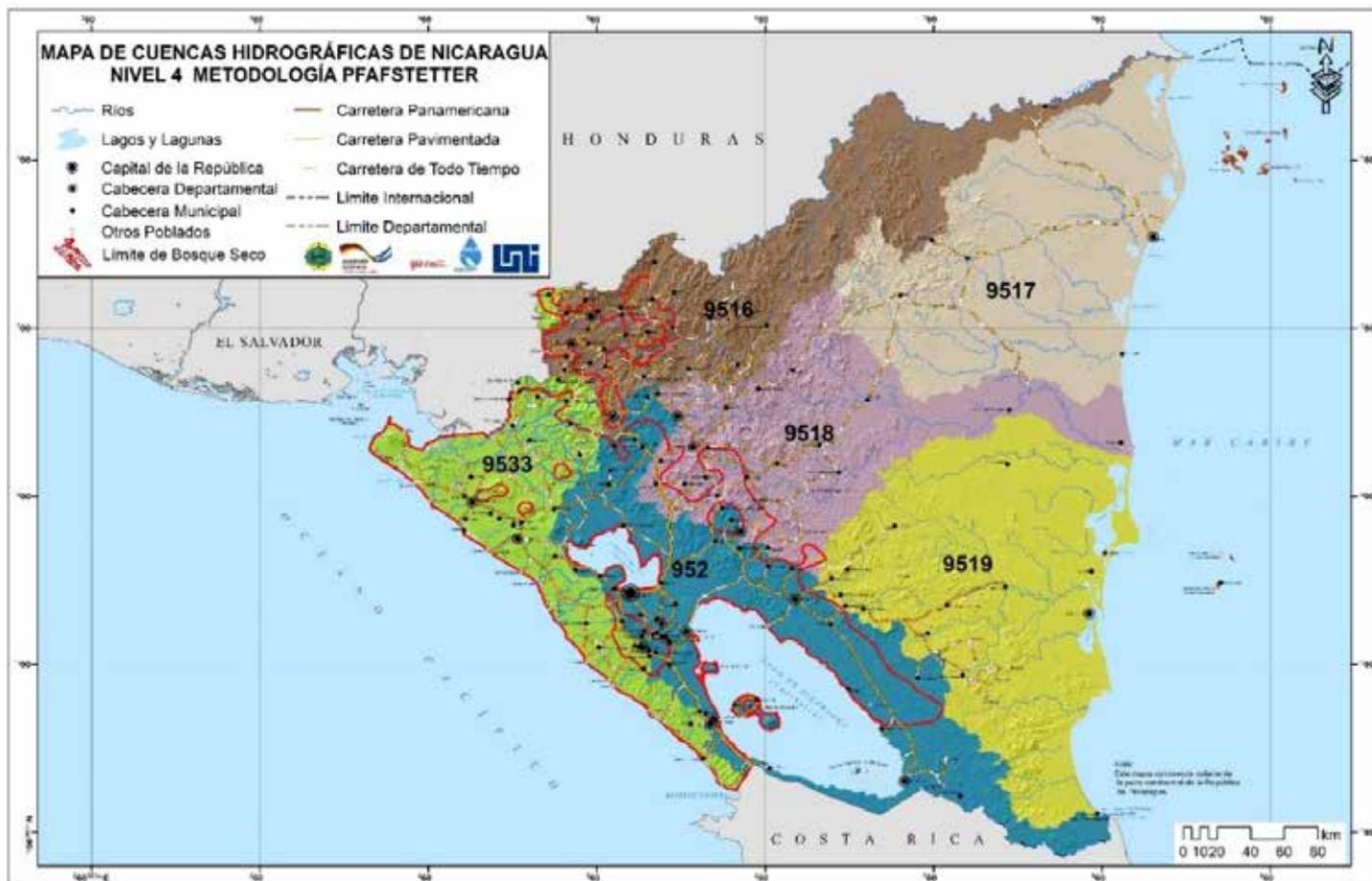
De acuerdo con Rodríguez (2016), los recursos hídricos superficiales en Nicaragua se encuentran distribuidos de forma desigual, "El 93% se encuentra en la zona del Atlántico y sólo 7% en el Pacífico. La región Central y Caribe se caracteriza por contener ríos más largos y caudalosos y en la vertiente del Pacífico se caracteriza por contar con ríos de corto recorrido".

La mayor cantidad de área de bosque seco se encuentra

en territorio del Pacífico de Nicaragua debido a las características meteorológicas, suelo y con influencia directa del medio geomorfológico y las condiciones de la cadena volcánica (Tabla 5, Figuras 5 y 6).

Desde el 2014 Nicaragua cuenta con el mapa de cuencas hídricas elaborado bajo la metodología de Otto Pfafstetter (Figura 5). El bosque tropical seco de Nicaragua se ubica en cuatro de las principales cuencas, siendo éstas la cuenca del Pacífico- 9533, Río San Juan-952, Río Coco-9516 y Río Grande de Matagalpa-9518

En cuanto a las cuencas mencionadas, el BTS está localizado con 45% de su área en la cuenca del río San Juan-952 y 39% en la cuenca del Pacífico-9533. Existen algunas zonas menores en las cuencas del río Coco-9516 en 8,6% y el río Grande de Matagalpa-9518 en 7,4% (Figura 6).



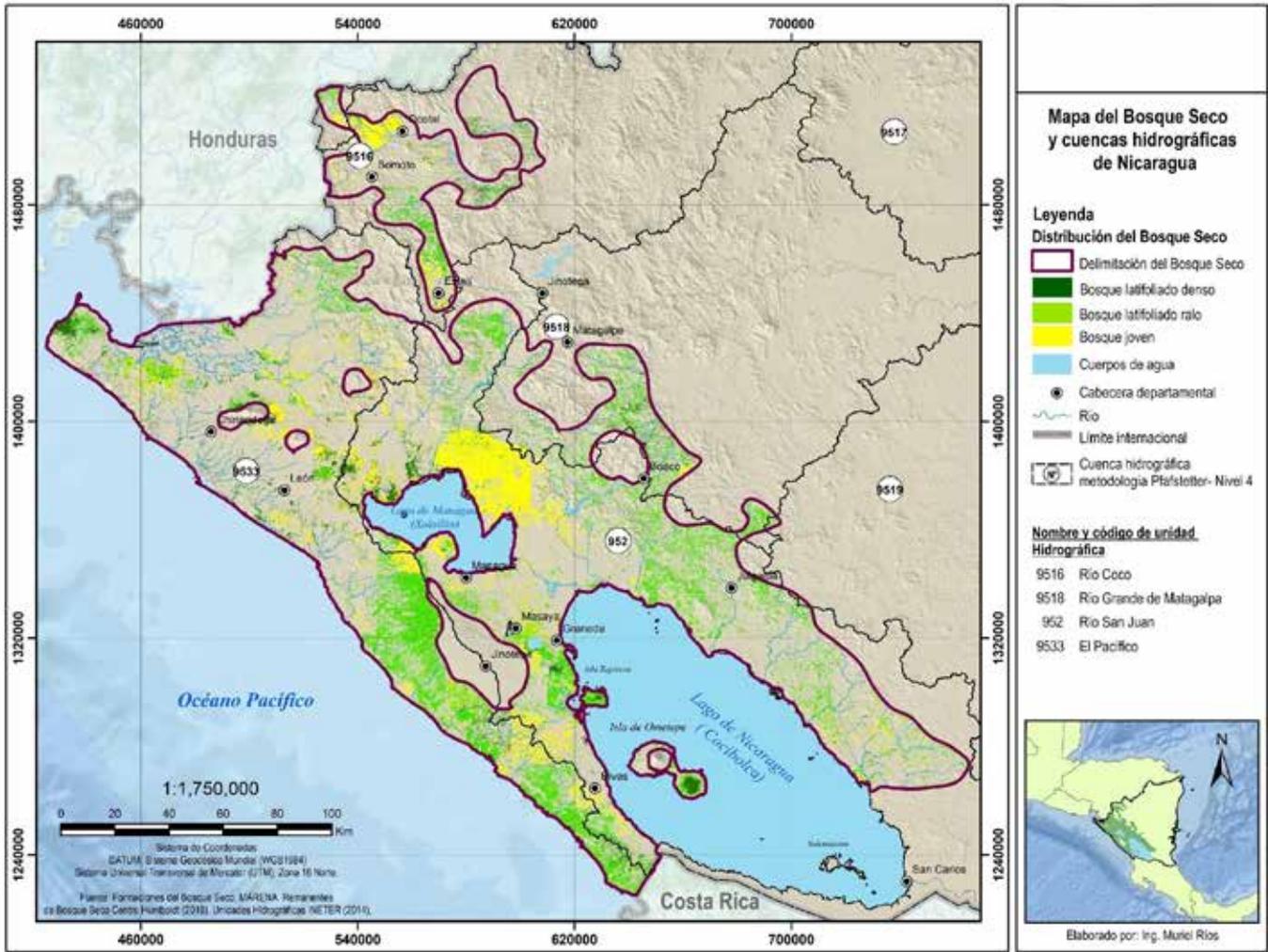
**Tabla 5.** Cuencas hidrográficas versus área de bosque seco remanente

Nombre de la cuenca	Código de unidad hidrográfica Pfafstetter	Área total de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Área de cobertura de bosque seco remanente (Km <sup>2</sup> )			Total de bosque denso, ralo y joven (Km <sup>2</sup> )	Área de cuenca en Bosque Seco (Km <sup>2</sup> )	% del área total
			Bosque latifoliado denso	Bosque latifoliado ralo	Bosque Joven			
Río San Juan	952	19585.98	195.7	1501.3	1287.8	2984.8	12280.0	45
El Pacífico	9533	12274.83	344.5	1547.1	701.8	2593.4	10729.5	39
Río Coco	9516	18975.61	43.8	185.5	184.4	413.7	2367.1	8.6
Río Grande de Matagalpa	9518	18856.55	34.9	346.0	24.7	405.6	2021.6	7,4
Total general		69692.97	618.93	3590.01	2198.84	6407.79	27398.11	

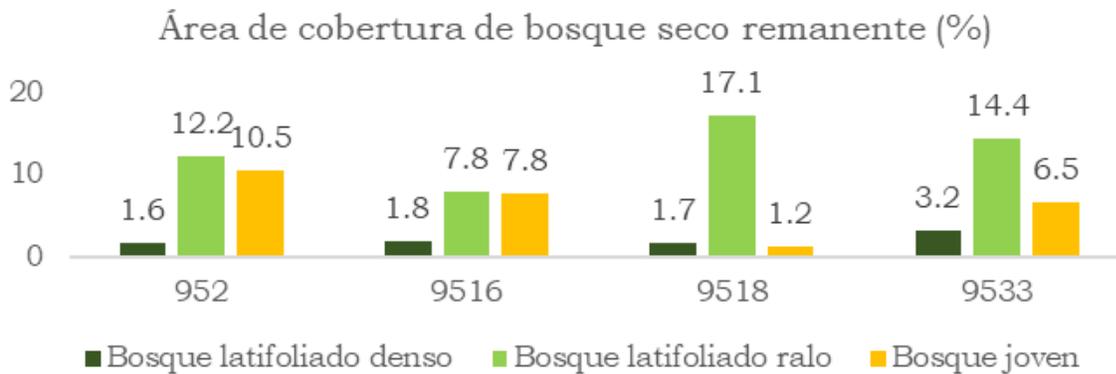
**Cobertura de bosque en las 4 cuencas**

Se presenta una cobertura de 51.6% de bosque latifoliado ralo, mientras que le siguen los tacotales o bosque joven

con 26.0% y en el caso del bosque latifoliado denso únicamente un 8.4% (Tabla 5, Figura 7) en las 4 cuencas analizadas.



**Figura 6.** Mapa del bosque seco con sus diferentes formas de remanentes y cuencas hidrográficas de Nicaragua

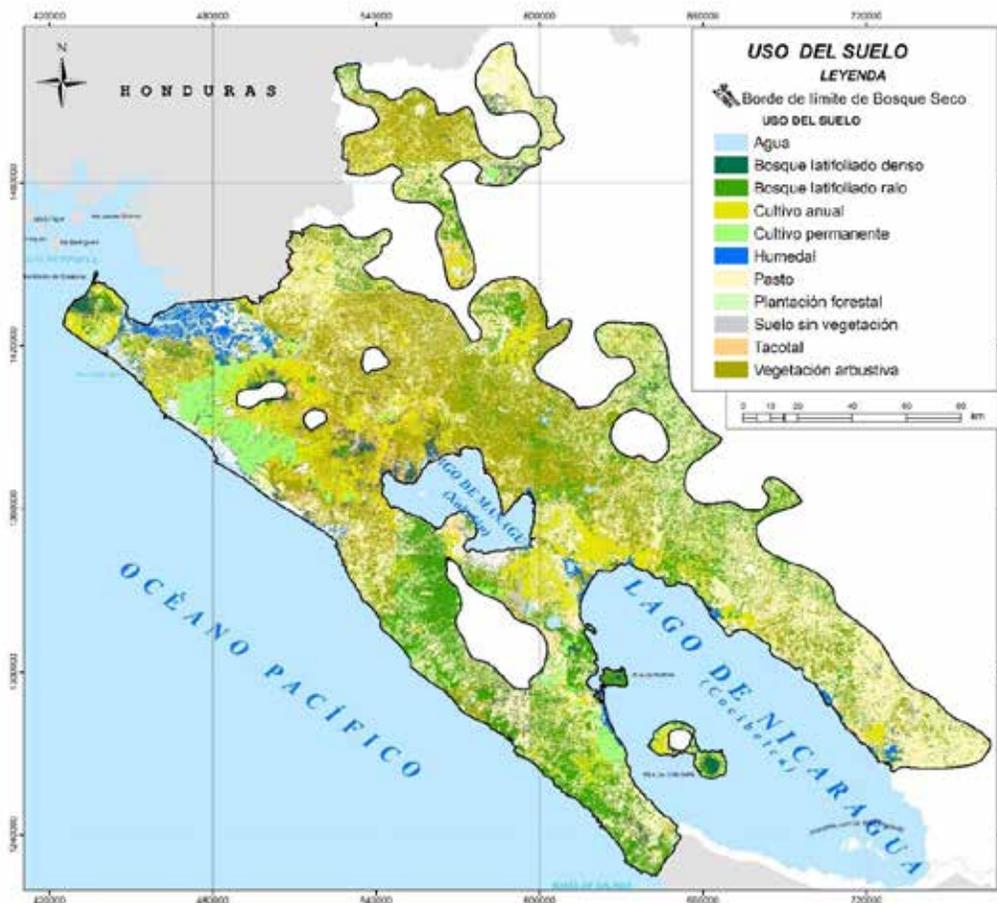


**Figura 7.** Área de cobertura de bosque seco remanente (%) por cuenca

**Tabla 6.** Uso actual de suelo 2015

No.	Uso actual de suelos	Área (km <sup>2</sup> )
1	Agua superficial	364.35
2	Bosque de conífera denso	94.80
3	Bosque de conífera ralo	123.63
4	Bosque de mangle	358.02
5	Bosque de palma y/o bambú	0.27
6	Bosque latifoliado denso	675.40
7	Bosque latifoliado ralo	4,149.13
8	Ciudades, poblados y caseríos	360.53
9	Cultivo anual	2,813.00
10	Cultivo permanente	1,155.93
11	Humedal	554.65
12	Pasto	9,279.77
13	Plantación forestal	87.82
14	Suelo sin vegetación	299.57
15	Tacotal	1,063.37
16	Vegetación arbustiva	6,114.58

Tabla de elaboración propia con valores que se midieron a través del SIG y Fuente INETER, 2015.

**Figura 8.** Mapa de uso actual de suelos 2015 en el área de bosque seco

## Uso de suelos del territorio del bosque tropical seco

La mayor parte del área total, donde se encuentra el bosque tropical seco fragmentado de Nicaragua, predomina el uso de suelo de pastos con 9,279.77 km<sup>2</sup>, vegetación arbustiva con 6,114.58 km<sup>2</sup>, bosque seco remanente de diferentes características con 5,401.25 km<sup>2</sup> y cultivos anuales con 3,968.93 km<sup>2</sup>; en la tabla 6 y en la figura 8 se detallan los usos donde está ubicado el BTS.

### Acuíferos

Dentro del área de bosque seco, se contabiliza un total de 12 acuíferos de gran importancia hidrogeológica por su extensión que son utilizados para riego y consumo humano e industrial; además de otros 15 de menor área conocidos como acuíferos intramontañosos o valles que sirven para el abastecimiento de agua a pequeñas poblaciones (Figura 9, Tabla 7).

Los acuíferos están condicionados por la geología del área; en la mayoría de las zonas de acuíferos se localiza la formación Cuaternaria formada por deposiciones de piroclastos. Los acuíferos intramontañosos de menor potencial se caracteriza por áreas en donde se presentan pequeños estratos de material sedimentario el que subyace sobre la formación Terciario, generando mayor escurrimiento superficial y menores infiltraciones hacia los cuerpos subterráneos.

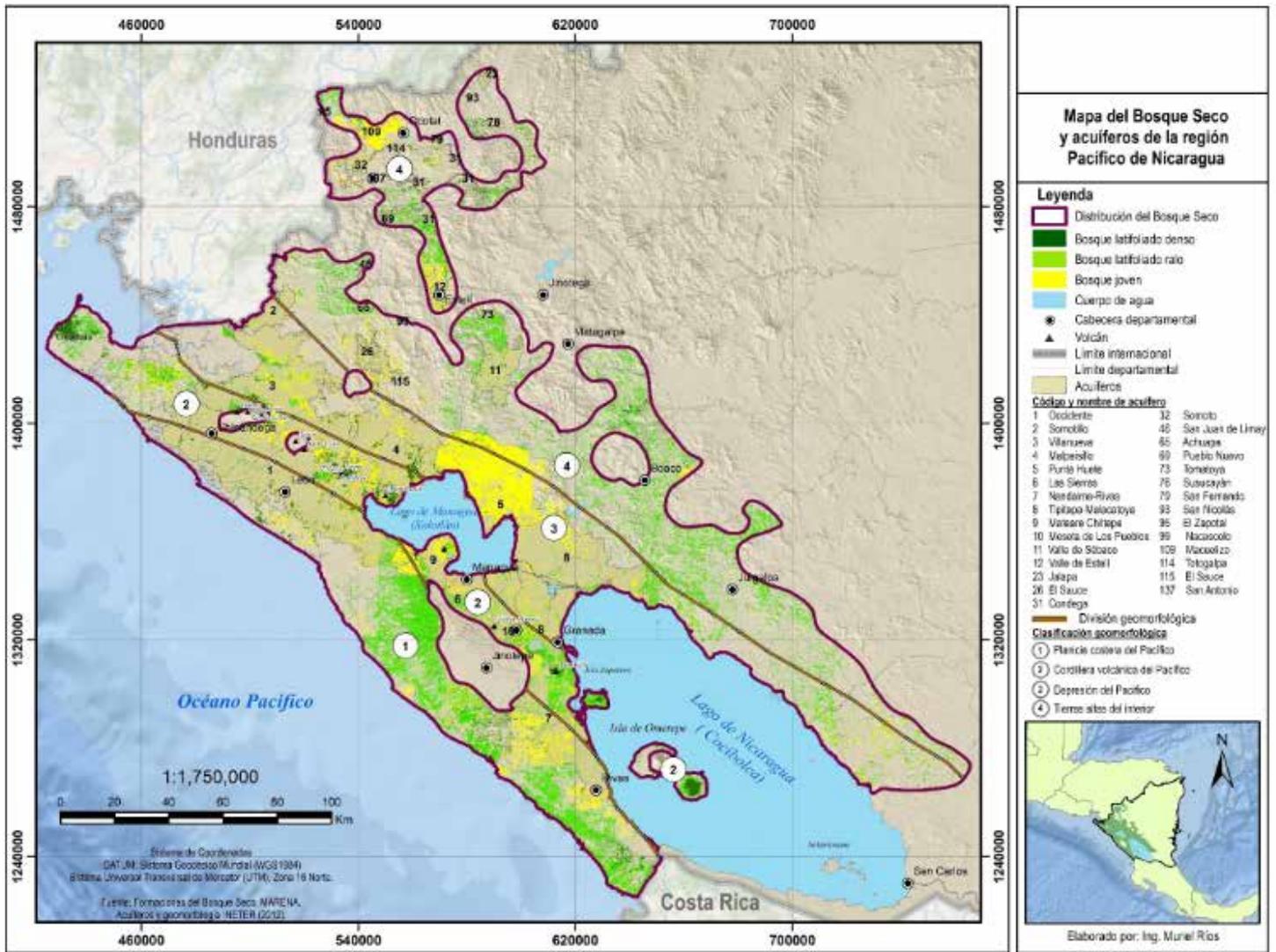
Se observa que en las áreas de acuíferos de importancia donde debería existir más bosque latifoliado denso destinado a la protección de las zonas de recarga, más bien predomina el bosque ralo y joven; todo asociado a la deforestación por cambios en uso de suelo hacia cultivos anuales como la caña de azúcar, maní y sorgo, entre otros (Figura 9, Tabla 7).

Un detalle que vale mencionar. No ha sido investigado aun si las emisiones expulsadas por los volcanes (ver cadena de volcanes en Figura 9) podrían tener algún impacto en el crecimiento del bosque y la capacidad de infiltración en los suelos en algunas áreas; por ejemplo, en las arenas del sector Volcán Cerro Negro no ofrecen las mejores condiciones para el establecimiento de áreas boscosas.

Los acuíferos que presentan mayor cantidad de áreas cubiertas por bosque seco corresponden a Occidente (1) con 299.2 km<sup>2</sup>, siendo esto el 14% del área cubierto del área de recarga del acuífero; seguido de Nandaime-Rivas (7) con 254.6 km<sup>2</sup> equivalente al 23.1%; Villanueva (3) con 252.5 km<sup>2</sup> equivalente al 18.7%; Tipitapa-Malacatoya (8) con 245.3 km<sup>2</sup> equivalente a 17.4% y Malpaisillo (4) con 225.1 km<sup>2</sup> equivalente a 24.7%. El área de cobertura de bosque y sus porcentajes indican muy poca cobertura de bosque en el área de los mayores acuíferos de Nicaragua (Tabla 7, Figura 9). En total, resulta solamente 17.6% cobertura de bosque tropical seco en el área de recarga de los acuíferos.

La mayor área con bosque latifoliado denso corresponde a tres principales acuíferos, siendo estos Occidente (1), Malpaisillo (4) y Villanueva. En el resto de los acuíferos existe un predominio de bosque joven (tacotales), seguido de bosques latifoliado ralo y solamente en menor extensión los bosques latifoliado denso (Tabla 8, Figura 10).

Estas cifras muestran la urgencia en promover el manejo y/o restauración y conexión de los bosques en zonas estratégicas como las áreas de recarga.



**Figura 9.** Mapa del bosque seco, acuíferos y cadena de volcanes de la Región Pacífico de Nicaragua

**Tabla 7.** Principales acuíferos que inciden en el bosque seco de Nicaragua

Código	Acuíferos	Área Total del acuífero (Km <sup>2</sup> )	Área de cobertura de bosque seco remanente (Km <sup>2</sup> )			Total de bosque seco remanente (Km <sup>2</sup> )
			Bosque latifoliado denso	Bosque latifoliado ralo	Bosque joven	
1	Occidente	2117	98.4	61.4	139.4	299.2
2	Somotillo	147	0.7	2.4	3.3	6.4
3	Villanueva	1352	51.7	59.2	141.5	252.5
4	Malpaisillo	912	62.3	1	161.8	225.1
5	Punta Huete	335.4	0.1	7.3	10.3	17.7
6	Las Sierras	568	0.4	56	40	96.4
7	Nandaime-Rivas	1101	9.7	126.6	118.3	254.6
8	Tipitapa-Malacatoya	1406	11.3	127.3	106.8	245.3
9	Mateare Chiltepe	275	4	30.1	58.4	92.5
10	Meseta de Los Pueblos	204	1.8	15.1	9.8	26.6
11	Valle de Sébaco	263	2.8	18.3	2.7	23.8
12	Valle de Estelí	71	1	3.5	9.1	13.6
23	Jalapa	26		0.2	0	0.2
26	El Sauce	130	5.5		7.6	13.1
Total	Km <sup>2</sup>	8907.4	249.7	508.4	809	1567

Fuente: Adaptado INETER 2017

## Amenazas de sequía

Frecuentemente, Nicaragua es afectada por fenómenos meteorológicos extremos y climáticos como la sequía, que causan daños a los bosques y disminución de los recursos hídricos periódicamente. Según FAO (2012), un 32% del territorio de Nicaragua se localiza en el llamado Corredor Seco de Centroamérica, área que, por su ubicación y condiciones climáticas, se presenta mayores amenazas por sequías. Estas condiciones se vienen presentando desde hace muchos años, y se identifican tres rangos o niveles de sequía: alta, media y baja (COSUDE y INETER, 2013).

La extensión del Corredor Seco de Centroamérica cambia de años normales en (30.3% del área total de Centroamérica), sequías extremas (36.2%) y años húmedos extremos (21.3%) (Quesada-Hernández *et al.*, 2019).

En el área cubierta por bosque tropical seco predomina la amenaza por sequía con clasificación media y alta, lo que ha venido afectando a lo largo de los años los ecosistemas del bosque seco, asociado al déficit de agua en los primeros estratos del suelo (Figura 10, Tabla 8). Se observa que en las zonas donde se presentan déficit

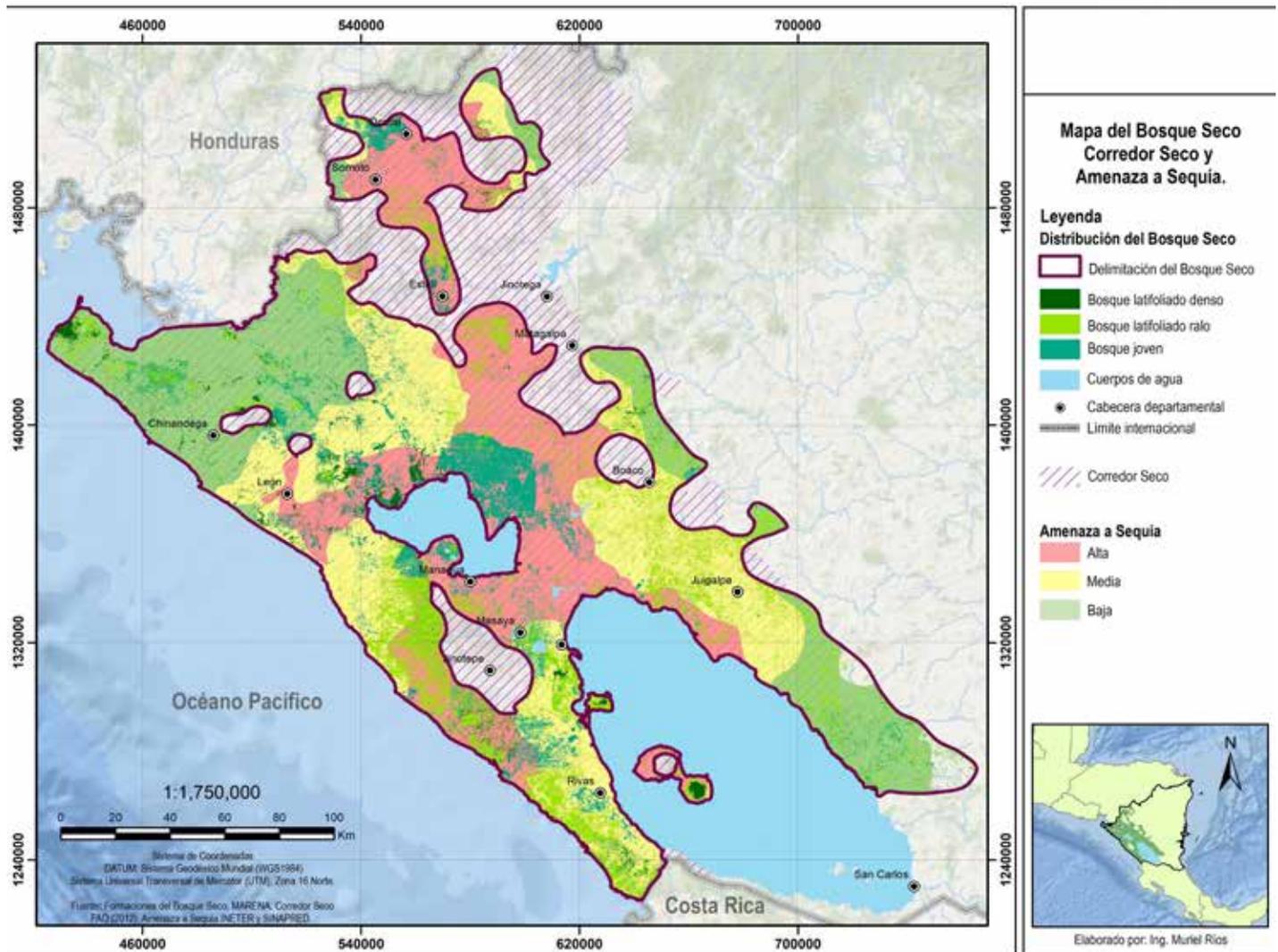
hídrico corresponden a áreas del corredor seco y donde los escurrimientos son mayores por el grado de deforestación y condiciones de pendientes.

De acuerdo a mapas de sequía y bosque seco, en las áreas donde actualmente se encuentran parches de **bosque seco latifoliado denso** (lo que representa solamente 1.2% del bosque tropical seco en Nicaragua) presentan vulnerabilidad ante amenaza alta de sequía, principalmente en la zona noroeste del lago Xolotlán; áreas donde las precipitaciones son inferiores a los 1200 mm y la evapotranspiración mayor a los 2000 mm; dicha diferencia crea un ambiente con poca humedad del suelo y del aire favoreciendo el estrés hídrico en la vegetación (Tabla 8).

En áreas de **bosque seco latifoliado ralo y joven**, la amenaza ante sequía es media con precipitaciones de 1400 mm y evapotranspiración inferior a los 2000 mm. En dichas áreas predominan las características de los suelos de franco arenoso (que se caracterizan por poca capacidad en retener humedad) y francoarcilloso, limosos y arcillosos (retienen humedad en el suelo).

**Tabla 8.** Área de cobertura de bosque seco y amenaza de sequía

Nivel de sequía	Clasificación de Amenaza a sequía	Área de cobertura de bosque seco remanente (Km2)			Total de cobertura de bosque seco (Km2)	% de área de BTS bajo amenaza por nivel de sequía
		Bosque latifoliado denso	Bosque latifoliado ralo	Bosque Joven		
1	Alta	258.3	1257.6	639.8	2155.7	7.86
2	Media	183.7	1617.1	603.4	2404.2	8.76
3	Baja	216.9	737.8	414.8	1369.5	4.63
Total general	Km2	659.0	3612.4	1658.0	5929.4	21.25
	Porcentaje	1.2	6.4	2.9	10.5	



**Figura 10.** Mapa del bosque seco, Corredor Seco y amenaza de sequía

Las condiciones climáticas, el medio geológico, los suelos y la fragmentación antropológica por deforestación disminuyen las áreas con bosques tropicales secos y como consecuencia presentan condiciones adversas para el desarrollo del mismo.

## Relieve

La distribución del remanente del bosque seco en Nicaragua respecto a la elevación, expresada en metros sobre el nivel medio del mar (msnm) (Tabla 9). Un 95.3 % corresponde a alturas desde <100 msnm (zona

costera y llanura del Pacífico) hasta los 800 msnm. En las zonas de menores elevaciones del área, se encuentran cubierto por cultivos anuales donde no se distingue ningún tipo de bosques, solamente pequeños parches de bosque ralo y en el caso del bosque joven presentan elevaciones entre 100 a 200 msnm, por ejemplo, en la zona noreste del lago Xolotlán.

El otro 5% de remanente del bosque seco es muy reducido en parches puntuales, ubicado en áreas mayores a los 800 msnm (Figura 11, Tabla 9).

**Tabla 9.** Distribución del bosque seco remanente según las altitudes.

N°	Rango de altitud (msnm)	Área de cobertura de bosque seco remanente (Km <sup>2</sup> )			Total (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje %
		Bosque latifoliado denso	Bosque latifoliado ralo	Bosque joven		
1	<100	202.3	968.5	874.3	2045.1	32.16
2	100-200	98.8	775.1	524.1	1398.1	21.98
3	200-400	144.1	942.1	443.2	1529.5	24.05
4	400-600	72.4	481.3	144.5	698.2	10.98
5	600-800	47.9	241.8	103.7	393.4	6.19
6	800-1000	33.1	122.5	86.5	242.1	3.81
7	1000-1200	15.2	20.5	14.5	50.2	0.79
8	1200-1499	1.3	0.5	1.3	3.1	0.05
Total		615.1	3552.4	2192.1	6359.6	100

## Resumen de resultados destacados del análisis por geo-procesamiento del bosque tropical seco remanente en Nicaragua relacionados a datos hidroclimáticos (precipitación y evapo-transpiración), cuencas, uso actual de suelo, acuíferos, amenaza de sequía y relieve.

Los datos de precipitación de INETER entre 1971 y 2010 ubican el área de bosque tropical seco en rangos de precipitación favorables de 1001-1800mm indicando condiciones favorables para el crecimiento del bosque (Figura 1, Tabla 1). Se observa dos periodos (lluviosas y secas) lo que es característica en territorios de bosques tropicales secos (Figura 3, Tabla 2)

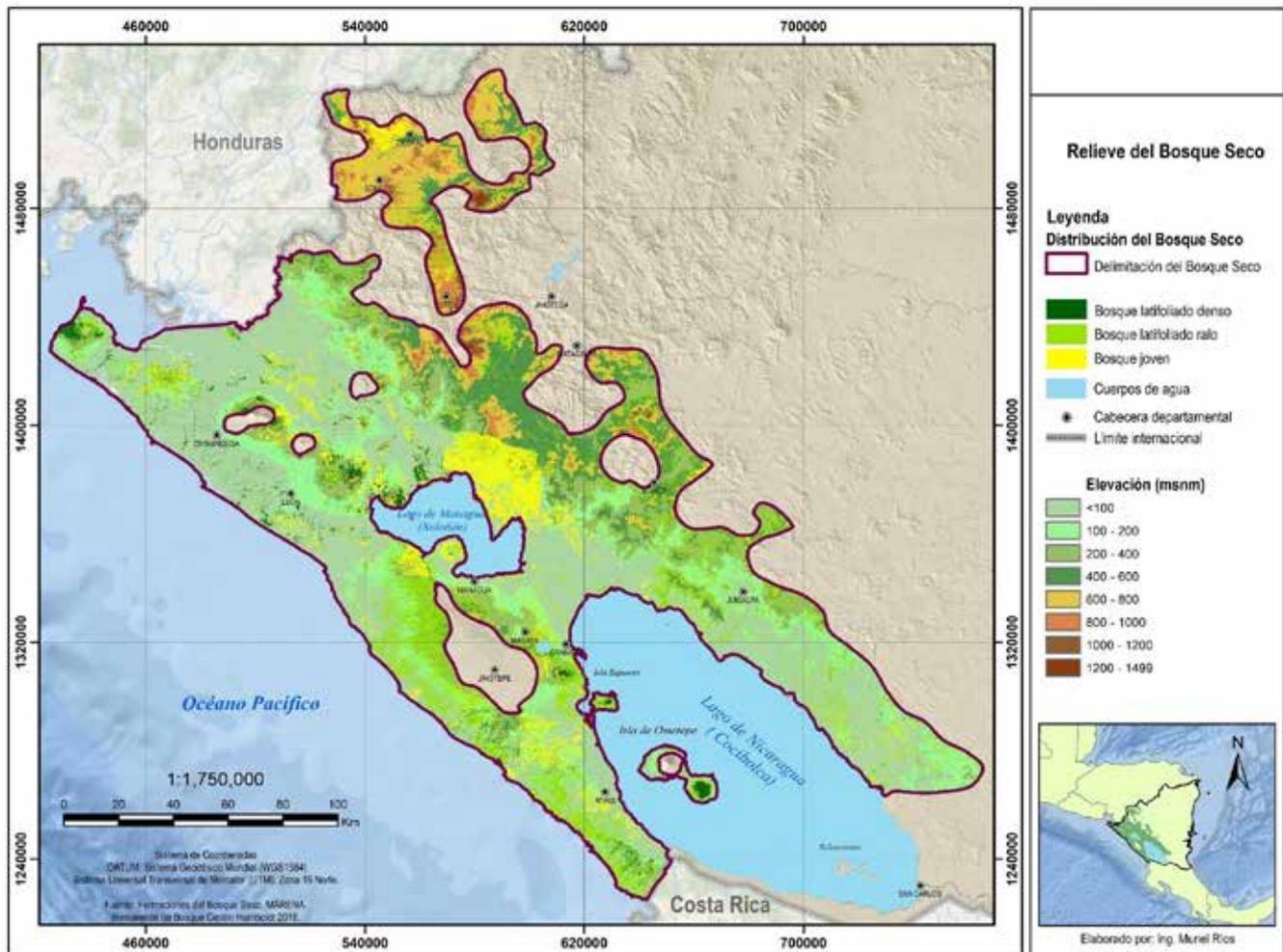
De acuerdo a la relación de las variables de precipitación y evapotranspiración en áreas de bosque seco, se logra identificar que en las zonas donde se presentan precipitaciones mayores a 1000mm y evapotranspiración potencial entre 1600 y >2000, es donde se acentúa

la mayor cantidad de bosque seco latifoliado denso remanente en fragmentos muy pequeños (Tablas 1 y 3).

Las interrupciones en la cobertura vegetal no se relacionan con cambios en los volúmenes de precipitación en estos años sino más bien debido a la intervención antropogénica asociada a actividades con cambios de uso de suelo.

El cociente de Precipitación a Evapotranspiración indica lo observado en bosques tropicales secos. El valor P/E más baja de 0,47 se observa en un área pequeña donde domina los arbustos lo que se encuentra en algunos municipios. El cociente de Evapotranspiración a Precipitación arriba de 1 ha sido observado en algunos sectores lo que normalmente indica suelos secos (Tabla 4).

Por medio del mapa de cuencas hidrográficas superpuesto a presencia del bosque tropical seco y diferentes formas de remanentes, se aprecia con claridad



**Figura 11.** Mapa Topográfico del Área de Bosque Seco

que la cuenca que presenta una mayor extensión de bosques tropicales secos corresponde a la Cuenca del Río San Juan (952) por ser la cuenca de mayor área de incidencia mientras que la cuenca del Pacífico sigue en segundo lugar en área total del BTS (Figura 6, Tabla 5); todas las cuencas muestran los diferentes formas de cobertura de latifoliado denso, latifoliado ralo y bosque joven. La categoría de cobertura del bosque latifoliado ralo domina en el territorio del BTS (Figuras 6 y 7, Tabla 5).

En el contexto de uso actual de suelos es claro que existe un conflicto de uso de suelos por sobreexplotación debido a actividades agrícolas y ganadería (pastizales) (Tabla 6, Figura 8) (Saldívar y Vammen, 2024).

Se destaca el hecho que la presencia del bosque tropical seco se encuentra con cobertura baja (17,6%) en áreas donde se ubican los principales acuíferos del país que tienen grandes beneficios para la población ya que son las fuentes principales para consumo humano e

industrial y riego de cultivos. Se caracteriza esta área por ser una zona agroindustrial de vital importancia para la economía nacional de Nicaragua (Figura 9, Tabla 7). Y en esto predomina bosque seco ralo y bosque joven precisamente en las zonas de recarga que ha sido marcado por deforestación con el fin de establecer áreas de agricultura masiva debido a la fertilidad de los suelos en esta zona del país.

Las causas principales que han conllevado a la severa fragmentación y disminución de los bosques tropicales secos nicaragüenses son precisamente estos factores de la aceleración sin ningún control en los cambios de usos de suelo sin tomar en cuenta las áreas de protección de los acuíferos y recursos hídricos.

Existe amenaza de sequía en el área de bosque tropical seco que ocupa el territorio del Corredor Seco de Centroamérica en Nicaragua. La sequía y la variación interanual afectan los ecosistemas del bosque tropical seco remanente, causando un déficit de agua en estratos

superiores del suelo y un déficit en los recursos hídricos (Figura 10, Tabla 8).

La mayor parte del área de bosque tropical seco se localiza en elevaciones menores de 800msnm (Figura 11, Tabla 9).

Los autores enfatizan la importancia en usar datos más

recientes para el análisis de geoprocetamiento reforzados con análisis estadísticos y modelaje que permitan valorar con más calidad los resultados presentados, y que posibiliten identificar tendencias de las afectaciones de cambio climático en la última década en Nicaragua en correspondencia con características específicas para la región Centroamérica.

## Conclusiones

### *Características destacadas de bosque tropical seco*

Los bosques tropicales secos y su biodiversidad inherente ofrecen servicios ecosistémicos importantes para el bienestar humano (Maas et al., 2005). También aportan servicios ecosistémicos esenciales dirigidos hacia los recursos naturales como sustento sostenible de acuíferos y aguas superficiales, captura de carbono, conservación de suelos y ecosistemas con su diversidad biológica particular.

En comparación con los bosques tropicales húmedos, los BTS tienen también una extensión similar mundialmente, pero son más vulnerables debido a la aceleración de factores como cambios de uso de suelo hacia la agricultura y ganadería y debido a su mayor atractivo para asentamientos humanos. El cambio en cobertura causado por estas alteraciones afecta la hidrología forestal con consecuencias que alteran su vulnerabilidad ante el cambio climático y genera perturbaciones en el clima local y en algunas ocasiones regional. Es importante mencionar que la reducción de vegetación va a la par de severas pérdidas de hábitat lo que tiene consecuencias para la diversidad biológica particular de bosques tropicales secos.

### *¿Bosques tropicales secos son más resistentes o sensibles para enfrentar cambio climático?*

Se ha observado cambios en los regímenes de precipitación en cuanto a su magnitud, intensidad, sincronización y duración (Feng et al., 2013) y temperaturas (Hidalgo et al., 2023; Hidalgo, 2021; Ley et al., 2023) en Centroamérica lo que presenta otras condiciones para el bosque tropical seco; como consecuencia han significado déficits en precipitación en ciertas partes del año que históricamente han sido más húmedos, impactos en ciertas especies del bosque y una tendencia hacia más aridez y contenido de

humedad en los suelos. Existe suficientes evidencias que esta variabilidad en precipitación y el incremento en temperaturas afectan el funcionamiento hidrológico de bosques tropicales secos y por tanto la dinámica en sus cuencas hidrográficas, lo que a la vez influye directamente sobre la composición de su flora y fauna, particularmente en el ecosistema de las plantas que incluyen los procesos microbianos que influyen en el ciclo de nutrientes.

Debido al proceso particular de BTS en almacenar una gran parte de su biomasa bajo tierra, esta materia orgánica podría implicar una ventaja para enfrentar el cambio climático; su capacidad ecofisiológica especial en tolerar sequías debido a la distribución y profundidad de las raíces y hojas con áreas mayores que promuevan la transpiración lo benefician. Juega un papel importante además la capacidad de los suelos para retener humedad en su tolerancia a sequías y la presencia de especies de árboles y arbustos que pueden aprovechar el agua en menores cantidades. Incluso hay estudios paleontológicos que indican que los bosques tropicales secos han podido adaptarse a situaciones de sequía en su evolución (Meir y Pennington, 2011). No obstante, existen muchas observaciones actuales en estudios del BTS que indican una alta vulnerabilidad especialmente a largos periodos de sequía que afectan su productividad y balance de carbono (Allen et al., 2017); se ha detectado en algunas especies cierre de estomas que producen hambre de carbono que luego pueden llevar a un aumento en mortalidad (MacDowell et al., 2008) y más modificaciones en el balance del agua en sus cuencas. Por tanto, las sequías causan cambios en la diversidad de especies y composición del bosque ya que sobreviven las especies especialmente resistentes a las condiciones del déficit de agua.

Los bosques tropicales secos son de los más abundantes

tipos de bosques; sin embargo, son amenazados mundialmente por las consecuencias del cambio climático en cuanto a su funcionamiento hidrológico.

### ***Bosque tropical seco nicaragüense***

El bosque tropical seco de Nicaragua es altamente fragmentado debido a la falta de gestión integral de cuencas y poca atención, reglamentación y regulación a los constantes cambios en uso de suelo. Se ha visto claramente en el análisis de geoprocesamiento que debido a las perturbaciones en la cobertura vegetal existen muy pocas áreas de protección especialmente destinadas para conservar los principales acuíferos de Nicaragua. La reducción y falta de cobertura de vegetación afectan las aguas superficiales ya que generan condiciones de erosión que luego aumentan la sedimentación en los ríos y lagos. La falta de conexión entre los remanentes de bosque es preocupante ya que limita los hábitats y causa pérdida en diversidad biológica, además que no asegura la sostenibilidad de los recursos de agua que son los servicios ecosistémicos fundamentales de los bosques. Por supuesto esta situación en su totalidad y la amenaza a seguir que existe en la zona implica que no existe una preparación para que el BTS enfrente el aumento en los impactos de cambio climático en la actualidad y en el futuro.

### ***Restauración de bosques***

Restauración de bosques a escala mediana y grande ofrecen una defensa a las tendencias de aumentos en temperaturas pronosticados y actualmente observados causados por cambio climático. Es una medida que puede aportar efectos refrescantes (“cooling effect”) por vía de secuestro de carbono y formación de nubes. La contribución a un aumento en cobertura de vegetación, árboles y bosque globalmente significa regando la Tierra (“watering the earth”) por los procesos de infiltración y recarga de acuíferos, abastecimiento de agua en la superficie de la tierra, promoviendo precipitación, reciclaje de precipitación y la regulación de la distribución de valiosos recursos de agua (Ellison, 2024).

### ***Pautas para estudios futuros en hidrología forestal***

Existen aún pocos estudios en Centroamérica sobre la influencia del reciclaje de humedad de fuentes locales terrestres o sea en particular el rol de los bosques en el reciclaje de humedad y otras fuentes terrestres como cuerpos de agua. Mas investigación es fundamental para entender mejor el reciclaje de humedad y su origen

en el caso particular de Centroamérica dominado por el mar Caribe y la región Pacífico ecuatorial (Durán-Quesada et al., 2010).

La región está influida por procesos atmosféricos/oceánicos a gran escala y sus interacciones debido a su forma geográfica específica de istmos (Ley et al., 2023). Pero aún no existe mucha información sobre como los recursos terrestres como bosques y su distribución en los territorios podrían jugar un papel importante en crear una mejor adaptación para enfrentar los impactos de cambio climático del futuro.

Los bosques contienen 50% de las reservas de carbón y 75% de las aguas dulces del mundo se obtiene de cuencas boscosas (Newton, 2021). Tomando en cuenta lo anterior, existe gran necesidad para mejorar la comprensión sobre las complejidades inherentes y procesos involucrados en los ecosistemas de bosque tropical seco y como su hidrología forestal juega un papel en el reciclaje total de humedad; en otras palabras entender mejor la dinámica del ciclo hidrológico completo que incluye la contribución de fuentes locales como bosques a la precipitación total vs las regiones oceánicas como fuentes más grande de humedad (O'Connor, J. et al., 2021).

La falta de comprensión de las condiciones y procesos hidrológicos en las cuencas del BTS limita la información fundamental para planificar su gestión integral en el futuro en cuanto a la protección de los recursos hídricos en cuencas donde existe el BTS. Es esencial comprender los procesos y el ciclo que genera escorrentía y la dinámica de caudales efímeros de los ríos en las cuencas del BTS ya que cambios futuros en la precipitación y evapotranspiración tienen el potencial en restringir la presencia e intercambio de agua presente en las primeras 10 cm de suelo lo que podría limitar el caudal en los ríos, sus tributarios, arroyos y quebradas (Farrick et al., 2013). Esta pregunta de investigación es sumamente importante, pero requiere más observaciones locales de meteorología e hidrología incluyendo humedad del suelo y otros factores del ciclo en áreas de bosques y otros paisajes en toda la región.

Por ende, es importante conducir investigación hidrológica en el bosque tropical seco para poder desarrollar políticas orientadas a mejorar la gestión integrada de los recursos de agua y el bosque, dirigida al establecimiento de una mejor preparación para un futuro bajo las condiciones generadas por el cambio climático.

Es urgente establecer una agenda de investigación que podría aportar a establecer registros fiables de valores y procesos, así como de los factores relacionados con la hidrología de bosques. Estos esfuerzos contribuirán a mejorar las condiciones para la sobrevivencia y restauración del bosque tropical seco, buscando orientar la reducción y controlar el alto grado de fragmentación y en turno mejorar la gestión de los recursos acuáticos:

a) El bosque tropical seco y su distribución depende de la hidrología y clima inherente en el lugar donde se ha establecido; la hidrología forestal es el impulsor de los procesos biogeoquímicos fundamentales para la comprensión de la ecología del bosque tropical seco.

b) Las aguas superficiales que se generan por estos bosques están limitados a determinados periodos en el año, reduciendo su acceso para el uso de actividades humanas y ecosistemas. La restauración forestal y programas para impulsar una mejor conexión entre los fragmentos del bosque tropical seco podría mejorar las condiciones de estas aguas superficiales y los beneficios de su uso.

c) Como se ha visto hasta las fechas de información accesible, el componente de precipitación no es el único factor que regula a los ecosistemas del bosque tropical seco; existen otros factores que deberían ser incluidos en mediciones y estudios como humedad del suelo, escorrentía, transpiración, caudales de flujo fluvial y otras variables.

d) Es urgente desarrollar análisis de las zonas de los acuíferos del Pacífico destinados a identificar áreas más claves para su protección y reforestación del bosque tropical seco. Estos con el fin en garantizar el volumen de aguas subterráneas bajo los impactos de cambio climático en el futuro relacionado a las proyecciones de demanda.

e) Hay pronósticos sobre la reducción en precipitación total y el aumento en la temperatura que resultaría en un ambiente futuro más seco con tendencias al aumento de la aridez en los suelos que implicaría menor escorrentía y menor disponibilidad de aguas superficiales.

f) Existen estudios que muestran que ciertos hongos micorrizales arbusculares (Augé, 2004) y ectomicorriza (Lehto y Zwiazek, 2011) pueden mejorar la adquisición de agua y al mismo tiempo mejorar la captación de nutrientes para las plantas, lo que podría impactar los árboles del BTS y su

respuesta a las sequías.

g) Igualmente se recomienda mejorar la producción de información y análisis de la diversidad biológica en los bosques y su relación con el ciclo de agua.

h) Resulta esencial integrar estudios interdisciplinarios con los componentes mencionados para organizar e implementar planes de gestión integral de las cuencas hídricas que contienen BTS.

### **Recomendaciones generales para la organización de una gestión efectiva del bosque tropical seco en función de los recursos hídricos en Nicaragua.**

La conservación, restauración y adaptación a los riesgos de cambio climático presentan un reto muy grande para los bosques tropicales secos. En Nicaragua el proceso continuo de cambio de uso de suelo que causa constante fragmentación demanda el establecimiento de una política concreta para la regulación y control de esas causas. También requiere la prevención de la deforestación para usos como leña sin control. Se detalla algunas medidas que podrían servir como componentes para la agenda en mención. Esta agenda se concibe como articuladora de las políticas de gestión para el bosque tropical seco y su relación con el recurso hídrico. Sin duda en un proceso de investigación participativa podrían surgir propuestas adicionales en territorios particulares de las cuencas en consideración:

- Los planes de gestión integral de cuencas deben involucrar como una de las pautas principales la protección del bosque tropical seco ubicado en las 4 unidades hidrográficas de la zona Pacífico y Central de Nicaragua.
- Se debe introducir gradualmente un plan de aprovechamiento racional y protección en áreas seleccionadas destinadas a la restauración natural del ecosistema de bosque, apoyados por plantaciones nativas de especies resistentes a la sequía.
- En los planes de gestión integral de cuencas hídricas, se debe priorizar bosques de galería, nacientes, zonas de recarga hacia las aguas subterráneas y en territorios que permiten la conexión de remanentes del BTS con potencial de conservación de la biodiversidad.
- Aprovechar el ejemplo y experiencia de empresas

que promueven la reforestación en el bosque tropical seco que podrían servir como modelos de negocios y de conservación ambiental al mismo tiempo para lo demás empresas e industrias. Además, se recomienda establecer un sistema de observaciones locales en meteorología e hidrología en territorios bajo producción agrícola de más empresas; todo con el fin en preservar las fuentes de agua que necesitan para su producción.

- Organizar programas de estudios de fijación de carbono en bosques secos en fincas destinadas a restauración con la cooperación académica y la voluntad e interés de los propietarios.
- Los estudios de la hidrología forestal en el BTS combinados con medidas de adaptación específica

para zonas en particular resultan esenciales debido a la gran vulnerabilidad bajo cambio climático actual y futuro. Por ello, estos estudios interdisciplinarios tienen alto valor para enriquecer la utilidad de programas para la gestión integrada de cuencas en las que el BTS es componente central.

## Agradecimientos

Agradecemos al Prof. Salvador Montenegro Guillén por haber dedicado su tiempo en revisar y corregir este capítulo. Dado a sus conocimientos de este tema en general y en relación con los recursos hídricos de Nicaragua fue un gran beneficio y honor recibir sus sugerencias y modificaciones.

## Referencias bibliográficas.

- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) e Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).** (2013). Recomendaciones técnicas para la elaboración de mapas de amenazas por sequía meteorológica. Managua.
- Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Ojeda, T., Sanamiego, N., Furniss, M. & Aguirre, Z.** (2017). *Potential impacts to dry forest species distribution under two climate change scenarios in southern Ecuador*. Neotropical Biodiversity, 3,18-29.
- Alianza Nacional Del Bosque Seco.** (2011). *Programa Nacional para la Conservación, Restauración y Manejo del Ecosistema de Bosque Seco en Nicaragua*. p.74. Disponible en: <https://fundenic.org/uploads/3/6/4/8/36486485/programa-bosque-seco-nicaragua-fundenic-2011.pdf>
- Allen, K., Dupuy, J.M., Gei, M.G., Hulshof, C., Medvigy, D., Pizano, C., Salgado-Negret, B., Smith, C.M., Trierweiler, A., Van Bloem, S.J., Waring, B.G., Xu, X. y Powers, J.S.** Will. (2017). *Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes?* Environ. Res. Lett. 12(2). 023001.
- Asociación Española de Ecología Terrestre.** (2012). *Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación*. Revista Ecosistemas. 21(1-2). 167-179.
- Auge R. M.** (2004). *Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations*. Can. J. Soil Sci. 84, 373–81.
- Autoridad Nacional del Agua, Cooperación Alemana, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, GIZ- Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento, Universidad Nacional de Ingeniería.** (2014). Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Otto Pfafstetter. Disponible en: <https://www.proatas.org.ni/wp-content/uploads/2022/08/AlbumCuencasNicsresreduc.pdf>
- Bastin J.F., Berrahmouni, N., Grainger, A., Maniatis, D., Mollicone, D., Moore, R. et al.** (2017). *The extent of forest in dryland biomes*. Science 356(6338):635–638.
- Bernex, N.** (2021). *La Crisis Ecológica y los Ecosistemas Boscoso-Tropicales*. En: G.L. de Mori, M. Becka y J.P. Antony (eds.) Amazonia: Don y Tarea. Concilium. Nr. 392. Septiembre, 2021. Paris.
- Borchert, R.** (1994). *Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees*. Ecology 75:1437–1449.
- Bradford, K.J. y T. C. Hsiao.** (1982). *Physiological responses to moderate water stress*. En: O. L. Lange, P.

- S. Nobel, C. B. Osmond y H. Ziegler (eds.) *Encyclopedia of plant physiology*. New Series (Volume 12B. pp. 263-324), Berlin, Germany, Springer.
- Breshears, D.D., Myers, O.B. y Barnes, F.J. (2009).** *Horizontal Heterogeneity in the frequency of plant-available water with woodland intercanopy-canopy vegetation patch type rivals that occurring vertically by soil depth.* *Ecohydrology*, 2: 503-519.
- Brodribb, T.J., Holbrook, N.M., Gutierrez, M.V. (2002).** *Hydraulic and photosynthetic co-ordination in seasonal dry tropical forest trees.* *Plant Cell Environ* 15:1435-1444.
- Brown, S. y Lugo, A.E. (1982).** *The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle.* *Biotropica* 14:161-187.
- Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (Eds.) (1995).** *Seasonally dry tropical forests.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Burkle, L. A., and Runyon, J. B. (2016).** *Drought and leaf herbivory influence floral volatiles and pollinator attraction.* *Glob. Chang. Biol.* 22, 1644-1654.
- Caldwell, M.M., Dawson, T.E. y Richards, J.H. (1998).** *Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants.* *Oecologia*, 113(2), pp.151-161.
- Campo, J., Jaramillo, V.J. y Maass, J.M. (1998).** *Pulses of soil phosphorus availability in a Mexican tropical dry forest: effects of seasonality and level of wetting.* *Oecologia* 115:167-172.
- Chapin F.S. (1980).** *The mineral nutrition of wild plants.* *Annu Rev Ecol Syst* 11:233-260.
- Chazdon, R. (2003).** *Tropical Forest recovery: legacies of human impact and natural disturbance.* *Perspect Plant Ecol Evol Systemat* 6:51-71.
- Creed, I.F., Spargo, A.T., Jones, J.A., Buttle, J.M., Adams, M.B., Beall, F.D., Booth, E.G., et al. (2014).** *Changing forest water yields in response to climate warming: Results from long-term experimental watershed sites across North America.* *Global Change Biology*, 20, pp.3191-3208.
- Cuevas, E. (1995).** *Biology of the belowground system of tropical dry forests.* In: H.A., Mooney, S.H. Bullock, E., Medina. (eds) *Seasonally dry tropical forests.* Cambridge: Cambridge University Press, pp 362-383.
- DeLonge M., Vandecar, K.L., D'Odorico, P. y Lawrence, D. (2013).** *The impact of changing moisture conditions on short-term P availability in weathered soils.* *Plant Soil* 365(1-2):201-209.
- D'Odorico, Paolo; Porporato, Amilcare y Wilkinson Runyan, Christiane. (2019)** 2nd Edición. *Dryland Ecohydrology (English Edition)*. Springer International Publishing. Edición de Kindle.
- Durán-Quesada, A.M., Gimeno, L., Amador, J.A. y Nieto, R. (2010).** *Moisture sources for Central America: Identification of moisture sources using a lagrangial analysis technique.* *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, do5103, doi:10.1029/2009JD012455.
- Ellison, D., Pokorny, J. y Wild, M. (2024).** *Even cooler insights: On the power of forests to (water the Earth and) cool the planet.* *Global Change Biology*. 30 (2). e17195.
- Engelbrecht, B.M., Comita, L.S., Condit, R., Kursar, T.A., Tyree, M.T., Turner, B.L., Hubbell, S.P. (2007).** *Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests.* *Nature* 447 (7140), 80e82.
- Enquist, C.A.F. (2002).** *Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica* *J. Biogeogr.* 29:519-34.
- Ewel, J.J. (1976).** *Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala.* *J Ecol* 64:293-307.
- Falkenmark, M. y Rockström, J. (2004).** *Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology.* Earthscan.
- Farrick, K. y Branfireun, B.A. (2013).** *Left high and dry: A call to action for increased hydrological research in tropical dry forests,* *Hydrological Processes.* 27:3254-3262.
- Feng X, Porporato A y Rodriguez-Iturbe, I. (2013).** *Changes in rainfall seasonality in the tropics.* *Nat. Clim. Chang.* 3, 811-5.
- Gallagher, M.K. y Campbell, D.R. (2021),** *Experimental Test of the Combined Effects of Water Availability and Flowering Time on Pollinator Visitation and Seed Set.* *Front. Ecol.* 9:641693.
- Garcia-Mendez, G., Maass, J.M., Matson, P.A. y**

- Vitousek, P.M.** (1991). *Nitrogen transformations and nitrous oxide flux in a tropical deciduous forest in Mexico*. *Oecologia* 88:362–366.
- Gebhardt, T., Häberle, K.-H., Matyssek, R., Schulz, C. y Ammer, C.** (2014). *The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197, pp.235-243.
- González de Andrés, E., Seely, B., Blanco, J.A., Imbert, J.B., Lo, Y.H. y Castillo, F.J.** (2016). *Increased complementarity in water-limited environments in Scots pine and European beech mixtures under climate change*. *Ecohydrology* 10(2). e1810.
- Harmon, M.E., Whigham, D.F., Sexton, J. y Olmstead, I.** (1995). *Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forests of the northeastern Yucatán Península, México*. *Biotropica* 27:305–316.
- Hidalgo, H., Alfaro, E., y Alfaro Cordoba, M.** (2023). *Significancia de tendencias regionales y locales de extremos de precipitación y temperatura en Centroamérica, el problema de la correlación espacial*. LIX Mini-Congreso, Universidad de Costa Rica.
- Hidalgo, H.** (2021). *Climate Variability and Change in Central America: What does it mean for Water Managers? Frontiers in Water*. Policy Brief. doi: 10.3389/frwa.2020.632739
- Holbrook, N.M., Whitbeck, J.L. y Mooney, H.A.** (1995). *Drought responses of neotropical dry forest trees*. In: H.A. Mooney, S.H. Bullock y E. Medina (eds) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, pp 243–276.
- Huang, J., Yu H., Guan, X., Wang, G. y Guo, R.** (2016). *Accelerated dryland expansion under climate change*. *Nat Clim Chang* 6(2):166.
- Imbert, D. y Portecop, J.** (2008). *Hurricane disturbance and forest resilience: assessing structural vs. functional changes in a Caribbean dry forest*. *For. Ecol. Manage.* 255, 3494–501.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y SINAPRED.** (2021). Mapa de amenaza a sequía. Disponible en: [http://gestionderiesgo.ineter.gob.ni/IDE\\_VulnerabilidadSequia/index.html](http://gestionderiesgo.ineter.gob.ni/IDE_VulnerabilidadSequia/index.html)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua (MAGFOR), Universidad Nacional Agraria (UNA).** (2015). Mapa de cobertura de uso de suelos y uso potencial.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).** (2010). Mapa de Precipitación Media anual en milímetros (Periodo 1971-2010).
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).** (2017). Red de monitoreo de acuíferos de Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).** (2005). Mapa de Evapotranspiración Potencial Anual (Periodo 1971-2000).
- IPBES** (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators>.
- IPCC** (2022). “Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability,” in Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, et al. (Cambridge; New York, NY: Cambridge University Press), 3056. doi: 10.1017/9781009325844
- Jaramillo, V.J. y Murray-Tortarolo, G.N.** (2019). *Tropical dry forest soils: global change and local-scale consequences for soil biogeochemical processes*. In: *Developments in Soil Science*. 36:109 130.
- Jaramillo, V.J. y Sanford, R.L.** (1995). *Nutrient cycling in tropical deciduous forests*. In: H.A. Mooney, S.H. Bullock, E. Medina. (eds). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, pp 346–361.
- Jasechko, S., Sharp, Z., Gibson, J. et al.** (2013). *Terrestrial water fluxes dominated by transpiration*. *Nature* 496, 347–350. <https://doi.org/10.1038/nature11983>
- Lal, C.B., Annapurna, C., Raghubanshi, A.S. y Singh,**

- J.S. (2001). *Foliar demand and resource economy of nutrients in dry tropical forest species*. *J Veg Sci* 12:5–14.
- Lambert, J.D.H., Arnason, J.T. y Gale, J.L. (1980). *Leaf litter and changing nutrient levels in a seasonally dry tropical hardwood forest, Belize, C.A.* *Plant Soil* 55:429–443.
- Laurance, W.F., Albernaz, A.K.M., Schroth, G. *et al.* (2002). *Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon*, *Journal of Biogeography* 29, pp. 737–748.
- Lawrence, D. (2005). *Regional-scale variation in litter production and seasonality in tropical dry forests of southern Mexico*. *Biotropica* 37(4):561–570.
- Lehto, T. y Zwiazek, J. (2011). *Ectomycorrhizas and water relations of trees: a review*. *Mycorrhiza* 21, 71–90.
- Ley, D., Guillén, T., Castaneda, A., Hidalgo, H., Pascal, G., Fernández, R., Alfaro, E. y Castellanos, E. (2023). *Central America urgently needs to reduce the growing adaptation gap to climate change*. *Frontiers in Climate*, 24 November. <https://doi.org/10.3389/fclim.2023.1215062>
- Lobo, J.A., Quesada, M., Stoner, K.E., Fuchs, E.J., Herrerias-Diego, Y., Rojas, J. y Saborio, G. (2003). *Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico*. *Am. J. Bot.* 90, 1054–1063.
- Lugo, A.E. y Murphy, P.G. (1986) *Nutrient dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest*. *J Trop Ecol* 2:55–72.
- Maass, J. M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., ... y Martínez-Yrizar, A. (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), art. 17.
- Maass, J.M. y Burgos, A. (2011). *Water dynamics at the ecosystem level in seasonally dry tropical forests*. In: Dirzo, R., Young, H., Ceballos, G., Mooney, H.A. (Eds.), *Neotropical Dry Forests: Ecology and Conservation*. Washington, Island Press. pp. 141e156.
- McDowell, N., Pockman, W. T., Allen, C. D., Breshears, D. D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D. G. y Yezzer, E.A. (2008). *Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?* *New Phytol.* 178, 719–39.
- Maestre, F.T., Delgado-Baquerizo, M., Jeffries, T.C., Eldridge, D.J., Ochoa V. y Gozalo, B. *et al.* (2015). *Increasing aridity reduces soil microbial diversity and abundance in global drylands*. *Proc Natl Acad Sci* 112(51):15684–15689.
- Malhi, Y., Aragão, L.E., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., Sitch, S., McSweeney, C. y Meir, P. (2009). *Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (49) 20610-20615.
- Martinez-Yrizar, A. (1995). *Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forests*. In: H.A. Mooney, S.H. Bullock y Medina, E. (eds) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, pp 326–345.
- Martinez-Yrizar A. y Sarukhan. J. (1990). *Litterfall patterns in a tropical deciduous forest in Mexico over a five-year period*. *J Trop Ecol* 6:433–444.
- Maza-Villalobos, S., Poorter, L., y Martínez-Ramos, M. (2013). *Effects of ENSO and temporal rainfall variation on the dynamics of successional communities in old-field succession of a tropical dry forest*. *PloS One*, 8, pone.0082040. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal>
- Meir, P. & Pennington, R. T. (2011). *Climatic change and seasonally dry tropical forests*. En: *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. (eds) R Dirzo, H Young y H Mooney (Washington, DC: Island Press) pp 279–99.
- Mendivelso, H. A., Camarero, J. J., Royo Obregón, O., Gutiérrez, E., y Toledo, M. (2013). *Differential growth responses to water balance of coexisting deciduous tree species are linked to wood density in a Bolivian tropical dry forest*. *PloS One*, 8, e73855.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravillious, C., May, I., Blyth, S. *et al.* (2006). *A global overview of the conservation status of tropical dry forests*. *J Biogeogr* 33(3):491–505.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales-MARENA. (2017). *Estudios de las causas de deforestación y degradación forestal*. La problemática de las existencias de carbono forestal, en el marco de

- la ENDEREDD+. Disponible en: <http://www.marena.gob.ni/Enderedd/otros/indicadores-deresultados>.
- Montenegro, A. y Ragab, R. (2010).** *Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study.* *Hydrological Processes* 24:2705–2723.
- Mugabe, F.T., Hodnett, M. y Senzanje, A. (2007).** *Comparative hydrological behaviour of two small catchments in semi-arid Zimbabwe.* *Journal of Arid Environments* 69: 599–616.
- Murphy, P. y Lugo, A. (1986).** *Nutrient dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest.* *J Trop Ecol* 2:55–72.
- Murphy, P.G. y Lugo, A.E. (1986a).** *Ecology of tropical dry forest.* *Annu Rev Ecol Syst* 17:67–88.
- Murphy, P.G. y Lugo, A.E. (1986b).** *Structure and biomass of a subtropical forest in Puerto Rico.* *Biotropica* 18:89–96.
- Murphy, P. G. y Lugo, A.E. (1995).** *Dry forests of Central America and the Caribbean.* En: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*, pp 9-34, Cambridge University Press, New York. USA.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A. y Kent, J. (2000).** *Biodiversity hotspots for conservation priorities.* *Nature* 403(6772):853–858.
- Newton, A.C. (2021).** *Ecosystem Collapse and Recovery*, 1st ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108561105>
- Nielsen, U.N. y Ball, B.A. (2015).** *Impacts of altered precipitation regimes on soil communities and biogeochemistry in arid and semi-arid ecosystems.* *Glob Chang Biol* 21(4):1407–1421.
- O'Connor, J.C., Dekker, S.C., Staal, A., Tuinenburg, O.A., Rebel, K.T. y Santos, M.J. (2021).** *Forests buffer against variations in precipitation.* *Global Change Biology.* John Wiley & Sons Ltd. DOI: 10.1111/gcb.15763.
- Ollerton, J., Johnson, S.D. y Hingston, A.B. (2006).** *Geographical variation in diversity and specificity of pollination systems.* In: Waser, N.M. y Ollerton, J. (Eds.), *Plant–Pollinator Interactions. From Specialization to Generalization.* Chicago and London. The University of Chicago Press, pp. 283–308.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012).** *Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano (Autor).* Tegucigalpa, Honduras.
- Pennington, R.T., Prado, D.E. y Pendry, C.A. (2000)** *Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes.* *J Biogeogr* 27:261–273.
- Powers, J. S., Becknell, J. M., Irving, J., y Pèrez-Aviles, D. (2009).** *Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: geographic patterns and environmental drivers.* *Forest Ecology and Management*, 258, 959-970.
- Quesada, M., Aguilar, R., Rosas, F., Aguilar, R., Ashworth, L., Rosas-Guerrero, V.M., Sayago, R., Lobo, J.A., Herrerías-Diego, Y. y Sánchez-Montoya, G.H. (2011).** *Human Impacts on Pollination, Reproduction, and Breeding Systems in Tropical Forest Plants.* In R. Dirzo, H.S. Young, H.A Mooney y G. Ceballos. *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation.* Washington, Island Press.
- Quesada-Hernández, L.E., Calvo-Solano, O.D., Hidalgo, H.G., Pérez-Briceño, P.M. y Alfaro, E.J. (2019).** *Dynamical delimitation of the Central America Dry Corridor (CADC) using drought indices and aridity values.* *Progress in Physical Geography.* DOI: 10.1177/0309133319860224
- Read, L., Runyan, C. y Lawrence, D. (2019).** *Deforestation, Water Availability and Nutrient Cycling in Dry Forests.* In P. D'Odorico, A. Porporato y C. Wilkinson Runyan (Eds), *Dryland Ecohydrology (2nda ed., location 13028 – 18383).* Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Rodríguez, E. (2016).** *La problemática del agua en Nicaragua, REICE Vol. 4, No. 7.*
- Runyan, C. y D'Odorico, P. (2016).** *Global deforestation.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Runyan, C.W., D'Odorico, P. y Lawrence, D. (2012).** *Effect of repeated deforestation on vegetation dynamics for phosphorus-limited tropical forests.* *J Geophys Res Biogeo* 117:G01008.
- Saldívar, I. y Vammen, K. (2024).** *Tropical dry forests, water, biodiversity and the challenges of climate change in Nicaragua.* *Brazilian Journal of Biology.* vol.84, e28001. DOI: 10.1590/1519-6984.280001.

- Sampaio, EVSB.** (1995). *Overview of the Brazilian Caatinga*. In: Bullock SH, Mooney H, Medina E. (eds). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge: Cambridge University Press, 35–63.
- Saugier, B., Roy, J. y Mooney, H.A.** (2001). *Estimations of global terrestrial productivity: converging toward a single number?* In: J. Roy, B. Saugier y H.A. Mooney (eds.), *Terrestrial global productivity*. San Diego, CA, Academic Press, pp 543–557.
- Schlesinger, W.H. y Pilmanis, A.M.** (1998). *Plant-Soil interactions in deserts*. *Biogeochemistry* 42:169–187.
- Setsuko, S., Nagamitsu, T. y Tomaru, N.** 2013. *Pollen flow and effects of population structure on selfing rates and female and male reproductive success in fragmented *Magnolia stellata* populations*. *BMC Ecology* 13:10.
- Silver, W.L.** (1998). *The potential effects of elevated CO<sub>2</sub> and climate change on tropical forest soils and biogeochemical cycling*. *Clim Chang* 39:337–361.
- Singh, K.P.** (1989). *Mineral nutrients in tropical dry deciduous forest and savanna ecosystems in India*. In: J. Proctor (ed.), *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Oxford: Blackwell, pp 153–168.
- Spracklen, D.V., Arnold, S.R. y Taylor, C.M.** (2012). *Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests*. *Nature*, September 2012. DOI: 10.1038/nature11390.
- Srivastava, S.K.** (1992). *Microbial C, N, and P in dry tropical soils: seasonal changes and influence of soil moisture*. *Soil Biol Biochem* 24:711–714.
- Srivastava, S.K. y Singh, K.P. y Upadhyay, R.S.** (1986). *Fine root growth dynamics in teak (*Tectona grandis* Linn. f.)*. *Can J For Res* 16:360–364.
- Stoner, K.E., Salazar, K.A.O., Fernandez, R.C.R. y Quesada, M.** (2003). *Population dynamics, reproduction, and diet of the lesser long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation*. *Biodiv. Cons.* 12, 357–373.
- Valencia, E., Maestre, F.T., Bagousse-Pinguet, L., Quero, J.L., Tamme, R., Börger, L., García-Gómez, M. y Gross, N.** (2015). *Functional diversity enhances the resistance of ecosystem multifunctionality to aridity in Mediterranean drylands*. *New Phytol* 206(2):660–671.
- Van Mantgem, P.J., Stephenson, N.L., Byrne, J.C., Daniels, L.D., Franklin, J.F., Fulé, P.Z., Harmon, M.E., Larson, A.J., Smith, J.M., Taylor, A.H. y Veblen, T.T.** (2009). *Widespread increase of tree mortality rates in the western United States*. *Science* 323 (5913):521–524.
- Van Noordwijk, M., Creed, I.F., Jones, J.A. y Wei, X.** (2018). *Climate-Forest-Water People Relations: Seven System Delineations*. In: I.F. Creed y M. Van Noordwijk (2018), *Forest and Water on a Changing Planet: Vulnerability, Adaptation and Governance Opportunities*. A Global Assessment Report, IUFRO World Series Volume 38. Vienna, IUFRO. pp. 27-58.
- Van Noordwijk, M., Namirembe, S., Catacutan, D., Williamson, D. y Gebrekirstos, A.** (2014). *Pricing rainbow, green, blue and grey water: tree cover and geopolitics of climatic teleconnections*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, pp.41-47.
- Vitousek, P.** (1982). *Nutrient cycling and nutrient use efficiency*. *Am Nat* 119:553–572.
- Vose, J. y Maass, J.** (1999). *A comparative analysis of hydrologic response of tropical deciduous and temperate deciduous watershed ecosystems to climate change*. USDA Forest Service Proceedings RMRS/P/12. Pp. 292–298. [https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_p012/rmrs\\_p012\\_292\\_298.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p012/rmrs_p012_292_298.pdf)
- Wardle, D.A.** (2013). *Ecology: drivers of decoupling in drylands*. *Nature* 502(7473): 628–629.
- Waser, N. M. y Price, M. V.** (2016). *Drought, pollen and nectar availability, and pollination success*. *Ecology*, 97, 1400–1409. <https://doi.org/10.1890/15-1423.1>
- Whigham, D.F., Zugastly Towle, P., Cabrera Cano, E., O’Neill, J. y Ley, E.** (1990). *The effect of annual variation in precipitation on growth and litter production in a tropical dry forest in the Yucatan of Mexico*. *Trop Ecol* 31:23–34.
- Williams, C.A. y Albertson, J.D.** (2006). *Dynamical effects of the statistical structure of annual rainfall on dryland vegetation*. *Glob Chang Biol* 12(5):777–792.

# CAPITULO III

## SUELO

Xiomara Castillo \*.

Después del agua, los suelos son el recurso no renovable más importante para la producción de alimento de la humanidad. Toda la humanidad tiene el compromiso y está obligada en resguardar este recurso para las futuras generaciones. Conservar este recurso es la tarea de cada uno de nosotros, desde nuestros hogares, centros de trabajos y áreas de intervención de los proyectos de investigación y desarrollo.

### ESTADO DEL RECURSO SUELO

El Corredor Seco Nicaragüense (CSN) es una ecorregión que cubre el 21% de la superficie y alberga el 73% de la población de Nicaragua. Las principales áreas de producción agrícola del país se encuentran dentro de esta franja del corredor seco. El impacto ambiental de la producción ganadera y agrícola repercute sobre el estado de los suelos, el recurso hídrico y la salud de la población en general.

Los primeros dos recursos (Suelo y agua) son los más vulnerables antes las acciones del cambio climático, suelos que por su mal manejo están más susceptibles a la erosión y fuentes de agua sobre explotadas al grado de la desaparición de ríos y quebradas. Un total de 35 ríos se secaron o disminuyeron su caudal, según el Informe Post Sequía 2016 del Centro Humboldt.

En la mayor parte del corredor seco del país, los suelos se caracterizan de manera general por ser superficiales (profundidades menores de 35 cm), con afloramientos rocosos en la superficie, pedregosos. Suelos cargados de material arrastrado de origen aluvial, muy permeables debido a la presencia de rocas en sus horizontes. En las zonas del norte del corredor seco predominan terrenos

con pendientes elevadas, onduladas a ligeramente escarpadas, por lo que la superficie destinada para los sistemas de producción agrícola en estos suelos es relativamente pequeña si se compara con toda la extensión de montañas, llanos y lomeríos pedregosos que componen la gran mayoría del paisaje. Los terrenos de esta zona tienen la desventaja de que sus depósitos de agua subterránea son muy pobres y profundos, lo que limita el acceso del agua tanto para la producción de alimento como para el consumo humano. En los terrenos planos a ligeramente ondulados del corredor seco predominan sus suelos con textura pesada (Franco arcillosos, arcillosos).

### Uso actual de los suelos

Estudios efectuados en el marco de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, identifica sobre los mapas oficiales de usos de suelo entre el año 2000 y 2010, que los usos de la tierra forestales dentro de áreas protegidas para el año 2000 eran de 41.8 % y para el 2010 fue de 35.4 % (Tabla 1). Contrario a este comportamiento de disminución de las áreas forestales, las áreas destinadas para la producción de pasto aumentaron. Para el año 2000 el uso de los suelos destinados para pasto se contabilizó con un 38.6 % de 12,952,103.53 ha de los suelos del país. Para el año 2010 el uso del suelo para pasto se contabilizó con un 44.4%, esto significa un aumento del 5.8% (equivalente a 5,756,226.40 ha) (MARENA, 2018).

Esta disminución de la cobertura boscosa tiene diversas causas, entre las cuales están el aumento de áreas de pasto para ganadería, la explotación del bosque

\* Investigador, edafóloga [xio.castillo.xc@gmail.com](mailto:xio.castillo.xc@gmail.com).

para extracción de madera y leña, la agricultura de subsistencia migratoria, entre otras. Las áreas de bosque más afectadas son los latifoliados (madera preciosa, caoba, cedro etc.) tanto abiertos como cerrados, así como las coníferas (pinares).

La tendencia de destrucción de los bosques promueve la degradación de los suelos, ya que los suelos de bosque

poseen un horizonte superficial delgado, rico en materia orgánica de rápida descomposición. Una vez extraídos los árboles, sus suelos sufren el impacto de los agentes erosivos, en especial de la precipitación, que junto con las diversas pendientes que predominan favorecen la formación de aguas de escorrentías que arrastran todo lo que está en su paso, pendiente abajo.

**Tabla 1.** Áreas de uso de la tierra clasificados por categorías y subcategorías

Categorías de uso de la tierra	Subcategorías	2000	2005	2010
		Porcentaje		
Tierras Forestales	Otras tierras forestales	4.7	8.4	8.9
	Tierras forestales	37.1	30.0	26.5
Tierras de Cultivo	Cultivo anual	3.3	3.7	3.9
	Cultivo perenne	0.9	1.1	1.0
Pastizales	Pastizales	38.6	40.6	44.4
Humedales	Humedales	1.2	2.0	1.1
Asentamientos	Asentamientos	0.3	0.3	0.6
Otras Tierras	Otras tierras	9.1	9.1	9.1
	Bosque no gestionado	4.7	4.7	4.4
<b>TOTAL</b>		<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: MARENA (2018)

**Tabla 2.** Superficie en mz de la tierra por tipo de aprovechamiento, según tamaño de las explotaciones agropecuarias

Total, de EA	Mz	%
Pastos naturales	3,287,755.79	38
Pastos cultivados o sembrados	1,352,953.81	16
Bosques	1,139,721.42	13
Cultivos anuales o temporales	1,045,699.88	12
Tierras en descanso/ tacotales	995,573.95	12
Cultivos permanentes y semi permanentes	510,129.01	6
Pantanos, pedregales, otras tierras	156,766.91	2
Instalaciones y viales	99,866.13	1
Total, superficie	8,588,466.90	100.00

Para el 2011 se reportan según el censo agropecuario una distribución del uso de las tierras en el país, que se concentran en pasto cultivado (16%) y pastos naturales (38%). Juntos suman 54% del total de las explotaciones agropecuarias. En comparación con el año 2010 este aumento del área de pasto significa que un 10% de las áreas cambiaron su destino de uso, hacia la producción ganadera. Sin embargo, el uso del suelo destinado para cultivos anuales y temporales fue del 12 %, lo que implica un aumento del 7% más en comparación al 2011 (Tabla 2).

En el año 2015 (INETER 2015) publicó oficialmente el

mapa de los usos potenciales de los suelos en Nicaragua, entre los usos se destacan los siguientes (Tabla 3). El potencial de nuestros suelos está destinado para uso forestal, sistemas agroforestales y silvopastoriles. Aproximadamente el 54 % del territorio debe de ser destinado para estos sistemas de producción, considerando ante todo la implementación de la protección y conservación del suelo y agua.

Al enmarcar la zona el corredor seco sobre el mapa de uso potencial podemos observar que la mayoría del territorio debería de ser utilizado para los sistemas agroforestales y cultivos especiales para zonas secas.

**Tabla 3.** Usos potenciales de los suelos en Nicaragua

Uso potencial	%
Forestal y sistema agroforestal,	33.8%
Silvopasturas y cultivos especiales,	20.3%
Protección y conservación,	17.0%
Forestal.	9.0%
Agua,	8.0%
Agrícola intensivo,	6.9%
Agrícola restringido y sistemas pecuarios,	5.0%

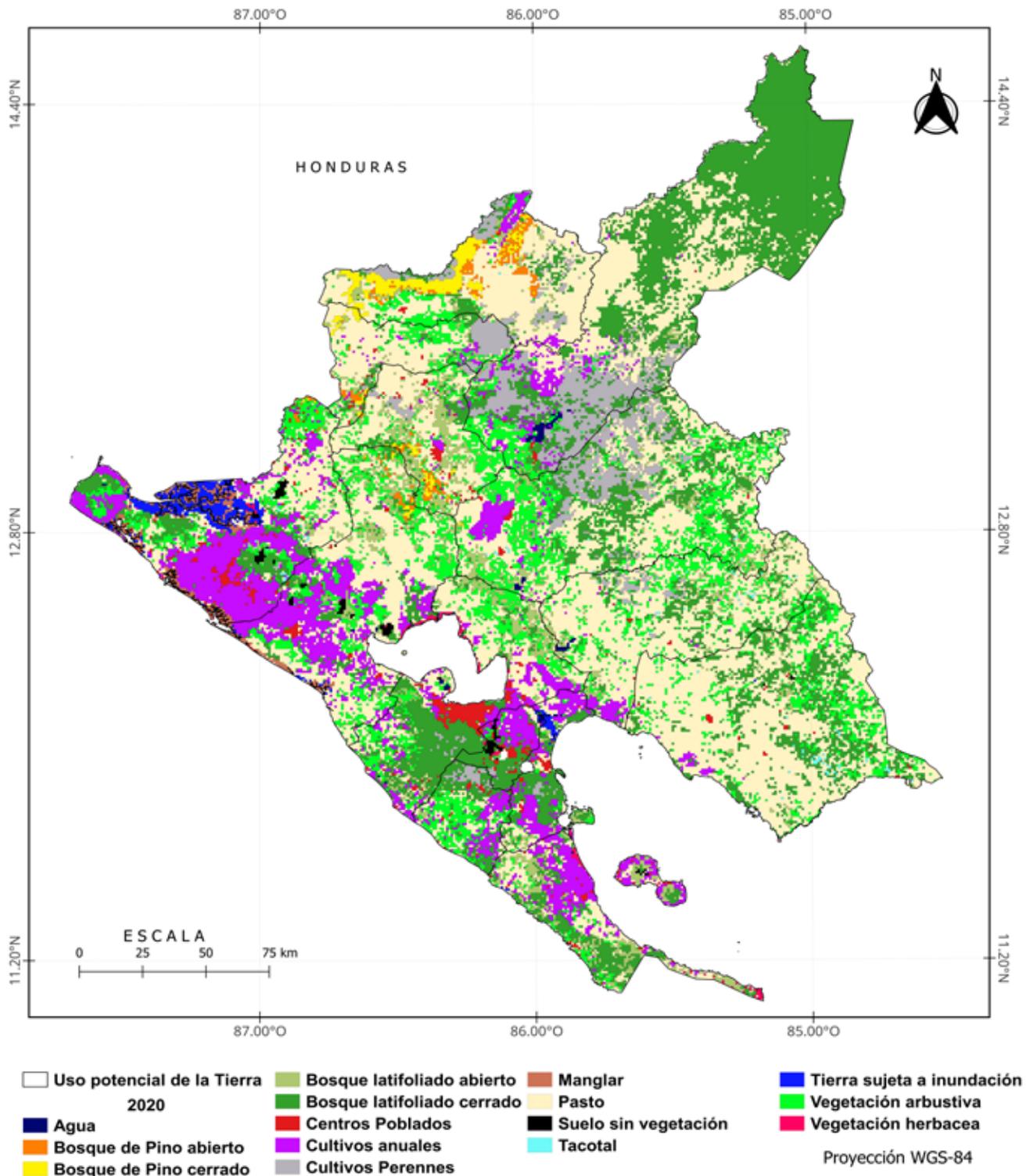
El uso actual de estos suelos demuestra que su principal actividad son los sistemas de explotación agropecuaria. La superficie agrícola de los departamentos del Corredor Seco representa: 45% territorio del país, 53% de las explotaciones agrícolas del país y 38% de las explotaciones pecuarias del país. Los departamentos que con sus actividades de producción y económica generan mayores aportes al PIB del país se encuentran sobre el corredor seco. Un 17% del PIB total proviene de la agricultura, un billón de dólares en exportaciones, la cual representan la contribución más alta de Centroamérica (MARENA 2018).

Estos porcentajes no solo revelan la importancia del uso de los suelos localizados en el Corredor Seco para la generación de divisas del país, sino que también para la producción de alimento.

Estudios realizados dentro del marco de proyecto de FUNICA/FIDA-FAT (2012), donde se diagnosticó el uso actual de los suelos en los departamentos de León y Chinandega, con una muestra de 400 medianos y pequeños productores, se encontró que la mayoría de los suelos están siendo destinados para la ganadería y en segundo plano para la agricultura (Tabla 4).

**Tabla 4.** Uso actual de los suelos en municipios de los departamentos de León y Chinandega (2012).

Municipio:	Agrícola	Ganadera	Forestal
Chinandega	1,162.5	1,180	419
León	1,588.8	2,443	397
Total	2,751.3	3,623	816
Total (%)	38	50	11



**Figura 1.** Uso potencial de la tierra (2020) (Retomado de WMS INETER, elaborado por J. Araque P.).

Al realizar la confrontación del uso actual de los suelos y el potencial de uso, se obtuvo que la mayoría de los suelos del país están siendo sobre utilizados, especialmente en las áreas montañosas, con un 70.6% clasificado como sobre explotado (MARENA 2015). En el estudio se menciona que el uso potencial de estos suelos debería de ser destinado para la producción de cultivos perenes, bosques y áreas de cosechas de agua, sin embargo, son utilizadas para cultivos de granos básicos, ganadería y otros cultivos anuales. Es sobre esta misma zona montañosa, donde se encuentran también los municipios más vulnerables del Corredor Seco del país (Madriz, Nueva Segovia, parte de Estelí, parte de Matagalpa y norte de Chinandega).

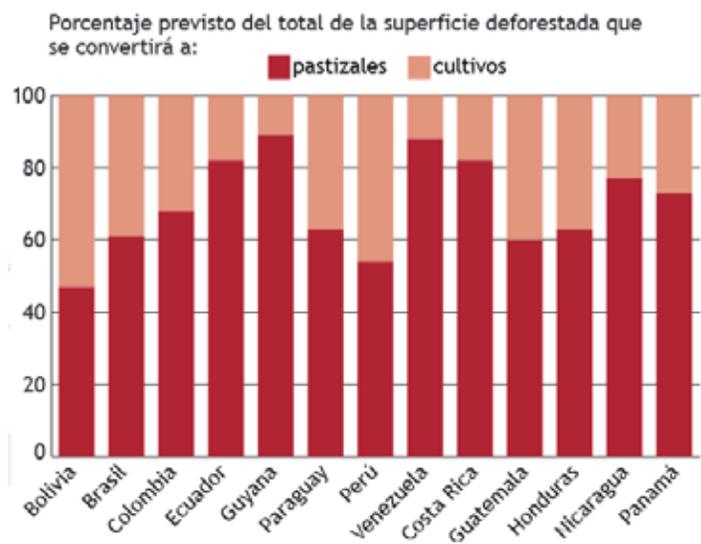
### Estado de degradación

La degradación del suelo es un proceso destructivo que reduce la capacidad actual o futura de los suelos para seguir desempeñando sus funciones ambientales y ecosistémicas como: ciclo de los nutrientes, secuestro de carbono, servicios ambientales, base para la producción primaria (vegetales) y hábitat y refugios de muchos organismos entre otras. La degradación puede ser ocasionada por factores naturales como la meteorización y por factores antrópicos como incendios de áreas boscosas y agrícolas, construcción de caminos y carreteras que dejan las laderas de las montañas y cerros desprotegidos a la intemperie, que ocasionan desprendimiento del suelo. Otro ejemplo del efecto antrópico es la deforestación de grandes extensiones de bosques para transformarlos en áreas ganaderas o agrícolas en zonas de pendientes.

Las principales consecuencias que sufren los suelos degradados son: menor capacidad de retención del agua, pérdida de fertilidad, pérdida de capacidad de infiltración, y por tanto, pérdida de rendimiento de los cultivos y mayor susceptibilidad al impacto de canículas y sequías prolongadas. De forma general, se distinguen dos tipos de procesos de degradación del suelo:

- Aquéllos que producen el desplazamiento de las partículas del suelo hacia las zonas más bajas del territorio. Los más importantes son la erosión por agua y viento. Este tipo de degradación no solo deteriora al suelo, si no que perjudica los sistemas de producción y asentamientos por la acumulación de sedimentos en las zonas de menor pendiente.

- Fenómenos que originan una degradación del suelo. Pueden ser procesos de degradación física (compactación, erosión) o química (acidificación, salinización, pérdida de materia orgánica, contaminación).
- Los efectos de la degradación del suelo son numerosos: deterioro de la flora y de la fauna del suelo, desequilibrio del ciclo hidrológico, disminución de la biodiversidad, disminución de la capacidad productiva y alimentaria, contaminación, inundaciones, entre otros; pero uno de los efectos más graves es la desertificación. La desertificación es la degradación de las tierras causado principalmente por las actividades humanas y variaciones climáticas.
- El problema de la degradación de los suelos de nuestro país no solo está relacionado por los cambios de uso de las tierras, en donde no se toma en consideración el uso potencial o de vocación de estos terrenos, sino que simplemente se utilizan según el interés económico, para implementar en ellos explotación agrícola extensiva. Como lo demuestra el estudio realizado por la FAO en 2008 sobre la deforestación en Latinoamérica y el uso posterior de estas áreas. Se informa que en Nicaragua un 80% de las áreas deforestadas son utilizadas para la producción de pasto, y el resto para siembra de cultivos (Figura. 2).



**Figura 2.** Porción de superficie deforestada convertidas a cultivos y pastizales en el periodo 2000-2010 (FAO 2008).

Los resultados del estudio de la FAO realizado en el periodo 2000-2010 están en congruencia con otro estudio realizado por el Centro Ambiental Humboldt “crisis socio-ambiental de Nicaragua post sequía 2016”, donde informan que la pérdida de bosques registrada

en Nicaragua para el año 2016 corresponde con las nuevas áreas destinadas a pastizales y agricultura”, siendo la zona de amortiguamiento la más afectada, con el 82,8 % del total de despale de bosque en la Reserva de Bosawas (Tabla 5).

**Tabla 5.** Pérdida de bosque en la Reserva de Biosfera BOSAWAS

Uso de Suelo	Área 2011 (ha)	Área 2016 (ha)	Área perdida (ha)
Agrícola/Ssv	9,888.64ha	77,085.02ha	67,196.38ha
Bosque latifoliado cerrado	979,767.84ha	887,610.17ha	-92,157.67ha
Bosque latifoliado abierto	222,128.97ha	253,406.15ha	31,277.18ha
Pastizales	961,099.98ha	996,634.79ha	35,534.82ha
Tacotales	316,954.02ha	277,025.07ha	-39,928.94ha
Otros Usos	62,241.97ha	60,320.21ha	-1,921.76ha
<b>Total general</b>	<b>2,552,081.41ha</b>	<b>2,552,081.41ha</b>	

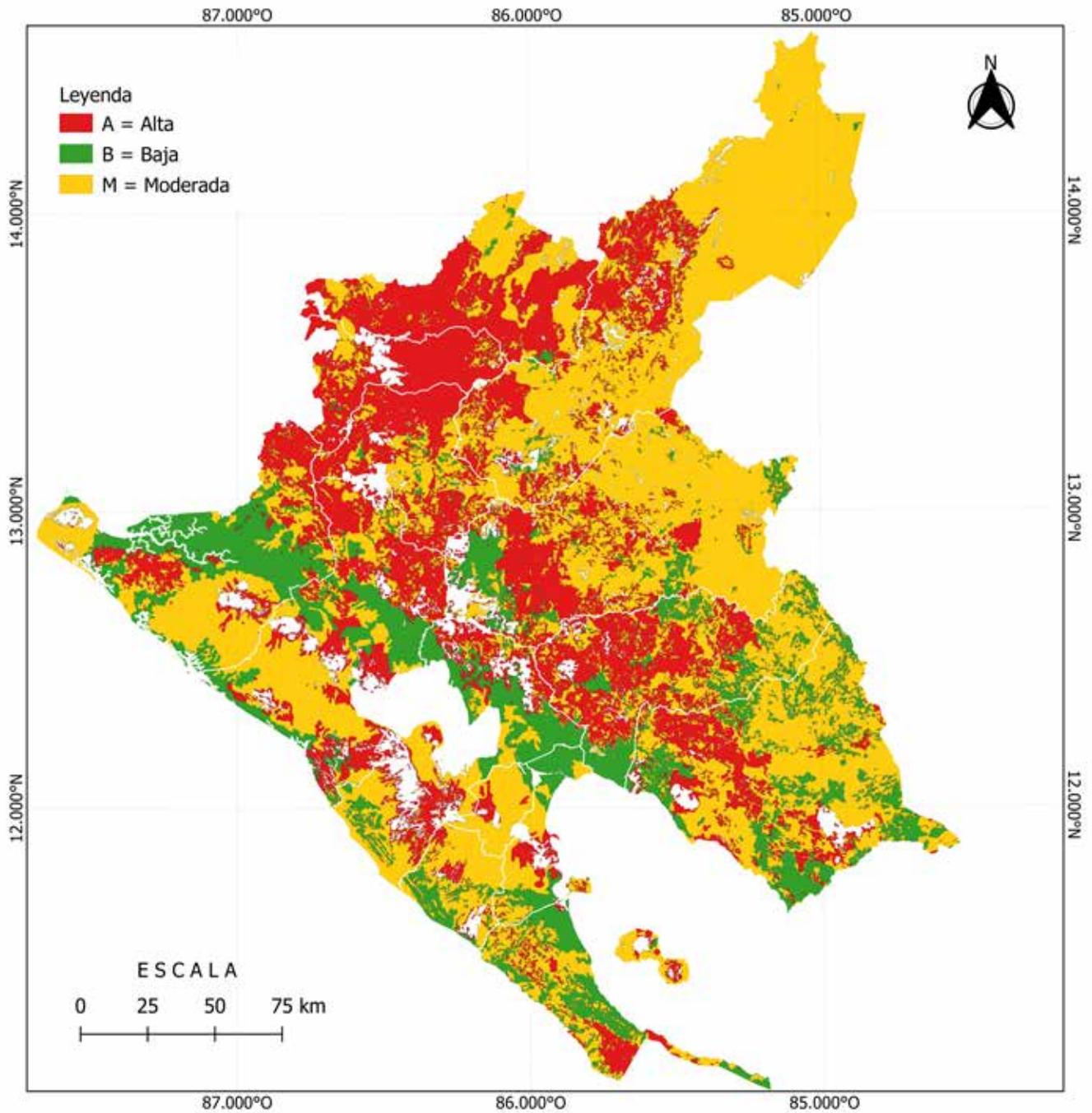
Fuente: Centro Humboldt (2016).

El Instituto de Tecnología Agropecuario INTA (2013) menciona que los suelos del país experimentan degradación debido al uso de prácticas inapropiadas, como el uso intensivo de maquinaria agrícola provocando problemas de compactación y pérdidas de suelo por la erosión eólica.

Otro factor determinante para los cambios que sufre el suelo es el uso de la ganadería intensiva que ha provocado pérdidas de suelo por sobre pastoreo en zonas de pendientes, lo que causa en época de invierno el arrastre del suelo por erosión hídrica y la compactación por la sobre carga animal por área. A todo esto, se suma un aumento en la deforestación, lo que marca un impacto negativo en el desequilibrio de los ecosistemas, fuentes hídricas, humedales, manglares desprotegidos y aumentando el nivel de sedimentación en zonas bajas y lechos de ríos. Esto último trae como consecuencia en época de invierno las inundaciones y desbordes de los ríos, ya que la profundidad y capacidad de descarga de los cauces naturales disminuye, debido a la carga de los sedimentos arrastrados por la erosión hídrica.

En el territorio nacional las tierras degradadas en 2015, se localizaron principalmente en el Corredor Seco afectando, 31 municipios en 8 departamentos; perjudicando aproximadamente a 528,704 habitantes localizadas en la zona rural (FAO, 2012). Esta información concuerda con el mapa emitido por el INETER en 2021 sobre el estado de degradación de los suelos del país, donde la mayor parte de la degradación se encuentra sobre el corredor seco (Figura 3, Enmarcado en línea azul).

Según la FAO en Nicaragua la degradación de los suelos es de un 30% y en Occidente llega al 35%. “Esta situación ha venido empeorando en los últimos 50 años y se ve reflejada con una grave escasez de agua principalmente en la época seca y sobre todo en los 63 municipios del corredor seco del país, donde el 80% de sus habitantes sufren los efectos de la degradación ambiental”. Aproximadamente medio millón de personas habitan el corredor seco que atraviesa el país de norte a sur (Lado B, 2015).



**Figura 3.** Degradación física de los suelos para el periodo del año 2020 (Retomado de WMS-INETER, elaborado por J. Araque P.).

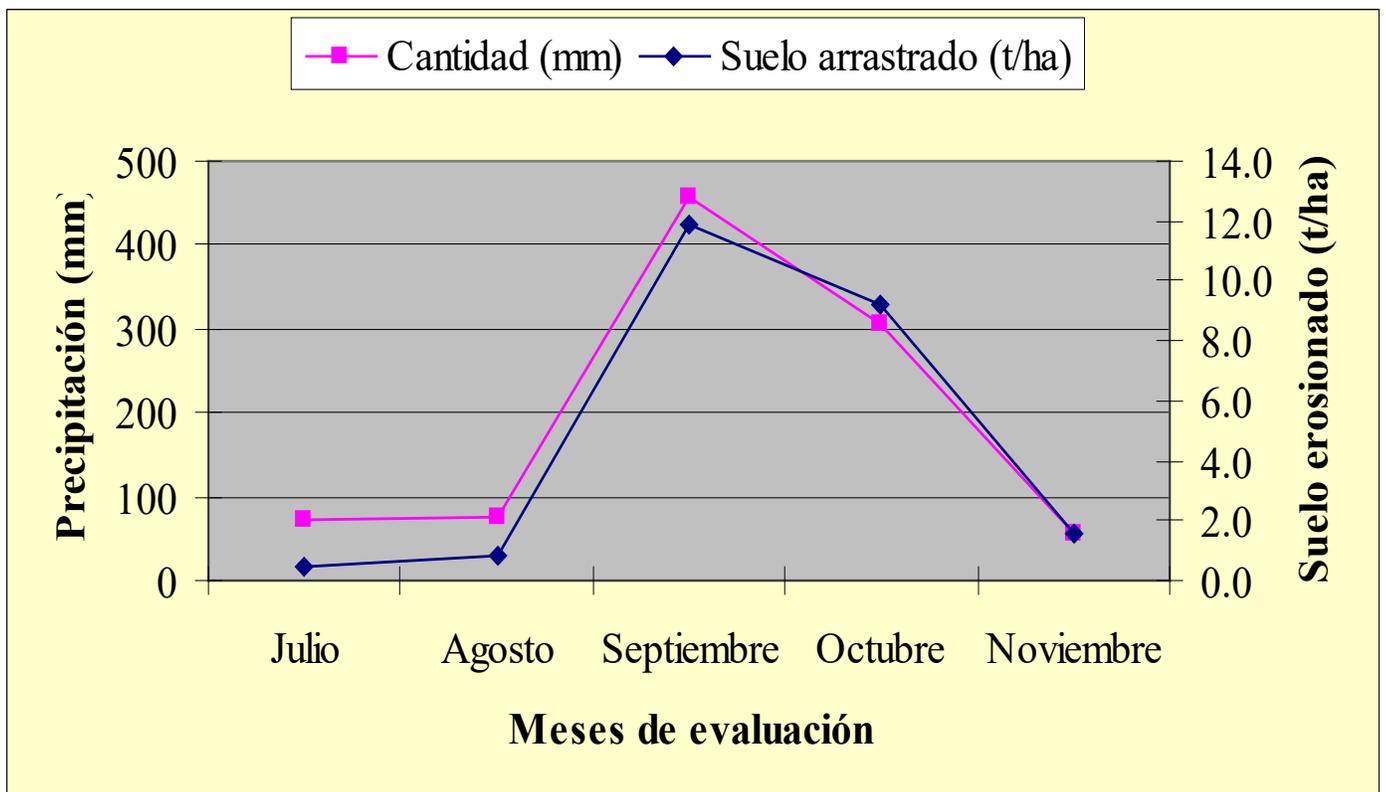
El cambio de uso de suelos destinados para bosques hacia a otro uso como ganadería extensiva y la Agricultura, tanto de subsistencia como comercial, es uno de las principales causas del deterioro de los suelos del país. A este fenómeno es conocido como “Avance de la frontera agropecuaria” Para este decenio 200-2010, unos 11,800.47 kilómetros cuadrados de bosques, pasaron a tierra de cultivo, arbustos, pastizales y áreas escasamente vegetadas. Este análisis ha permitido identificar las tendencias de la degradación de la tierra en Nicaragua que se estiman equivalen al 10.07% de su territorio, que están siendo afectadas por procesos críticos de degradación la tierra (MARENA 2018)

En la figura 3, se puede apreciar los niveles de degradación en que están sometidos los suelos de la Zona Seca del país. Los suelos más degradados se encuentran en zona de pendientes, con suelos sobre utilizados y con alta tasa de deforestación, como lo informa el observatorio de economía de Latinoamérica en el estudio de caso realizado en la zona de San Francisco libre (Jarquín, 2012). En este estudio se reportó una alta tasa de deforestación que sufre este municipio (22% de su territorio) siendo mayor en la zona alta con pendientes mayores al 30%. Aquí mismo se argumenta que “esta

tala ilegal del bosque seco alimenta al mercado de leña que va hacia Managua”.

La principal consecuencia en el cambio del uso de los suelos es la pérdida de la capa superficial del suelo por los procesos de erosión física (Eólica o hídricas). Según los estudios de INETER (2021), una de las principales agentes de degradación de los suelos son las precipitaciones que caen sobre los suelos desprovistos de vegetación o cobertura vegetal y con pendientes favorables para la formación de escorrentías y erosión laminar. Las condiciones de suelos desprotegidos de sus coberturas naturales o sembradas son producto del mal manejo de los ello (quemados de pastos y rastrojos, cambios de uso entre otros) en especial en zonas de pendientes. Un suelo sin cobertura es un suelo expuesto a los agentes climáticos, y por ende a las acciones erosivas de estos.

Utilizar un suelo para fines agrícolas o ganaderos, que por vocación debe de ser forestal, induce que, a través de los procesos de labranza, la capa superficial sea constantemente removida provocando la pérdida constante de la cobertura vegetal y la destrucción de los agregados del suelo.



**Figura 4.** : Pérdida de suelo en el sector El Salitre / El Sauce (Castillo, 2004).

Bajo estas condiciones todo suelo no soporta el impacto de la lluvia o energía cinética de la lluvia o de los fuertes vientos y da inicio al proceso de arrastre y transporte de las partículas más finas del suelo (Arcilla y materia orgánica). Esta situación se empeora cuando las áreas agrícolas se encuentran en zona de pendiente y onduladas, como es el caso de los suelos de la zona norte del departamento de León (Sauce, Achuapa) donde la pérdida de suelo por proceso de erosión hídrica provoca pérdidas de suelo irremplazables, dejando a la gran mayoría de las áreas agrícolas con capas delgadas de suelo, y material rocoso sobresaliente.

Estudios realizados en el municipio del Sauce en el año 2004 para determinar la pérdida de suelo por erosión hídrica, se colocaron parcelas de escorrentías en ladera con pendientes de 50% de inclinación.

Los resultados de este estudio se presentan en la figura 4, y demuestran que la mayor pérdida de suelo corresponde con el mes de mayor precipitación (septiembre), donde se llegó a tener una cantidad de 12 toneladas por hectárea. Esto se puede interpretar no solo como la pérdida de las partículas ya mencionadas, sino que representa la pérdida de fertilidad y capa arables de estos suelos.

Suelos con este grado de pendiente (50%) y sin cobertura, el proceso erosivo inicia tan solo con poca precipitación, como se demuestra en la figura 4, que con menos de 100 mm se puede arrastrar hasta 2 toneladas de tierra por hectárea. Las condiciones (pendiente y cobertura) del suelo son las relevantes para evitar la degradación de mismo.

El proceso de degradación de los suelos inicia cuando la capa superficial de los suelos es alterada, particularmente la estructura natural (Bioestructura) formada por la acción de los organismos en el proceso de descomposición de la materia orgánica. La bioestructura es la que otorga a los suelos del trópico la capacidad de resistir los agentes erosivos, y está íntimamente ligada al contenido de materia orgánica del suelo y la cobertura vegetal (Primavesi, 1984).

Un suelo degradado presenta deterioro de las funciones esenciales, sus propiedades, y en el descenso de la productividad agrícola, y que implica en un incremento de la vulnerabilidad ante los agentes erosivos. Entre los principales cambios que sufre el suelo en el proceso de degradación están:

1. Pérdida de la estructura de suelo, Materia orgánica
2. Compactación y encostramiento de la superficie del suelo.
3. Disminución de la capacidad de retención de agua.
4. Reducción o disminución de la tasa de infiltración de agua.
5. Menor disponibilidad de Macro y micro nutrientes.
6. Descenso de las poblaciones de microorganismo del suelo.

Estudios realizados (Castillo X, 2015), en suelos bajo sistemas de monocultivo de maní en el municipio de Cosigüina departamento de Chinandega, se comprobó que los contenidos de materia orgánica disminuyen conforme aumentan el tiempo de explotación de los suelos (uso intensivo), lo que evidencia un manejo ineficiente del suelo que conlleva a la degradación de este (Figura 5).

En estos suelos el contenido de la materia orgánica se encuentra por debajo de los rangos óptimos (1.9-4.2 %) establecidos en los laboratorios de Nicaragua (LAQUISA). Solo los valores de MO de las parcelas con 1 y 3 años de uso se encuentran cercanos al valor mínimo con 1.9% de MO. A partir del sexto año la concentración de materia orgánica inicia un descenso paulatino conforme los años de uso consecutivos con el cultivo de maní aumentan. Aun en parcelas ubicadas en distintos lugares (14A y 14B), pero con los mismos años de uso, muestran una disminución de este componente esencial para la fertilidad del suelo.

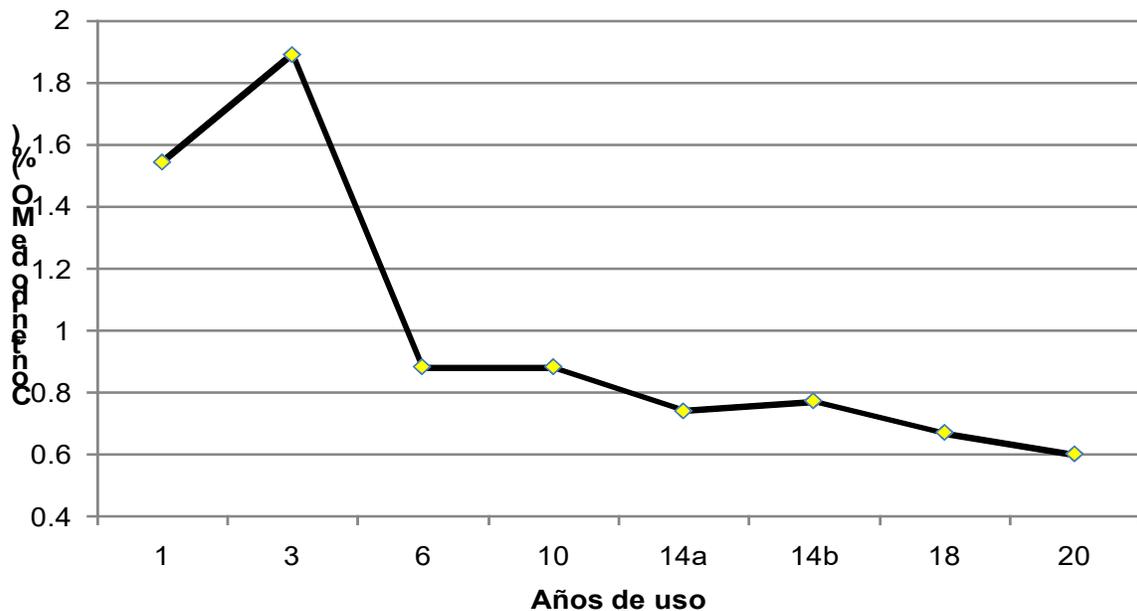
Los valores de materia orgánica determinados en este estudio se encuentran por debajo del máximo encontrados por Fassbender (1987) en su estudio realizados en suelos tropicales con valores de 1.75 % para Vertisoles y 3.06 % para Andosoles.

Este comportamiento de la materia orgánica en suelos maniseros, nos indica que, a partir de los 6 años de uso consecutivos, es necesario realizar un cambio el tipo de cultivo a sembrar (Rotación de cultivos), ya que después de este periodo la recuperación de los suelos va requerir mayor tiempo e inversión.

Según el mapa de fertilidad de los suelos de Nicaragua, elaborado por (INETER-DGOT 2021), los suelos con valores menores al 2% de materia orgánica son considerados muy bajo, es decir pobres en este componente esencial para la fertilidad del suelo. Como

se observa en el mapa de contenido de materia orgánica, la zona norte del corredor seco por ser terrenos de pendientes el nivel de contenido de materia orgánica es bajo a medio, en el caso de las zonas planas del pacífico

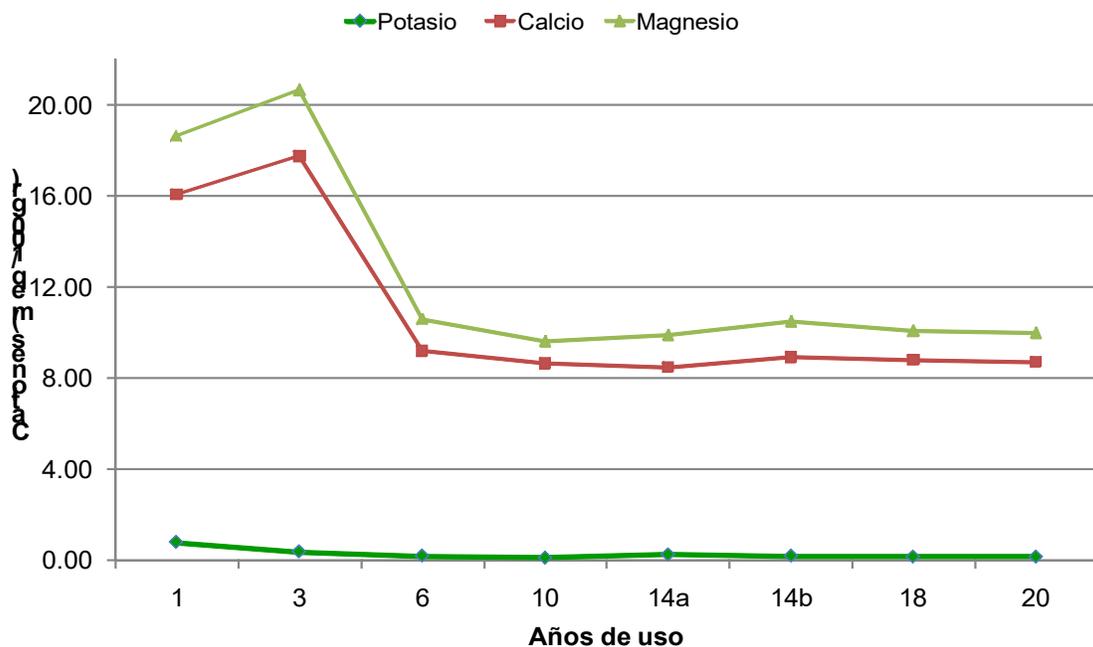
la mayor parte de los suelos se encuentran en los valores bajos, esto debido al proceso de degradación que son sometidos estos suelos por el mal manejo de los mismos, que aumentan su vulnerabilidad a los factores erosivos.



**Figura 5.** Disminución del contenido de materia orgánica en suelos bajo sistemas de monocultivos de maní, Cosigüina. Fuente: Castillo, 2015.

La importancia de la MO en las condiciones del suelo es muy conocida, por ejemplo. Altos contenidos de materia orgánica indica reservas de nutrientes en el suelo, sin embargo, estas reservas estarán disponibles

solo mientras las condiciones para la vida microbiana del suelo estén dadas, ya que son los microorganismos los encargados de realizar el proceso de mineralización de la materia orgánica (Julca, et al., 2006).



**Figura 6.** Disminución del contenido de Potasio, Calcio y Magnesio en suelos bajo sistemas de monocultivos de maní, Cosigüina (Castillo, 2015).

La materia orgánica ayuda a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad, densidad de los agregados y capacidad de retención ya que puede absorber de tres a cinco veces más de su propio peso, lo cual es especialmente importante para los suelos ubicados en el Corredor Seco del país.

Dado que la pérdida de la materia orgánica es mayor en los suelos con más años uso bajo el cultivo de maní, es de considerar que su capacidad de intercambio catiónico también presente disminución a mayores años de implementar este cultivo.

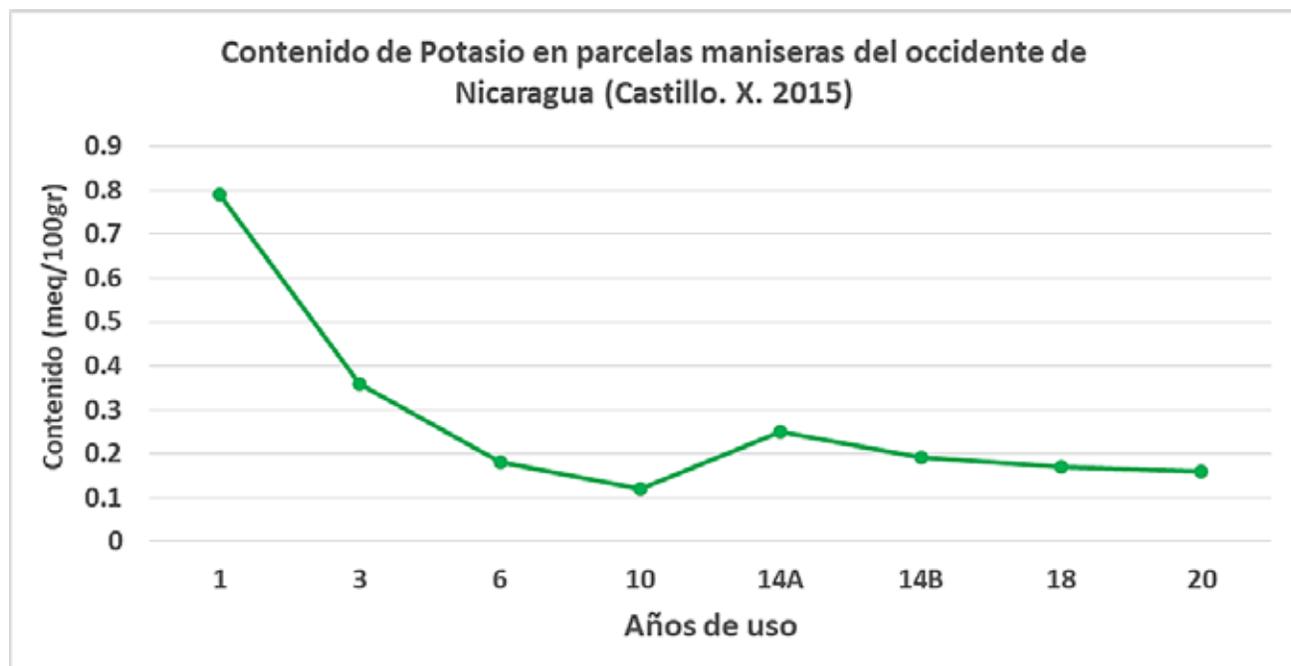
En este mismo estudio se muestra claramente el descenso en el contenido de los principales cationes para la nutrición de las plantas que sufre el suelo con el aumento de los años bajo el sistema de monocultivo de maní.

En la figura 6 se puede apreciar que a partir del sexto año el suelo experimenta un descenso de casi el 50% de disminución en comparación al contenido inicial de calcio y magnesio. Solo el elemento Potasio es el único que durante los años de uso de los suelos no experimenta

cambio en su contenido.

En el estudio de recopilación, sobre resultados de análisis químicos de suelos realizados por varias instituciones, el MAG, INTA & INETER (2018) elaboran el compendio de mapas sobre la fertilidad del suelo de Nicaragua. En el mapa correspondiente al elemento potasio, se puede observar que establecen rangos para el contenido de este elemento, donde valores menores de 0.2 meq/100gr son considerados bajos a pobres y los valores mayores de 0.4 meq/100gr considerados altos.

Al comparar estos rangos de contenido, con los valores obtenidos (0.12-0.79 meq/100gr) en el estudio de los suelos maniseros (Figura 7), podemos deducir que estos suelos se encuentran en su mayoría con valores menores de 0.4 meq/100gr de potasio, lo que significa que se encuentran entre contenidos moderados a bajos. Estudios realizados por Fassbender (Fassbender 1987) en suelos tropicales de origen volcánico ha encontrado rangos de 0.35 a 0.76 meq/100 gr para suelos recientes y en suelo volcánicos viejos contenido entre 0.59-0.76 meq/100gr.



**Figura7.** Grafica sobre el contenido de potasio en suelos maniseros (Castillo, 2015).

Esto mismo se confirma en el mapa de fertilidad de suelo para el contenido de potasio (INETER-DGOT 2021) donde los suelos del corredor seco de Nicaragua presentan valores entre moderado a alto. El potasio es abundante en los suelos de la región Pacífico por su origen volcánico, dado que las cenizas y rocas volcánicas son ricas en este elemento, encontrando rocas con un contenido del 5% de óxido potásico como rocas Basalto, Andesita, Ignimbritas, tobas dacíticas. Los suelos arcillosos ricos en minerales como Feldespatos, Micas y Arcillas (Vermiculitas, Illitas y glauconitas) presentan mayores contenidos en potasio (Fassbender 1987)

En resumen, los procesos de desertificación (deforestación, quemadas y erosión) y los fenómenos de

sequía tienen que ver con dos recursos vitales para la seguridad alimentaria de todo país: El suelo y el agua, estos procesos de desertificación se presentan en primer lugar por mal manejo que inducen a la degradación del recurso. La erosión del suelo y la baja fertilidad, que este conlleva, son los principales problemas del corredor seco, especialmente debido a la deforestación, la agricultura de montaña, las zonas de pendiente mal manejadas y la agricultura intensiva, que ha continuado durante décadas sin fertilizantes suficientes para reemplazar los nutrientes agotados, ocasionando el desgaste químico de los suelos. Sumado a esta condición casi generalizada en los suelos del corredor seco, está también la capa vegetal superior del suelo que tiende a ser delgada y vulnerable a los agentes de erosión.

### **33% de los suelos del Planeta están ya degradados en cierto grado, de continuar la tendencia actual más del 90% podría degradarse para 2050 (FAO y GTIS, 2015; IPBES, 2018)**

#### **Estado de la fertilidad**

La Fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones y nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La fertilidad de un suelo depende de la manera en que se relacionan sus características físicas, químicas y

biológicas, las que a su vez dependen de la clase textural predominante.

En la tabla 6 se aprecia las principales características de los suelos que definen su fertilidad, de todos ellos las características físicas son las primeras en sufrir un cambio por el mal manejo, uso excesivo de maquinaria que inducen a la pérdida de su estructura natural (Bioestructura) y con ello aumenta la susceptibilidad a los agentes de erosión.

**Tabla 6.** Características que definen la fertilidad de un suelo.

Características físicas	Características químicas	Características biológicas
Textura	pH	La cantidad de seres vivos (Biodiversidad)
Estructura / Bioestructura	El grado de salinidad	La relación entre las plantas y microorganismos benéficos.
Densidad aparente	Contenido de materia orgánica	Actividad biológica / enzimática
Capacidad de retención de agua	Capacidad de intercambio catiónico	

La clasificación de la fertilidad de los suelos se ha realizado tradicionalmente considerando solo las características químicas, es decir basado en el contenido de algunos nutrientes, especialmente los macronutrientes esenciales para la producción vegetal.

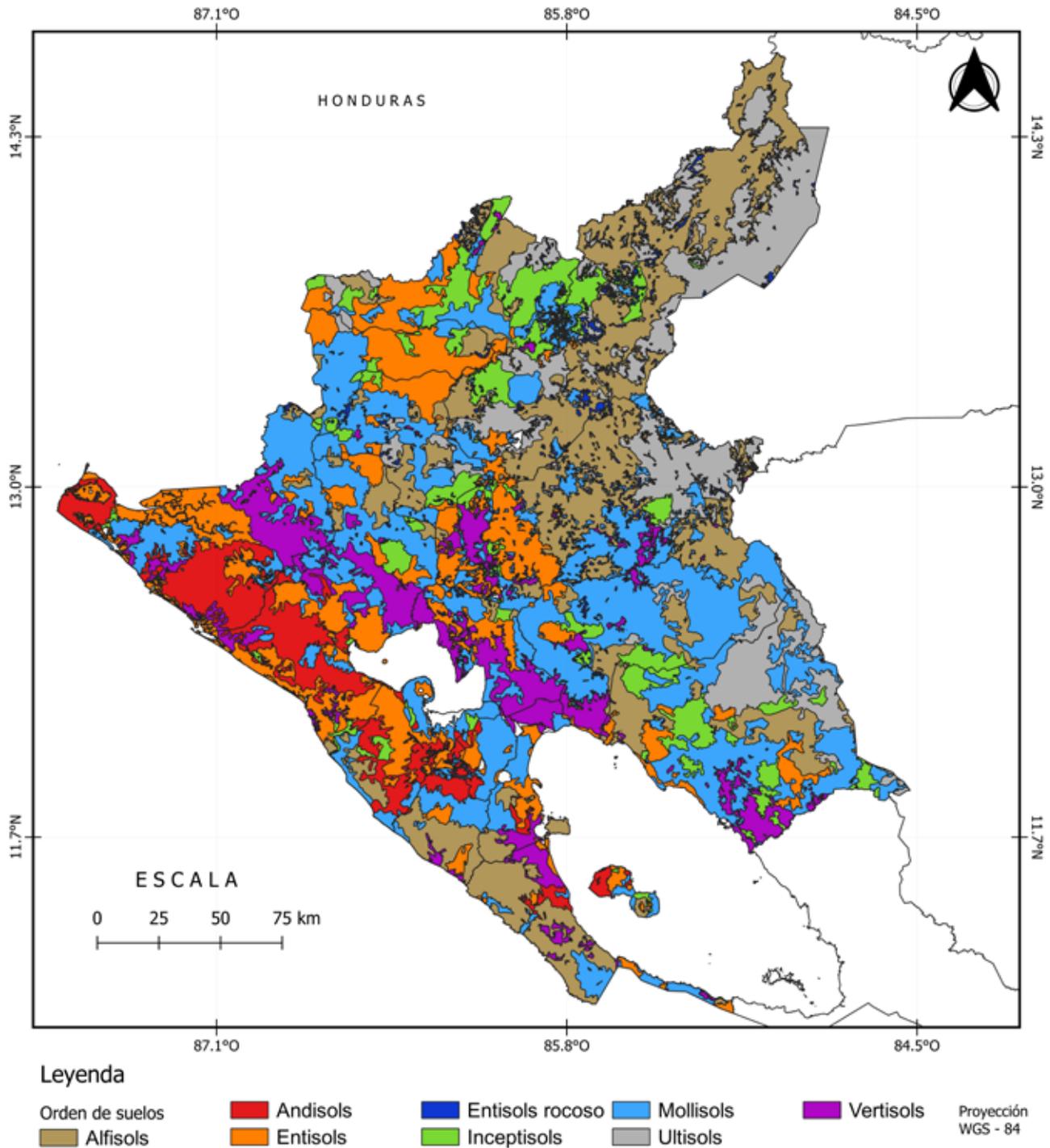
#### **Fertilidad natural de los suelos**

Los suelos son productos de la meteorización de las

rocas madres, o material parental originario de las zonas y procesos formadores de suelo. Según el material parental de donde se formaron los suelos, adquiere características propias, que les define sus potenciales de uso, grado de fertilidad y su estabilidad frente a la acción de los agentes erosivos. La fertilidad natural de los suelos está relacionada por lo tanto con su origen.

Para describir la fertilidad natural de los suelos del corredor seco de Nicaragua, se debe considerar la naturaleza geológica de los mismos. En Nicaragua se presentan diversos tipos de suelo que están íntimamente

relacionados con las zonas geológicas del país. En la figura 8 se puede apreciar la distribución de estos tipos de suelo en todo el territorio de Nicaragua.



**Figura 8.** Clasificación de los órdenes de Suelos según USDA - FAO (Retomado de la base referencial de la FAO, elaborado por J. Araque P.).

Según la clasificación taxonómica de los suelos del país, definidos por FAO y mapeados por INETER (2021), sobre el corredor seco predominan las órdenes de suelo: Molisoles, Vertisoles, Andosoles, Entisoles. Cada orden de suelo tiene sus propias características químicas y físicas, que le otorgan a la vez las condiciones para la producción agrícola, ganadera o forestal. A continuación, se describen aquellas características relevantes para la fertilidad de los suelos, que están en dependencia del tipo de suelo que predominan en las zonas seca del país.

## Andosoles

Los Andosoles generalmente son suelos desarrollados de ceniza volcánica intermedia o básica y no expuestos a lavado excesivo. En la figura 9 se aprecia un perfil típico de esos suelos. La fuerte fijación de fosfato de los Andosoles (causada por Al y Fe libres). Las medidas para reducir este efecto de fijación incluyen la aplicación de calcáreo, sílice, material orgánico, y fertilización fosfatada fraccionada.



**Figura 9.** Perfil de un Andosol (Fuente: FAO, 2014).



**Figura 10.** Perfil de un Vertisol (Fuente: FAO, 2014).

## Vertisoles (Sonzocuite):

Predominan en la Región Norte Central en los Departamentos de Madriz y Nueva Segovia; otros bloques diseminados en la Región del Pacífico y se extienden desde el Departamento de Chinandega hasta el Departamento de Rivas en el litoral Pacífico

(Figura 10). En la Región Atlántica pequeños bloques diseminados sobre el litoral desde la Laguna de Bismuna por el norte hasta San Juan de Nicaragua por el sur.

Estos suelos se encuentran en las zonas de vida desde bosque seco subtropical hasta bosque muy húmedo premontano tropical, con temperaturas medias anuales

que fluctúan entre los 18° y 27°C y con precipitaciones promedios anuales de 800 a 6,000 mm.

El contenido de materia orgánica en los Vertisoles tiene valores de moderadamente alto a bajo, el pH es de extremadamente ácido a ligeramente ácido, la capacidad de intercambio catiónico es de muy alto a medio, tienen altos contenidos de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na), el porcentaje de la saturación de bases es alto y muestran diferencias en el porcentaje de carbonatos.

La fertilidad del suelo es de alta a baja, formados de sedimentos lacustres o lagunares, de tobas, basaltos y otras rocas ricas en bases y fácilmente meteorizables. Pueden poseer después de los primeros 18 cm más del 30% de arcilla en los horizontes hasta un metro de profundidad. Los Vertisoles del oeste de Nicaragua son principalmente de arcilla montmorillonítica. La montmorillonita es una arcilla que tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico. El Na<sup>+</sup> y el Ca<sup>2+</sup> son los cationes intercambiables típicos.

Las características físicas de los Vertisoles están controladas por la presencia de arcillas expandibles que se expanden y contraen alternadamente según el grado de humedad del suelo, lo que resulta en grietas profundas en la estación seca y en la época de lluvias se contraen formando superficies casi impermeables y fangosas. Esto causa problemas para el manejo del agua en áreas agrícolas, y en las zonas forestales la destrucción del sistema radicular de los árboles en los periodos de verano. Los Vertisoles son extensos en depresiones, llanos y planicies con drenaje superficial lento (FAO, 2014).

Su mayor uso bajo sistemas de riego es para la siembra de cultivos de exportación y de mercado interno como: caña de azúcar, arroz, hortalizas, sorgo, ajonjolí, pasto y bosque de sabanas (Jícara, matorrales, etc.). Los Vertisoles están muy difundidos, pero son más comunes en las zonas de vida más secas, como el bosque subtropical seco y el bosque tropical seco.



**Figura 11.** Perfil de un Molisol (Fuente: FAO, 2014).



**Figura 12.** Perfil de un Entisol (Fuente: FAO, 2015).

Son de color de negro a pardo oscuro, de permeabilidad muy lenta, con estructuras superficiales de bloques subangulares, con cantidades de materia orgánicas de moderada a altas (MAGFOR, 1971).

### **Molisoles:**

Predominan en la Región Central en los Departamentos de Chontales y Boaco, extendiéndose hacia la Región del

Pacífico en los Departamentos de León y Chinandega y pequeños bloques en el Departamento de Madriz. Por sus características son de los mejores suelos para las actividades Agropecuarias. El perfil tipo de los Molisoles se puede observar en la figura 11.

Estos suelos se encuentran en las zonas de vida desde bosque seco subtropical a bosque húmedo premontano

tropical, con precipitaciones que oscilan entre los 800 y 3,000 mm anuales, los promedios de temperatura oscilan entre los 18° y 24°C como promedio anual. Dentro de las características químicas de esta orden de suelo están: El contenido de materia orgánica es de muy bajo a alto, el pH es de fuertemente ácido a muy fuertemente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de bajo a alto y el porcentaje de saturación de bases es de bajo a alta.

Los Molisoles son suelos que poseen fertilidad baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas. Predominan en la Región Central en los Departamentos de Chontales y Boaco, extendiéndose hacia la Región del Pacífico en los Departamentos de León y Chinandega y pequeños bloques en el Departamento de Madriz. Por sus características son de los mejores suelos para las actividades agropecuarias. Pueden poseer texturas desde Franco arenoso hasta Arcillosos, el drenaje interno es pobre a bien drenado y son suelo con profundidad desde los 60 a 120 metros.

Estos suelos según sus características edafológicas, la zona climática donde se encuentran y su grado de pendiente pueden ser utilizados para la producción agrícola de ajonjolí, maní, Caña de azúcar, maíz, Sorgo, arroz, tomando en cuenta las debidas medidas de conservación y manejo de los suelos y el agua.

### Entisoles:

Son suelos derivados de fragmentos de roca suelta, que están formados típicamente por arrastre y depósito de materiales sedimentarios que son transportados por la acción del agua. Tienen menos del 30% de fragmentos rocosos. La profundidad varía de profundos a muy superficiales, relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad del suelo es alta a baja, en algunos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa (Figura 12).

Los Entisoles en áreas desérticas tienen mínima importancia agrícola. Estos suelos con precipitaciones de 500 a 1000 mm/año necesitan riego para la producción de cultivos satisfactorios. La baja capacidad de retención de humedad de estos suelos obliga a aplicaciones frecuentes de agua de riego; el riego por goteo o aspersión resuelve el problema, pero rara vez es económico. Cuando la precipitación excede los 750 mm/año, el perfil logra su capacidad de retención de

humedad a principios de la temporada de lluvias; la mejora de prácticas con barbecho labrado puede ser una mejor solución que las costosas instalaciones de sistemas de riego.

Muchos Entisoles son utilizados para pastoreo extensivo, en regiones montañosas son frágiles y es mejor conservarlos bajo bosque (FAO, 2015).

### Alfisoles



**Figura 13.** Perfil de un Alfisol (Fuente: FAO, 2015).

Las características de estos suelos son: el contenido de materia orgánica varía de alto a muy bajo, el pH es de muy fuertemente ácido a neutro, con un porcentaje de saturación de bases que oscila de medio a bajo y presentan una capacidad de intercambio catiónico de medio a muy bajo. Un ejemplo del perfil de los suelos Alfisoles (Figura 13).

El bajo nivel de nutrientes disponibles para las plantas y la baja retención de cationes hace a los Alfisoles demandantes de aplicaciones de fertilizantes como condición previa para su cultivo continuo. Alfisoles química y/o físicamente deteriorados se regeneran muy lentamente para volver a ser utilizables.

Los cultivos perennes son preferibles a los cultivos anuales, sobre todo en terrenos inclinados. El cultivo de tubérculos (como yuca o maní) aumenta el peligro de deterioro y erosión del suelo. Se recomienda la rotación

de cultivos anuales con pasto mejorado para mantener o aumentar el contenido de la materia orgánica del suelo.

La labranza de suelos Alfisoles mojados o el uso de maquinaria excesivamente pesada compacta el suelo y causa serio deterioro de la estructura. Medidas de control de labranzas y erosión tales como terrazas, labores en contorno, cobertura con rastrojo y uso de cultivos de cubierta ayudan a conservar el suelo (FAO, 2015).

## Fertilidad actual de los suelos

La fertilidad actual del suelo se basa en el diagnóstico de los horizontes superficiales (Horizonte A) en el caso de los bosques y el horizonte Ap en caso de los suelos agrícolas y ganaderos. Este diagnóstico pretende determinar las condiciones físicas y químicas, como densidad aparente, infiltración, retención de agua, textura, contenido de nutrientes de los suelos entre otros.

**Tabla 7.** Clasificación de los órdenes y clases de texturas de suelo del corredor seco de Nicaragua.

Zona	Ordenes de Suelos (USDA)	Clase de Texturas
Centro-Norte (Madriz, Nueva Segovia, Estelí)	Entisoles, Molisoles Alfisoles Ultisoles	Franco arenoso F. areno/limoso Franco arcilloso
Chinandega Norte	Molisoles Vertisoles	Franco arcilloso Arcilloso pesado Franco arenoso
Centro Sur (Matagalpa, Boaco, Chontales)	Inceptisoles Alfisoles Vertisoles	Franco arcilloso Arcilloso pesado
Managua Norte	Vertisoles	Arcilloso pesado, Franco arcilloso Franco arenoso
Paralelo al Océano Pacífico (León, Managua, Carazo, Rivas)	Alfisoles Andosoles Vertisoles	Arcilloso Franco arcilloso Franco arenoso Arenosos

Fuente: (Bendaña, 2013).

La fertilidad de los suelos está relacionada con las clases de texturas que posee o predominan en los diferentes suelos o zonas, su grado de degradación e intensidad de uso. La proporción entre el contenido de arena, limo y arcilla determina la textura del suelo. La textura del suelo, juntamente con otras propiedades y características, tales como el tipo y contenido de minerales, el tipo y grado de estructura y el contenido de materia orgánica, definen la distribución de poros en el perfil, la capacidad de almacenamiento de agua y su disponibilidad, así como el contenido y disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Para la determinación de la fertilidad de los suelos del

corredor seco es necesario conocer las clases de texturas que predominan a lo largo y ancho de dicho corredor. Según el estudio realizado por Bendaña (2013) predominante sobre estas mismas ordenes de suelo diversas clases de textura superficial de los terrenos. En la tabla 7 se puede ver las clases de suelo identificadas al largo de los municipios que conforman el correo seco del país.

Los resultados de Bendaña indican que las texturas predominantes en el corredor seco son suelo Franco arcillosos y Franco arenosos. Estos resultados se asemejan a los obtenidos en el estudio sobre el estado de fertilidad de los suelos del occidente de Nicaragua,

donde se escogieron 13 municipios y se tomaron 567 muestras a 30 cm de profundidad. Las clases de texturas predominantes fueron: Franco, Franco arcillo arenoso, Franco arcilloso y Franco arenoso. En la tabla 8 se muestra el número de muestras que corresponde a cada textura determinada para cada departamento.

Cada una de estas texturas otorga al suelo características físicas y químicas propias, las que a su vez son la base para la clasificación de la fertilidad de los suelos, es decir

en suelo con fertilidad baja, media o buena. Basado en el estudio del estado de fertilidad de los suelos agrícolas del occidente se puede tener una noción del nivel de fertilidad que podrían presentar otros suelos con texturas similares y bajo los sistemas de producción agrícolas que se encuentran dentro del corredor seco.

Los resultados de Bendaña indican que las texturas predominantes en el corredor seco son suelo Franco arcillosos y Franco arenosos. Estos resultados se

**Tabla 8.** Distribución de las clases de textura por los departamentos de León y Chinandega.

CLASE DE TEXTURA	LEÓN	CHINANDEGA
	Total, de 7 municipios	Total, de 6 municipios
Arcilloso	12	1
Areno francoso	25	7
Franco	31	45
Franco arcillo arenoso	59	6
Franco arcilloso	44	11
Franco arenoso	143	180
Franco limoso	1	2
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>252</b>

Fuente: Castillo, Mendoza *et. al.* (2013).

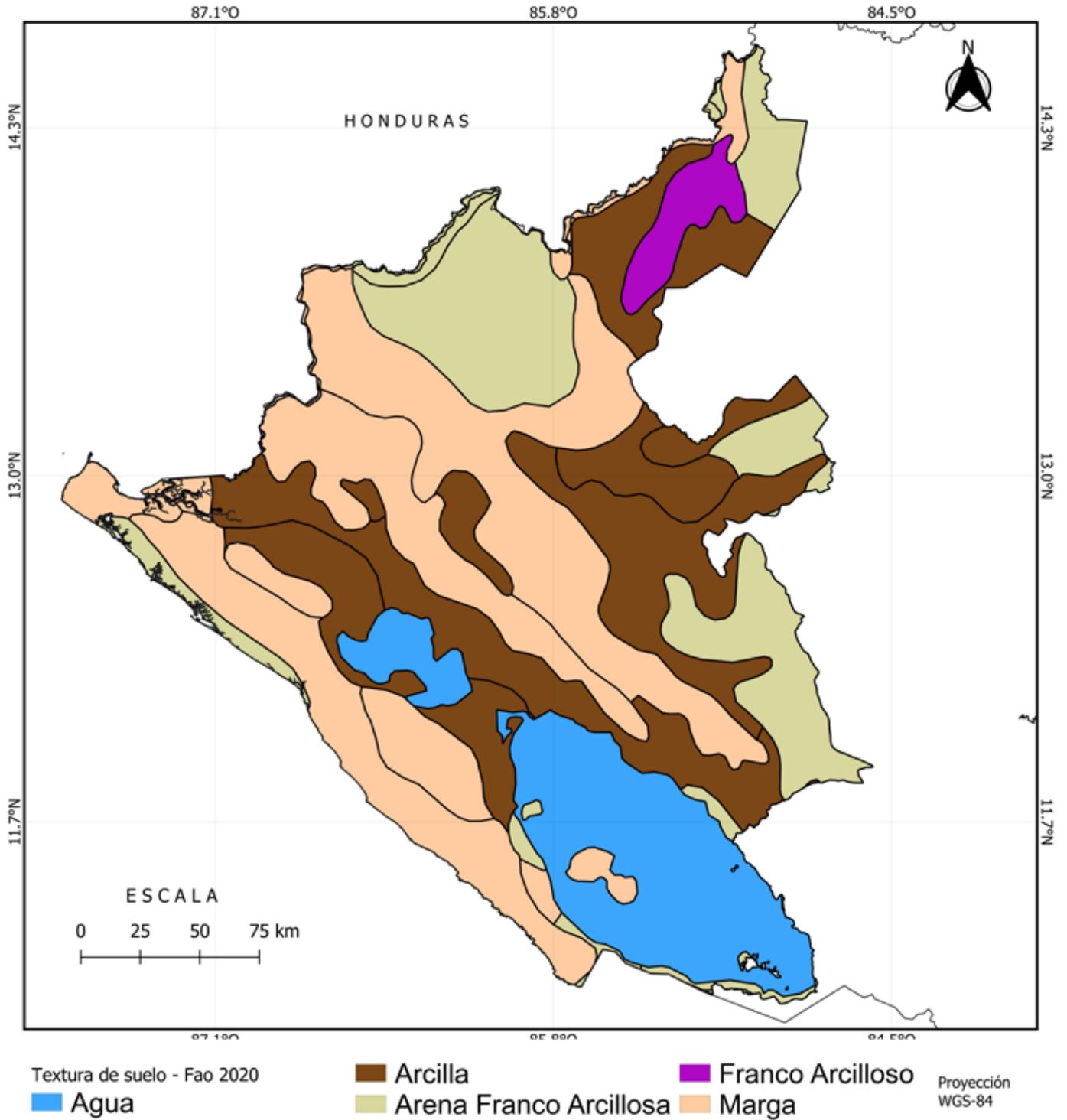
asemejan a los obtenidos en el estudio sobre el estado de fertilidad de los suelos del occidente de Nicaragua, donde se escogieron 13 municipios y se tomaron 567 muestras a 30 cm de profundidad. Las clases de texturas predominantes fueron: Franco, Franco arcillo arenoso, Franco arcilloso y Franco arenoso. En la tabla 8 se muestra el número de muestras que corresponde a cada textura determinada para cada departamento.

Cada una de estas texturas otorga al suelo características físicas y químicas propias, las que a su vez son la base para la clasificación de la fertilidad de los suelos, es decir en suelo con fertilidad baja, media o buena. Basado en el estudio del estado de fertilidad de los suelos agrícolas del occidente se puede tener una noción del nivel de fertilidad que podrían presentar otros suelos con texturas similares y bajo los sistemas de producción agrícolas que se encuentran dentro del corredor seco.

En la tabla 9 se pueden observar los contenidos de los principales nutrientes del suelo, esenciales para la nutrición de los cultivos, así como el contenido de materia orgánica y la densidad aparente de los suelos.

Los resultados demuestran que los suelos Franco arcillosos son los que presentan los valores más altos en macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), así mismo posee una capacidad de intercambio de cationes más cercana a los valores altos. La densidad aparente de las cinco clases de suelo indica que estos no se encuentran compactados en los primeros 30 cm de profundidad. Las cinco clases de suelo representan buenos suelos por sus contenidos de nutrientes, y materia orgánica. Sin embargo, hay una diferencia leve entre los suelos de León y Chinandega que presentan valores de Fosforo y Potasio altos. Lo que provoca una diferencia leve entre los suelos de León y Chinandega que presentan valores de Fosforo y Potasio altos.

Las clases de suelo predominantes del corredor seco se han ilustrado en el mapa de textura elaborado por INETER en 2021 (Figura 14). En este mapa se puede observar que la textura que más predomina sobre el corredor es la Franco arcillosa. Esta textura otorga a los suelos buenas características como alto contenido en nutrientes, alta capacidad de retención de cationes (Ca, K, Mg, Na, NH<sub>4</sub>) y excelente capacidad en retención de agua.



**Figura 14.** Texturas de suelo según la clasificación de la FAO (Retomado de la base referencial de la FAO, elaborado por J. Araque P.).

**Tabla 9.** Contenido de nutrientes, materia orgánica de las principales clases de suelo de los departamentos de León y Chinandega.

PARÁMETROS	RANGO NORMAL	LEÓN			CHINANDEGA	
		Franco arenoso	Franco arcilloso	Franco arcillo arenoso	Franco arenoso	Franco
pH en agua	5.5-6.5	6.63	6.83	6.72	6.14	6.14
CE (microS/cm)	300-800	95.46	98.13	77.86	250.68	368.84
MO (%)	1.9-4.2	2.65	3.24	2.57	5.71	4.91
Nt (%)	0.10-0.21	0.14	0.17	0.13	0.29	0.25
P (ppm) Bray-2	11 a 20	64.17	72.76	47.75	20.72	11.77
K (meq/100gr)	0.3-0.6	1.59	2.1	2.41	0.75	0.73
Ca (meq/100gr)	4.1-20	10.31	21.32	14.32	13.56	17.9
Mg (meq/100gr)	2.1-10	2.2	4.35	3.81	2.42	3.68
CIC (meq/100gr)	10.1 - 35	14.1	27.77	20.54	16.74	22.32
DA (gr/cm3)	1.0-1.4	1.1	1.04	1.09	1.21	1.24

Fuente: CE (Conductividad eléctrica); CIC (Capacidad de intercambio catiónico); DA (Densidad aparente del suelo).  
Fuente: Castillo, Mendoza et al. (2013).

Sin embargo, a esta fertilidad natural de los suelos Franco arcillosos inciden negativamente diversos factores que reducen su potencial de fertilidad como manejos inadecuados de los suelos en zonas de pendientes, deforestación de la vegetación nativa para la expansión ganadera o agrícola, así como también malas prácticas de quemas de matorrales y la intensidad de utilización de las tierras.

Además de los factores antropogénicos mencionados, inciden sobre estos suelos también los factores climáticos (Sequias, excesos de lluvias) que empeoran el estado de vulnerabilidad de los suelos, reduciendo así su grado de fertilidad.

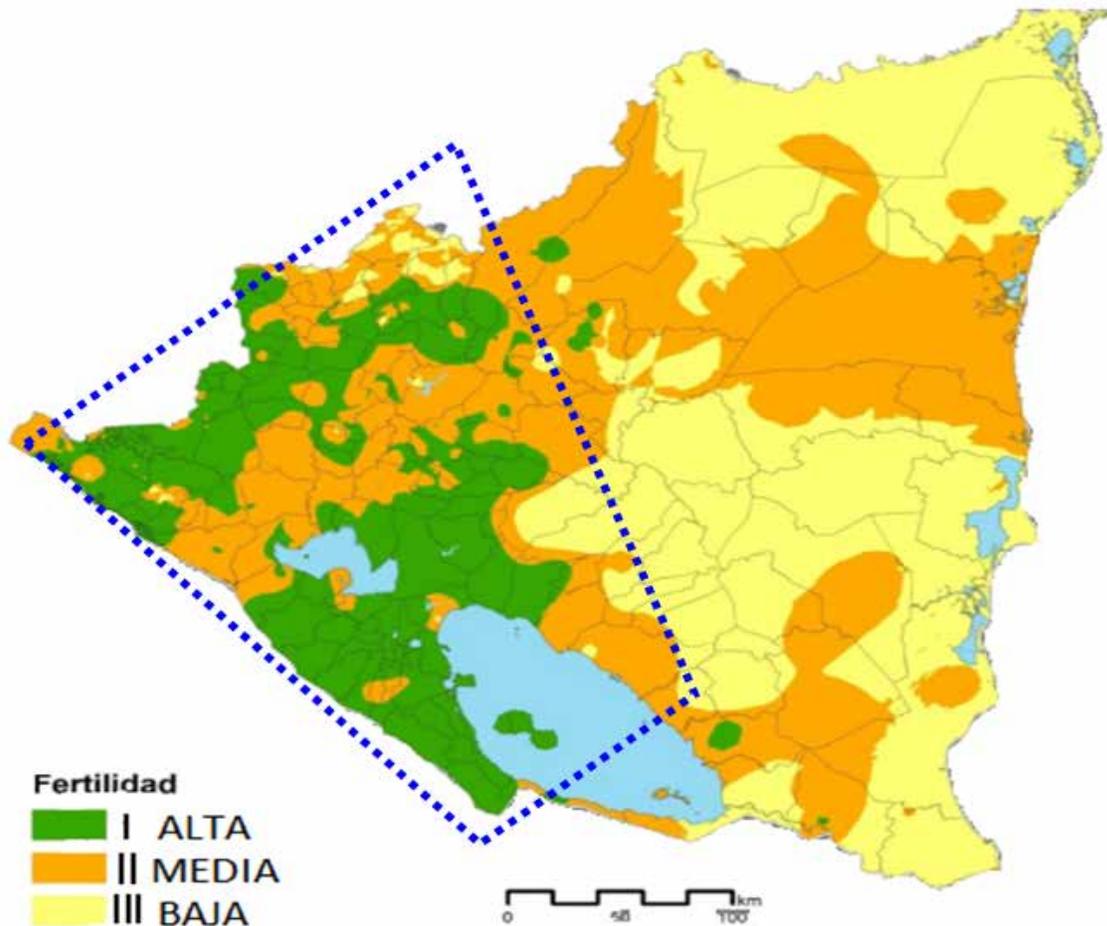
Los últimos estudios realizados por las instituciones de educación superior, ONG y ministerio de agricultura clasifican los niveles de fertilidad de los suelos del país en tres grandes categorías, como se puede observar el mapa emitido por la organización CRS en el 2017 (Figura 15). Los suelos con alta características de fertilidad se encuentran distribuidas entre los departamentos de Managua, Rivas, Masaya, Granda, parte de Chinandega y norte de este municipio. Los suelos más pobres se encuentran en la zona norte del país, Jalapa y casi toda la Costa Atlántica del país. Esta clasificación de la fertilidad de los suelos propuesta por CRS – INETER (Figura 15) coincide con los resultados del estudio realizado por la FAO 2015 en el informe

de país, donde identifican que los suelos de la región del Pacífico, a pesar de ser considerados los suelos más fértiles del país, por su origen volcánico y sus texturas, se encuentran en su mayoría entre medios - bajos en fertilidad. En la zona norte del Corredor Seco del país los suelos que predominan son considerados de fertilidad media (FAO 2015). Estas conclusiones de la FAO se basan de diversos análisis químicos realizados en el país, los cuales en promedios generales los suelos de aquellas zonas atípicas como el Corredor Seco y zonas degradadas se favorecen, considerando estos suelos con calidad nutricional de buena a moderada.

### RETENCIÓN DE NUTRIENTES Y LA EROSIÓN

En los ecosistemas, los nutrientes no se encuentran fijos o estáticos, sino que se transfieren o circulan del ambiente suelo, a las plantas y a los organismos vivos, formando un ciclo interrumpido en la naturaleza, ya que todo lo que nace, muere y se descomponen en el mismo lugar retorna al ciclo. A estos ciclos se les llama ciclos biogeoquímicos.

Las plantas (autótrofos) como los productores del ecosistema extraen los nutrientes del ambiente (el suelo y el aire) y lo sintetizan o transforman en elementos orgánicos, que son la base de la alimentación de los organismos heterótrofos, es decir, los herbívoros, carnívoros y descomponedores. Así los nutrientes o



**Figura 15.** Mapa de fertilidad de los suelos de Nicaragua (CRS, 2017)

elementos participan dentro de la cadena trófica, y representan el eslabón más importante.

El aprovechamiento de los nutrientes en los ecosistemas naturales es muy eficiente, debido a la ocupación plena de los recursos, lo que significa que no hay recursos desaprovechados. El reciclaje de nutrientes es, entonces, un proceso fundamental en los ecosistemas. La interrupción del mismo trae como consecuencias alteraciones en toda la cadena trófica.

La capacidad de la retención de nutrientes está directamente relacionada con dos componentes importantes del suelo: Su contenido de arcilla y materia orgánica.

Las arcillas otorgan al suelo su capacidad de retención de agua, el estado de humedad, punto de carga cero, cargas variables y permanentes de los minerales del suelo.

El contenido de materia orgánica representa las reservas de nutrientes del suelo, que durante el proceso de descomposición y mineralización de la misma se liberan los nutrientes en formas asimilables para las plantas (Óxidos y elementales). Ambos tienen la capacidad de retener los principales elementos (atracción electroquímica de cationes y aniones) y otorgarlos a las plantas en el momento que estas realizan la absorción de agua de la solución del suelo.

La retención de nutrientes se mide a través de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, y esta depende de la textura y contenido de materia orgánica que los suelos tengan. A medida que los suelos van perdiendo estos dos componentes por procesos de erosión disminuyen directamente la retención de los nutrientes.

elementos participan dentro de la cadena trófica, y representan el eslabón más importante.

El aprovechamiento de los nutrientes en los ecosistemas naturales es muy eficiente, debido a la ocupación plena de los recursos, lo que significa que no hay recursos desaprovechados. El reciclaje de nutrientes es, entonces, un proceso fundamental en los ecosistemas. La interrupción del mismo trae como consecuencias alteraciones en toda la cadena trófica.

La capacidad de la retención de nutrientes está directamente relacionada con dos componentes importantes del suelo: Su contenido de arcilla y materia orgánica.

Las arcillas otorgan al suelo su capacidad de retención de agua, el estado de humedad, punto de carga cero, cargas variables y permanentes de los minerales del suelo.

El contenido de materia orgánica representa las reservas de nutrientes del suelo, que durante el proceso de descomposición y mineralización de la misma se liberan los nutrientes en formas asimilables para las plantas (Óxidos y elementales). Ambos tienen la capacidad de retener los principales elementos (atracción electroquímica de cationes y aniones) y otorgarlos a las plantas en el momento que estas realizan la absorción de agua de la solución del suelo.

La retención de nutrientes se mide a través de la determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, y esta depende de la textura y contenido de materia orgánica que los suelos tengan. A medida que los suelos van perdiendo estos dos componentes por procesos de erosión disminuyen directamente la retención de los nutrientes.

En los estudios realizados en suelos del Occidente de Nicaragua se presenta una estrecha correlación entre

**Tabla 10.** Correlación de Pearson entre la capacidad de intercambio catiónico y algunas características del suelo del sector de Cosigüina.

Parámetros		Valor de la correlación	Significancia
Capacidad de intercambio catiónico del suelo (meq/100gr)	Arena [%]	-0.9	<.0001
	Limo [%]	0.7	<.0001
	Arcilla [%]	0.9	<.0001
	pH en agua	0.9	<.0001
	Materia orgánica (%)	0.8	<.0001

Fuente: Fuente: Castillo X. (2015).

estos componentes. Como se demuestra en suelos del sector de Cosigüina / Chinandega, donde la sobre explotación de suelos con el monocultivo de maní, induce a la pérdida de arcilla por erosión eólica y por ende de su capacidad de intercambio catiónico. En la tabla 10 se aprecia que el coeficiente de correlación de Pearson entre la capacidad de retención de nutrientes y el contenido de arcilla es de 0.8, lo que se interpreta que, a mayor contenido de arcilla en los suelos, mayor será su capacidad de intercambio de nutrientes. Resaltar las otras correlaciones de Pearson con el resto de variables.

La capacidad de retención de nutrientes de un suelo decae conforme disminuyen el contenido de arcilla y materia orgánica, y son estos mismos componentes por su peso y tamaño los primeros en perderse por acción de la erosión.

El proceso de erosión ocurre cuando las condiciones

ambientales, estado de cobertura del suelo, textura, grado de compactación y la pendiente de los terrenos son favorables para el desprendimiento y transporte de las partículas de suelo. Tanto la erosión eólica, como la hídrica dan inicio al proceso de degradación física, cuando los suelos no están con cubierta vegetal, protegidos ante todo de estas dos fuerzas climáticas (Viento y precipitación). La erosión hídrica (salpicadura, laminar o surcos, cárcavas) inicia con el impacto de la gota de agua, procedente de las precipitaciones o de los sistemas de riego como: Riego por gravedad y aspersión. Estos son los más utilizados en los sistemas de producción extensivos en especial en los cultivos de caña, banano, cítricos entre otros.

Impacto de las gotas provoca la ruptura de los agregados inestables con liberación de partículas de suelo, que pueden ser desplazadas hasta 1,5 metros de distancia.

En caso que los suelos se encuentren compacto, infiltración de agua en el perfil se disminuye, y da inicio a la formación de escorrentías que rastran consigo todo el material superficial del suelo, es decir la capa superficial donde se encuentra concentrada la materia orgánica y parte del tenor de arcilla de los suelos.

Según Lal (1982), el surgimiento de daños causados por la erosión en áreas agrícolas y forestales es un síntoma palpable de que en estos suelos fueron empleados métodos de cultivo inadecuados para determinada área y su ecosistema. Es decir que las condiciones de estos suelos fueron alterados a tal grado que su capacidad de resiliencia se extralimita. No es la fuerza de la naturaleza y condiciones topográficas (relieve e intensidad de

lluvias) las hacen un suelo susceptible a los procesos erosivos, sino que son los métodos inapropiados de cultivo utilizados por el hombre, los responsables por la erosión y sus consecuencias destructoras.

La relación que existe entre la capacidad de retención de nutrientes de los suelos y su estado de erosión, es simplemente que tanto las condiciones físicas como las químicas están siendo alteradas en los suelos erosionados. Por lo tanto, suelos erosionados presentaran malas condiciones o capacidades de la retención de los nutrientes. Esto implica para los sistemas de producción un aumento en las dosis de fertilizantes que deberán de ser aplicados a los cultivos para lograr tener los rendimientos deseados.

**Puede tomar hasta 1 000 años para formar 2-3 cm de suelos.**

**Cada cinco segundos se erosiona una superficie de suelo equivalente a un campo de fútbol (FAO y GTIS, 2015).**

## MANEJO DEL SUELO EN EL BOSQUE TROPICAL SECO

En el manejo de los suelos tropicales se deben de tomar en cuenta dos grandes condiciones naturales:

- La relación entre el clima que predomina en las zonas: Trópico seco y Trópico húmedo. No se debe de olvidar que las condiciones climáticas reinantes en estas zonas son las principales del deterioro de la calidad de los suelos.
- La relación entre el origen sus suelos y condiciones físicas: Los suelos del Trópico deben de permanecer con cobertura superficial para soportar el impacto del clima, precipitación y velocidad de los vientos.
- En los suelos del Trópico se debe de evitar realizar el menor número de laboreos posibles durante la preparación del suelo, es decir evitar la remoción excesiva que induce a un aumento de la tasa de descomposición de la materia orgánica, perdiendo su efecto cementante de las partículas del suelo.

Debemos de imitar lo más posible las condiciones naturales de nuestros suelos que nos garantiza su sostenibilidad.

Los principales factores limitantes de la producción agrícola en suelos tropicales son: La deficiencia de oxígeno en el aire del suelo; La capacidad de retención e infiltración de agua y las condiciones físicas para el desarrollo radicular. Estas tres condiciones del suelo tienen un común denominador que es su sistema poroso.

La porosidad del suelo colapsa cuando por el mal uso de las maquinarias en el proceso de preparación de los suelos, se provoca la compactación de los horizontes, en especial en los suelos agrícolas de las zonas planas de la región del pacífico. En las zonas norte del corredor seco, el problema de compactación se deba al sobre pastoreo, este altera la cubierta vegetal que protege el suelo de la erosión, lo compacta. Tanto los cultivos como las plantaciones nuevas de bosques tendrán un desarrollo limitado bajo las condiciones de suelos compactados, el contenido de oxígeno del suelo será limitado por no realizar el intercambio de gases entre el aire contenido en el suelo y la superficie de este.

Así mismo, suelos bajo condiciones de compactación el proceso de infiltración de agua será también limitado, provocando la formación de agua de escorrentías que conllevan a la erosión hídrica.

**El sistema poroso del suelo**, es el resultado de la formación de grumos o agregados mayores de 0.5 mm estables al agua, por acción de la actividad de los organismos en el proceso de la descomposición de la materia orgánica. Como dice Primavesi **“Quien no cuida la biofísica del suelo difícilmente obtendrá lucro satisfactorio en el empleo de técnicas modernas en los sistemas de producción agrícolas”** (Primavesi, A. 1984)

En los suelos tropicales tanto de las zonas húmedas como secas se exigen, medidas para el mantenimiento de su Bioestructura, que garantizan la estabilidad física y química del suelo, que a su vez brindan las condiciones

de su productividad.

### Restauración de las condiciones físicas

La primera estrategia para la restauración de suelos degradados y su conservación es la mejora de las condiciones físicas, que eviten la pérdida de las partículas (Arcilla, limo) y materia orgánica, la formación de erosión laminar y surcos (formación de cárcavas). Los objetivos de estas técnicas de restauración y conservación son:

- Incrementar la resistencia del suelo a las fuerzas erosivas.
- Reducir el impacto de caída de las gotas de lluvia sobre el suelo.
- Reducir la fuerza erosiva de flujo de agua (volumen y velocidad)
- Aumento de la estabilidad y agregación del suelo (Bioestructura)

**La resistencia del suelo** a las fuerzas erosivas se incrementa mejorando la estructura y la estabilidad del suelo, a través de medidas como incorporación de materia orgánica (ricas en celulosa) o de otras sustancias químicas (cal, yeso). La aplicación de materia orgánica favorece la formación de agregados estables al agua, lo que a su forma macro porosidad y aumenta la infiltración de agua.

La existencia de agregados estables en superficie aumenta la resistencia del suelo frente a la erosión, ya que impide el arrastre de las partículas finas por el agua de escorrentía, y el volumen de ésta disminuye al incrementarse la permeabilidad edáfica.

**A su vez, el impacto de las gotas de lluvia** produce una menor liberación de partículas muy finas que pudieran ser posteriormente arrastradas. La materia orgánica es un componente importante de la calidad del suelo que determina muchas características como la mineralización de nutrientes, la estabilidad de los agregados, la capacidad de retención de agua y la diversidad biológica (Doran et al., 1998).

Reducción del impacto de caída de las gotas de lluvia, esta se reduce mediante el mantenimiento permanente de una cobertura que proteja la superficie del suelo (material vegetativo vivo o muertos). El suelo cubierto es mucho más húmedo en la capa superficial, lo que puede ser atribuido tanto a la menor evaporación como a la mayor infiltración. El efecto más importante de la cobertura vegetal es, la infiltración del agua, la protección

del suelo contra el impacto de gota de las lluvias y la temperatura del mismo. El suelo más húmedo permite una mejor estructura del suelo que no sufrió el impacto de gotas de las lluvias.

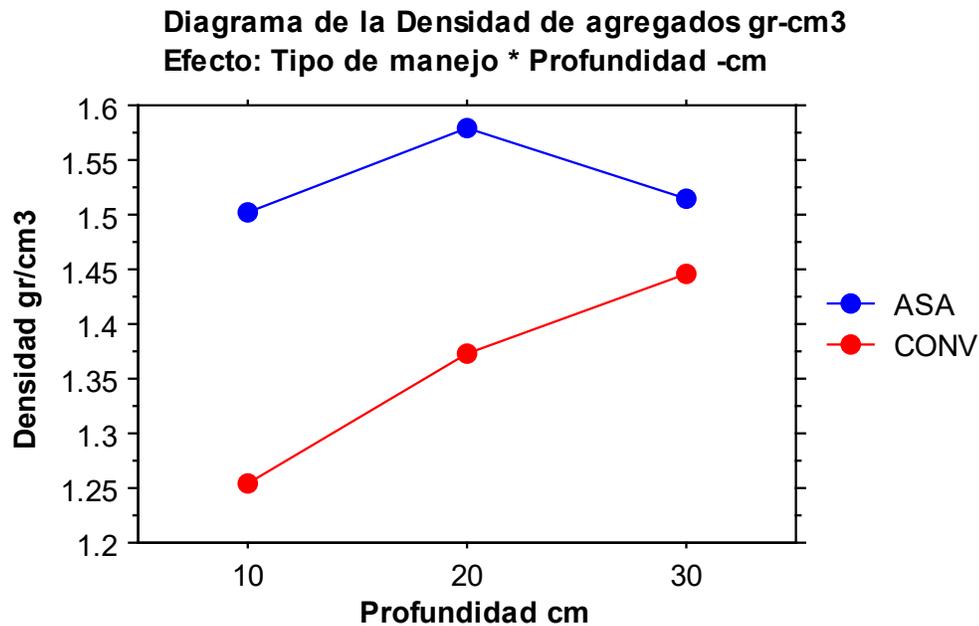
Existen otras formas de garantizar cobertura permanente al suelo, entre están:

- **Mulch o Mulching orgánico:** En este se incluye astillas o virutas de madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, hojas, mulch mixto y una gran variedad de otros productos generalmente derivados de plantas. El mulch orgánicos se descompone a diferentes ritmos dependiendo del material. Debido a que el proceso de descomposición mejora la calidad del suelo y su fertilidad, muchos arbolistas y otros profesionales de la arboricultura consideran benéfica esta característica, a pesar de que aumenta la necesidad de mantenimiento.
- **Espaciamiento menor en los cultivos** (Densidad de siembra).
- **El cultivo protector o secundario**, los cuales pueden ser desde malezas escogidas por su fácil manejo, hasta cultivos de rápido crecimiento, que su objetivo es proteger el suelo y dar las condiciones al cultivo principal. Ejemplo: Utilización del sorgo y abonos verdes (Leguminosas).

**La reducción de la fuerza erosiva del agua**, se realiza mediante la formación de terrazas a curvas a nivel, sumando a esto la permanencia de la cobertura. Existen muchas otras prácticas, tales como construcción de barreras, cultivo en contorno, tanto surcos, como franjas. Otras de obras de conservación física del suelo que mejoran su resistencia de los suelos son: curvas de nivel, terrazas, bordos, Curvas de desviación y retención de agua).

### **Aumento de la estabilidad y agregación del suelo (Bioestructura)**

La agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias, arena, limo y arcilla, se unen formando unidades secundarias, agregados, debido a la acción de fuerzas naturales (electroquímicas) y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes también de la actividad microbiana (Soil Science Society of America, 1997). Los agregados resultan ser las estructuras que confieren al medio edáfico su porosidad y permeabilidad en todo lo relacionado con el flujo de agua y aireación del suelo.



**Figura 15.** Resultados de la densidad de agregados (gr/cm<sup>3</sup>) bajo el efecto de los tratamientos (ASA y Convencional) en dependencia de la profundidad del suelo (CNRA, 2016-2017).

Estudios realizados en el marco del proyecto Agricultura Suelo y Agua (ASA) (CRS & UNAN-León 2016-2017) se evaluaron los efectos de la aplicación de cobertura vegetal sobre indicadores físicos del suelo, donde se comprobó que las aplicaciones de cobertura vegetal inducen a un aumento de la densidad de los agregados, lo que significa mayor estabilidad del suelo ante los agentes erosivos.

Efecto del manejo de suelo (ASA: Manejo de conservación de suelo y agua y Conv: manejo convencional) sobre la Densidad de Agregados se refleja en la figura 16. Los valores correspondientes al tratamiento ASA superan en gran medida a la densidad de agregados del tratamiento convencional. Esto indica que el proceso de agregación de las partículas está siendo influenciado por la presencia de la materia orgánica (Cobertura de sorgo), que durante el proceso de descomposición los

organismos del suelo segregan sustancia que ayudan a la unión de las partículas como por ejemplo el ácido poliúronico o jalea bacteriana. Este ácido orgánico es segregado principalmente por las bacterias citófagas (Celulolíticas) (Primavesi et al., 1984)

La agregación de las partículas en uniones más grandes, induce a un aumento del peso del agregado, lo que beneficia al suelo mismo dando mayor estabilidad frente a las acciones erosivas del viento y el agua. Es decir, los agregados formados bajo el sistema ASA están aportando a la estabilidad del suelo. Basándonos en el análisis estadístico, las densidades de agregado de ambos tratamientos se diferencian significativamente entre sí, lo que significa que la acción de la cobertura en el manejo ASA influye positivamente sobre esta variable.

**El desconocimiento de una cosa no es prueba de que esta no exista, el problema no es intentar descubrir la técnica mágica que valga para todos los suelos, cultivos, climas y variedades, sino regular los principios básicos de la nutrición vegetal (Primavesi, 1982).**

Aumento del contenido de materia orgánica en el suelo  
La materia orgánica ejerce una serie de acciones beneficiosas sobre el suelo que se pueden atribuir

principalmente a las propiedades coloidales de las sustancias húmicas. Así, en el aspecto físico, la materia orgánica favorece la agregación de las partículas del suelo, cuya estabilidad depende más de la calidad de

la materia orgánica que de su cantidad (Krull, 2011). Dado que la materia orgánica es la principal fuente de nitrógeno para el suelo, del contenido de esta depende la disponibilidad de nitrógeno (Gros & Domínguez, 1992), elemento esencial para todas las plantas y el primero en perderse cuando en los suelos disminuye el contenido de materia orgánica.

La importancia de la materia orgánica en el suelo del Trópico se debe principalmente a los efectos y cambios físicos, químicos y biológicos que ocasiona en el suelo:

- Almacena y suministra los nutrientes para las plantas (macro y micronutrientes, incrementa la capacidad de intercambio catiónico, la capacidad de intercambio aniónico y estabiliza la acidez del suelo).
- Estabiliza y mantiene las partículas del suelo en forma de agregados. Debido al efecto cementante de la materia orgánica sobre las partículas minerales del suelo, y su gran poder absorbente, se favorece la capacidad de retención de agua en el suelo, la resistencia al encostramiento y la porosidad
- Facilita el crecimiento de los cultivos mediante la mejora de la capacidad del suelo para almacenar agua. Mejora la dinámica del agua y del aire en el suelo mediante el incremento de la porosidad, la capacidad de retención de agua y la resistencia a la sequía.
- Aumenta la friabilidad del suelo que lo hace más fácil de trabajar y permite que las raíces de las plantas puedan penetrar mejor en el perfil y con menor gasto de energía.
- Es la fuente de carbono y energía para los microorganismos del suelo que reciclan los nutrientes.
- Reduce los efectos ambientales negativos de los agroquímicos, metales pesados y otros contaminantes (FAO 2005).

Existe muchas estrategias para el aumento de la materia orgánica en los suelos, pero lo más importante es retribuir al suelo la cantidad de biomasa producida (Cultivos, pastos) en forma de material vegetal, abonos orgánicos o abonos verdes. Esta acción garantiza el reciclaje de los nutrientes extraído por medio de las cosechas. La incorporación periódica de materia orgánica (restos vegetales, estiércol, abonos verdes, compost, etc.) al

suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas permite reducir los problemas de erosión, compactación y encostramiento.

Incrementar el contenido de la materia orgánica del suelo se debe mediante varias prácticas, tales como incorporación de rastrojos de algún cultivo, establecimiento de rotación de cultivo que consideren leguminosas, abonos verdes, cubiertas vegetales, fabricación y aplicación de compost, lombriabono, aplicación de estiércoles y desechos de material orgánicos de fábricas (Harina de hueso, desechos de cascaras de huevos, cenizas, cascarillas de arroz y café) entre otros:

- Incorporación de residuos de cosecha, poda o rastrojos: Pueden emplearse para hacer compost o como acolchado. Los restos vegetales jóvenes o frescos, tales como hojas, frutos y tubérculos, son ricos en nitrógeno y pobres en carbono; lo contrario ocurre con restos como troncos, ramas, tallos, aserrines
- Rotación de cultivos, incorporando cultivos extractores (Gramíneas, oleaginosos) como cultivos donadores de nutrientes (Leguminosas)
- Siembra diversificada para la producción de biomasa
- Elaboración de composta con diversos restos orgánicos en especial estiércoles que garanticen el suministro de los nutrientes.
- Restos urbanos. Aquellos restos orgánicos procedentes del sector doméstico, como las basuras orgánicas, los restos de cocina, de animales de mataderos, de mercados de productos agrícolas, etc.
- Estiércol animal. Se destaca el estiércol vacuno, si bien son de interés la gallinaza, la conejita, los purines y los estiércoles de caballo y de oveja.

Frecuentemente, el análisis de la materia orgánica permite el diagnóstico precoz de cambios progresivos en el ciclo biogeoquímico, que se traducen en la disponibilidad de nutrientes, la microestructura del suelo y, consecuentemente, en la estabilidad y producción primaria de los ecosistemas (Gros 1992).

### **Manejo y Conservación del agua del suelo.**

Una de las principales consecuencias que sufre el suelo con el cambio climático es la pérdida de su humedad. Si aumenta la temperatura del aire en la superficie de

un suelo desnudo, se aumenta la capacidad de ese aire para absorber humedad y esta humedad la toma del suelo que está cerca, lo que conduce a una mayor tasa de evaporación es decir de pérdida de agua del suelo, por lo tanto, a un mayor grado de sequedad.

Incrementar la capacidad de retención de agua del suelo debe de ser la **prioridad en todos los sistemas de producción** sea esta agrícola, forestal o ganadera, que se encuentran ubicados especialmente sobre el corredor seco del país. A mayor cantidad de agua retenida en el suelo y mayor tiempo de retención tenga, mayor será el tiempo que dispondrá de agua el cultivo pudiendo crecer entre lluvias, y menor será la probabilidad de sufrir estrés hídrico.

Uno de los paradigmas de la ciencia del suelo es que capacidad de retención de agua está positivamente relacionado con la materia orgánica del suelo (MOS). Por su naturaleza hidrófila y su influencia positiva en la estructura del suelo, formación de los agregados que aumenta la porosidad en el rango de tamaños de poro que retienen el agua disponible para las plantas, así como mejora la infiltración y la retención de agua en

toda la zona de raíces.

Adicionar materia orgánica a los suelos agrícolas no solo se incrementa la retención de agua en el suelo, si no que se reduce la frecuencia de irrigación para los cultivos por lo tanto se disminuye el consumo de agua y energía para riego. Un incremento del 3 % de contenido de materia orgánica puede resultar en la retención de aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup> en los primeros 50 cm de un suelo de textura franca, duplicando la capacidad de retención del agua (Huntington, 2007, 2014).

El manejo y conservación del agua en las zonas de laderas deben estar dirigidas a la retener la pérdida de la cobertura vegetal del suelo, es decir realizar obras de conservación que eviten el arrastre de las partículas de suelo, favorezcan la infiltración del agua y eviten la evaporación excesiva del agua del suelo.

Dentro de muchas alternativas de conservación están: labranza cero y labranza reducida, cultivos de cobertura, rotación, no quema y uso de mulch pueden incrementar la capacidad de retención de agua en el suelo y la reducción de pérdidas de suelo por escorrentía (Raudes & Sagastume, 2009).

## Referencias bibliográficas.

**Asociación de Municipios de Nicaragua (AMUNIC)** (2004). *Informe de las características del departamento de León*. Asociación de municipios de Nicaragua del departamento de León. Managua: AMUNIC.

**Bendaña, G.G.** (2013). *Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua*. Editorial ARDISA, Managua, Nicaragua. 288 pp.

**Castillo, X.** (2004). *Estudio de la pérdida de suelo por erosión hídrica, utilizando parcelas de escurrimiento en la parte alta de la cuenca Estero Real (Sauce-León), durante el período de invierno (junio-diciembre) del 2004*. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/934/1/198989.pdf>

**Castillo, X; Mendoza, K; Torres, R; Pentzke, E; Oviedo, C y Reyes, O.** (2013). Guía técnica sobre el estado actual y manejo de la fertilidad de los suelos agrícolas en el Occidente de Nicaragua. FUNICA, Managua. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANL4000> <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/4000>

**Castillo, X.** (2015). *Determination of the biological quality of the soils under the peanut production system with different years of use*. Soil Biology & Biochemistry 50: 1597-1599.

**Castillo, X.** (2022): Peanut monoculture-induced decline in fertility of Andosols in Nicaragua. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2022-08-23 | DOI: 10.1002/jpln.202200112. ISSN: 1436-8730. ISSN: 1522-2624.

**Catholic Relief Service (CRS)** (2017): Mapeo Digital de Suelo (MDS), Proyecto Agricultura Suelos y Agua (ASA). Catholic Relief Service. Managua, Nicaragua. <https://mapeo-digital-de-suelos-nicaragua-unanic.hub.arcgis.com/>

**Censo Nacional Agropecuario IV** (2011). *Superficie en mz de la tierra por tipo de aprovechamiento, según tamaño de las explotaciones agropecuarias*. p. 14. <https://www.inide.gob.ni/docs/Cenagro/INFIVCENAGRO/IVCENAGROINFORME/assets/common/downloads/Informe%20Final%20IV%20>

CENAGRO.pdf

**Centro Humboldt** (2016). Informe sobre la Crisis socio-ambiental de Nicaragua post sequía 2016. Crisis Socioambiental de Nicaragua 2016 | PDF | Los bosques | El niño (scribd.com)

**Doran, J.W., Elliott, E.T. & Paustian, K.** (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil & Tillage Research*. 49: 3 18. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00150-0](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00150-0)

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2012). Marco Estratégico Regional para la Gestión de Riesgos Climáticos en el Sector Agrícola del Corredor Seco Centroamericano. Alan González Figueroa, FAO. [https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13590441298720/marco\\_estrategico\\_corredor\\_seco.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13590441298720/marco_estrategico_corredor_seco.pdf)

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2014). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014*. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informe 106. ISSN 1020-430X. Roma, Italia. <https://openknowledge.fao.org/items/e2e9c837-ac5b-4db1-933f-3387fcac71fb>

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2015): Base referencial mundial del recurso suelo 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dea292cb-370d-46c7-a44d-59a617953c3b/content>

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2015). *AQUASTAT Informe. Perfil de país Nicaragua, versión 2015*. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3ec6a4fb4f5046feb5528b6a8875156a/content> <https://data.apps.fao.org/aquastat/?lang=en>

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2008). *Informe sobre el recurso mundial de suelo. Base referencial mundial del recurso suelo*. ISBN 978 92 5 305511 1 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dea292cb-370d-46c7-a44d-59a617953c3b/content>

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2008). Ganadería y deforestación.

Revistas políticas pecuarias Versión 03. Subdirección de Información Ganadera y de Análisis y Política del Sector Dirección de Producción y Sanidad Animal. Roma, Italia.

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo (GTIS)** (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo: Resumen Técnico*, Roma.

**Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2005) Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. *The importance of soil organic matter*. FAO Soils Bulletin 80 ISBN 92-5-105366-9 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d8b7252e-03c2-4116-8b6c-ebd5ca3c9662/content>

**Fassbender, H.W.** (1987). *Química del suelo con énfasis de América Latina, 2-Ed, San José Costa Rica*. 420p. Tercera reimpresión. ISBN 92-9039-025-5

**Fundación para el desarrollo tecnológico Agropecuario y Forestal (FUNICA), International Found of Agricultural Development (FIDA) y el Fondo de Asistencia Técnica (FAT)** (2012). *Proyecto de investigación: Estado de la fertilidad de los suelos del occidente de Nicaragua*. UNAN-león.

**Gros, A. & Domínguez, A.** (1992). *Abonos guía prácticas de la fertilización*. 8va. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 pp. <https://libreriaclio.com/products/abonosguiaipracticadefertilizacion>

**Hernández Sandoval, B., García, B., Garrish, V., Cherrington, E., Picado, F. & Sempris, E.** (2011). *Mapa Centroamericana de cobertura y uso de la tierra, cambios de cobertura y uso de la tierra 1980-1990-2000-2010*.

**Huntington, T.G.** (2007). Available water capacity and soils organic matter (Segunda Edición). <http://dx.doi.org/10.1081/E-ESS-120018496>. [https://www.researchgate.net/publication/258046417\\_Available\\_Water\\_Capacity-and-Soil-Organic-Matter](https://www.researchgate.net/publication/258046417_Available_Water_Capacity-and-Soil-Organic-Matter)

**Huntington, T.G** (2014). Suelo: Materia Orgánica y Capacidad de Agua Disponible Libro: Capacidad del paisaje y la tierra Edición 1ra edición, Publicado por primera vez 2020 Imprimir Prensa CRC Páginas 9, ISBN del libro electrónico 9780429445552

**Incer Barquero, J.** (1969). *Geografía de Nicaragua. Managua, Nicaragua*. Librería y Editorial Recalde, S.A.

- Incer Barquero, J.** (1973). Geografía Ilustrada de Nicaragua. Managua. Librería y editorial Recalde S.A.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)** (2006). *Caracterización geográfica del territorio nacional*. www.ineter.gob.ni
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y MAGFOR** (2015). Uso potencial de la tierra compendio de mapas.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)-DGOT**(2021). *Primer atlas nacional del suelo de la república de Nicaragua*. <https://www.ineter.gob.ni/mapa/pub/atlassuelo/1erAltasNacionaldeSuelos.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM)** (2004). *Diagnostico básico de las municipalidades. Larreynaga, Quezalguaque y Telica*. Managua: INIFOM.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)** (2013). *Estado, prioridades y necesidades para el manejo sostenible de suelos en Nicaragua*. [http://www.fao.org/fileadmin/user-upload/GSP/docs/Central\\_America-WS/Nicaragua.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user-upload/GSP/docs/Central_America-WS/Nicaragua.pdf)
- Jarquín Mejía, J.M.** (2012): *Análisis socioeconómico y ambiental de la ganadería en suelos degradados de San Francisco Libre, Nicaragua*. Revista académica de economía con el Número Internacional Normalizado de Publicaciones Seriadas ISSN 1696 8352. [https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ni/ganaderia\\_nicaragua.html](https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ni/ganaderia_nicaragua.html)
- Julca, A., Meneses, L., Sevillano, F.R.B. & Bello-Amez, S.** (2006). *La materia orgánica, importancia y experiencia de uso en la agricultura*. IDESIA (Chile). Vol. 24, No 1, pag. 49-61. Chile.
- Krull, E.S., Skjemstad, J.O. & Baldock, J.A.** (2011). *Functions of Soil Organic Matter and the Effect on Soil Properties*. Grains Research and Development Corporation (GRDC). CSIRO Land & Water PMB2 Glen Osmond SA 5064. <https://grdc.com.au/-data/assets/pdf-file/0012/212034/functions-of-soil-organic-matter-and-the-effect-on-soil-properties.pdf>
- LADO B** (2015). Alarmante degradación de tierras en Nicaragua. Disponible en: <https://www.ladobe.com.mx/2015/04/alarmanete-degradacion-de-tierras-en-nicaragua/>
- Lal, R.** (1982). Management of clay soils for erosion control. *Tropical Agric.*, 59(2), 133 - 138.
- López Falcón, R.** (2002). Degradación del suelo: causa, proceso, evolución e investigación. (2da edition) Venezuela: CIDIAT.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Departamento de suelo y Dasonomia** (1971). Levantameinto de suelos de la region pacifica de Nicaragua. *Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua (Vol. II. Parte III Gensis y Clasuficacion de los suelos de Nicaragua)*. (M. d. Comercio., Ed.) Managua, Nicaragua, Pacifico: MAG.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y Ministerio Agropecuario (MAG)** (2015). *Uso actual del suelo 2011, uso potencial del suelo 2010 y confrontación de usos Nicaragua*
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA)** (2018). Estrategia nacional neutralidad en la degradación de las tierras (NDT) hacia el 2030. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/nic205071.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA)** (2018). *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático en Nicaragua*. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/Tercera%20Comunicaci%C3%B3n%20Nicaragua.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria & Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)** (2018). Mapa de factores de fertilidad de los suelos de Nicaragua. <https://sitemaps.inta.gob.ni/intamapa/mapafertilidad.html>
- Morán, L.A.** (1998). *Informe sobre la situación organizativa y económica en los municipios de El Sauce*. Proyecto PROCHILEON/ IDR/ GTZ. León.: PROCHILEON.
- Primavesi, A.M. & Molina, J.S.** (1984). *Manejo Ecológico Del Suelo, la agricultura en regiones tropicales*. Edit. Ateneo. Brasil.
- Roberto López Falcón** (2002). Degradación del suelo: causa, proceso, evolución e investigación (2da edición), Venezuela: CIDIAT. <https://www.researchgate.net/publication/264311522>
- Raudes M; Sagastume N** (2009): Manual de

conservación de suelo. PROMIPAC / Zamorano. Honduras. <https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo3-Manual-Conservacion-de-Suelos.pdf>

**Soil Science Society of America** (1997). *Glossary of Soil Science Terms 1996*. Soil Science Society of America. Madison WI. 138 p. <https://www.fao.org/about/>

[meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/es/](https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/es/)

**Van der Zee, A., Arias, J., Meyrat, A., Poveda, C. & Picado, L.** (2012): *Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano*, (Países CA-4). FAO

# CAPITULO IV

## VEGETACIÓN DEL BOSQUE TROPICAL SECO NICARAGÜENSE

---

Iris Saldívar Gómez\*

El bosque tropical seco tiene una marcada temporalidad, la cual se rige por la disponibilidad de agua (Pandey y Singht, 2013; Dexter et al., 2018). Esta característica influyó su proceso de especiación, el cual se sitúa en el periodo Pleistoceno. El Pleistoceno es un evento geológico, marcado por las interglaciaciones, pero con periodos prolongados de sequía, presentando un escenario más adecuado para entender, el establecimiento de las agrupaciones de vegetación bajo estrés hídrico (Pennington, et al., 2000; Pennington et al., 2005).

América Central sitúa su diversificación de especies en el Pleistoceno. Aunque se registran taxones que corresponde a periodos anteriores y que influenciaron también la especiación en Suramérica y Centroamérica antes del cierre del istmo de Panamá. Esta hipótesis se estudio a través del estudio, de como ocurrió el proceso de especiación de los géneros *Ruprechtia* C.A. Mey. (Polygonaceae Juss.), *Robiniodes* (Leguminosae Juss.), *Chaetocalyx* DC., *Nissolia* Mill. (Fabaceae Lindl.) y *Loxopterygium* Hook. f. (Anacardiaceae R. Br.) (Pennington, et al., 2000; Pennington, et al., 2004).

En Nicaragua, el registro fósil más antiguo que existe, se encontró en los bancos de cal de San Rafael del Sur y corresponde a la especie *Prioria tufficola* Brown., (*Caesalpinaceae* R.Br.), donde San Rafael del Sur, está marcadamente conformado por bosque seco y bosque de galería. También, se reportan formaciones vegetales que se asentaron en el centro norte del país, algunas de las cuales representan bosque seco de altura y que albergan especies como el *Pinus* L. que proviene de eventos de especiación terciaria tardía (Graham, 2001).

El eoceno tardío, también aportó un grupo de plantas que están bien adaptadas a climas templados (Stevens, 2001) y determinó la especiación de algunos grupos de vegetación, que hoy son muy característicos para los bosques tropicales secos (Pennington, et al., 2000; Pennington, et al., 2005).

---

\* Investigadora adscrita al Centro de Formación y Capacitación Ambiental-CICFA-Nicaragua.



*Handroanthus chrysanthus* (fotografía © Milton Ubeda)

## Generalidades de dispersión y productividad del bosque tropical seco

Las especies del Bosque Tropical Seco (BTS), han desarrollado diferentes mecanismos para establecerse. Las semillas emergen en un periodo que coincide con las primeras lluvias, este es un periodo donde se cierra el dosel de los árboles y en la parte inferior aumentan y/o aparecen las hierbas en el suelo. Esto determina una competencia importante por la luz y las situaciones de producción de semillas en el bosque seco son marcadamente heterogéneas, en comparación con el bosque lluvioso (Khurana y Sighn, 2002).

A nivel de ecosistema, la biodiversidad del bosque seco, depende del dinamismo entre las especies que en el hábitan y los bancos de semilla a disposición. Los BTS presentan un importante recambio de especies, por lo que suelen presentar una alta diversidad  $\beta$ , la cual varía según la escala espacial (Balvanera et al., 2002). Esta diversidad  $\beta$ , también puede presentar importantes endemismos en el ecosistema de bosque seco (Govindarajulo, Hughes & Bayles, 2011). La composición de esta diversidad, está fuertemente influida por el tipo de dispersión de semilla que utilicen las plantas.

En diferentes estudios desarrollados en el bosque seco, se ha encontrado que más de la mitad de las especies son dispersadas por animales, por lo cual se les llama especies zoócoras (Suarez y Vargas, 2019). En bosques fragmentados, las especies zoócoras distribuyen semillas con mayor facilidad en los bordes de los parches de bosque, mientras que en la parte interna del bosque la dispersión suele ser anémocora y en menor cantidad autócora (Galindo, 2017; Suarez y Vargas, 2019).

El banco de semillas juega un papel muy importante en la dispersión de especies y en ecosistemas con limitadas precipitaciones, es mejor analizarlo a nivel de micro hábitat; Donde las acumulaciones de semillas en el micro hábitat pueden explicar hasta un 55% de la riqueza de especies y el 37% de la densidad de semillas en un área (Dos santos et al., 2013).

En el bosque tropical seco los procesos fenológicos de las especies están regidos por la estacionalidad, variación y duración de las precipitaciones. También, la concentración y almacenamiento de agua en los tallos (sujetos a la humedad, agua en el subsuelo y temperatura), algunos factores endógenos como la edad de las hojas, tamaño de las raíces del árbol y densidad

de la madera. En entornos naturales es frecuente que la vegetación se encuentre bajo algún tipo de estrés que comprometa sus patrones de crecimiento (Pandey y Singh, 2013).

Los aportes del bosque tropical seco a la producción de biomasa es un tema poco estudiado, debido a que la estimación está sujeta a diferentes aspectos como la formación de ensamblajes sucesionales de un bosque con otro, para realizar comparaciones, así como las intervenciones antrópicas y climáticas a las que un bosque estará expuesto, varían de un sitio a otro. Por otro lado, la selección de criterios a tomar en cuenta para cuantificar la fitomasa y los grupos de estudio, normalmente son plantas vasculares, pero no se meten en la cuantificación, por ejemplo; epifitas o cactus (Irizar et al., 1993). De ahí que las metodologías de estudio varían y dificultan poder hacer comparaciones generales. Sin embargo, en un estudio realizado en el 2021, sobre producción de biomasa de bosques latifoliados secundarios en diferentes ecosistemas, se encontró que el bosque seco mostró valores importantes de productividad, donde se reporta una producción de biomasa de 51 Mg ha<sup>-1</sup>, almacenada en árboles de  $\geq 20$  cm DAP (diámetro a la altura del pecho) (Oliveira et al., 2021). Esto puede ser un valor orientativo, que puede esbozar un punto de partida, sobre la productividad en biomasa de este ecosistema.

La riqueza de especies en bosque seco, desde el análisis de ecosistema general, es compleja de predecir, dado que metodologías y patrones ambientales y biológicos de un sitio a otro pueden variar, sin embargo. En el 2015, un estudio realizado en fragmentos de bosque seco mesoamericano, encontró valores de riqueza específica en rangos de 22 a 105 especies leñosas a nivel local, con una densidad promedio de individuos entre 13.5 a 50.6 con áreas basales de 0.16 a 0.52 m<sup>2</sup> por cada 100 m<sup>2</sup> (Hernández & García, 2015).

Muchos estudios suelen centrar los valores de riqueza y la productividad del suelo a la presencia y abundancia de plantas leñosas y en menor cantidad se toman en cuenta el sotobosque, de ahí que muchas especies queden sub-representadas.

Se ha documentado que las especies de vida corta y follaje arbóreo de raíces finas, así como, algunas herbáceas son muy importantes para la fijación de nutrientes y en algunos casos llegan a contribuir hasta en un 62% de materia seca que recubre el suelo, en comparación con especies de larga duración y con raíces y ramas más

gruesas, las cuales se han encontrado solo en un 38 % de la materia seca del suelo. Esto indica, que las especies efímeras juegan un papel relevante en la formación de nutrientes del bosque seco (Sighn & Sighn, 1993). Un claro ejemplo de este fenómeno es el reciente aprovechamiento de la especie *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray., para mejorar las cualidades de suelos agrícolas. Esta especie herbácea presente en bosques secos, posee un alto contenido de N, P, K, Ca y Mg (Partey et al., 2009).

**Géneros nativos de zonas áridas y semiáridas, endemismos presentes en el bosque seco nicaragüense y especies bajo presión ambiental**

La flora entre el noroeste de México hasta el noroeste de Costa Rica, presenta una vegetación distinta de otras formaciones de zonas secas que atraviesa hasta la zona caribe y hasta cierto punto, circunscrita a esta área. Esta flora se desarrolló en periodos del laurásico y el gondwánico y se especializó en hábitats áridos y semiáridos. Los géneros que la componen se consideran nativos (Stevens, 2001), en cuya demarcación territorial, también podemos encontrar áreas del bosque seco

nicaragüense. Entre estos géneros que estas formaciones de vegetación presentan, encontramos los siguientes géneros según la nomenclatura de la Flora Nicaragüense para el año 2001 (Tabla 1).

La mayor parte de endemismos ocurren como región mesoamericana y los endemismos en Nicaragua suelen ser registros dinámicos, ya que el aumento de muestreos y estudios de flora en la región va aumentando la distribución de algunas especies reportadas como endémicas y dejan de pertenecer exclusivamente a la flora nicaragüense (Stevens, 2001; González, 2019), por ejemplo, la especie *Bidens oerstediana* (Benth) Sherff. considerada endémica según Sherff (1925) y que actualmente se conocen registros dentro de la Flora de Costa Rica (Rodríguez, 2020).

En el caso del bosque seco nicaragüense encontramos algunas pocas especies endémicas reportadas dentro de su configuración territorial; como ejemplos: *Anisacanthus nicaraguensis* Durkee, *Jatropha stevensii* G.L. Webster (Steaven, 2001).

**Tabla 1.** Familias y Géneros cuya distribución se enmarca principalmente en zonas áridas y semi áridas. Fuente: Steven, 2001.

Familias	Géneros
<i>Apocynaceae</i> Juss.	<i>Cascabela</i> Raf.
<i>Asclepiadaceae</i> Borkh.	<i>Labidostelma</i> Schltr.
	<i>Polystemma</i> Decne
	<i>Prosthecidiscus</i> Donn. Sm.
<i>Asteraceae</i> Bercht. & J. Presl.	<i>Espejoa</i> DC.
<i>Bignoniaceae</i> Juss.	<i>Astianthus</i> D. Don
<i>Bixaceae</i> Kunth.	<i>Amoreuxia</i> D.C.
<i>Euphorbiaceae</i> Juss.	<i>Garcia</i> Vahl ex Rohr
	<i>Gymnanthes</i> Sw.
<i>Fabaceae</i> Lindl.	<i>Ramirezella</i> Rose.
<i>Julianiaceae</i> Hemsl.	<i>Amphipterygium</i> Schiede. ex Standl.
<i>Nyctaginaceae</i> Juss.	<i>Grajalesia</i> Miranda
<i>Phytolaccaceae</i> R.Br.	<i>Agdestis</i> D.C
	<i>Ledenbergia</i> Klotzsch ex Moq.,
	<i>Stegnosperma</i> Nakai
<i>Polygonaceae</i> Juss.	<i>Podopterus</i> Bonpl.
<i>Rafflesiaceae</i> Dumort.	<i>Bdallophytum</i> Eichler.
<i>Rubiaceae</i> Juss.	<i>Crusea</i> Cham. & Schtdl.
<i>Zygophyllaceae</i> R.Br.	<i>Guaiacum</i> L

Las especies *Acanthocereus tetragonus* (L.) Hummelinck, *Swietenia humilis* Zucc., *Cedrela odorata* L., *Parmentiera trunciflora* Standl. & L.O. Williams., *Guaiacum sanctum* L., *Pochota fendleri* (Seem) W.S. Alverson & M.C. Duarte son reportadas con algún grado de amenaza según CITES (2014) y UICN (2022). *Dalbergia retusa* Hemsl. por su parte, se encuentra en peligro crítico según CITES y UICN reportes CITES (2014) y UICN (2022).

## El agua en el bosque tropical seco

El agua es un elemento crucial para la vida de todos los seres vivos, y es el principal factor limitante en el bosque seco (Lamprecht, 1990; Bullock et al., 1995). Durante un largo proceso evolutivo, las plantas en el bosque seco tropical han logrado convivir con las fluctuaciones estacionales de la disponibilidad de agua que influye en la biología y ecología de las especies a diferentes niveles y escalas. El ciclo de vida de la mayoría de las plantas se ha ajustado a tales fluctuaciones y muchas especies incluso han logrado sincronizar sus actividades más importantes con la llegada de las precipitaciones, las cuales hacen disponible el agua de una forma abundante durante un período de tiempo. Las especies que conforman la vegetación de este ecosistema, se han adaptado para sobrevivir y desarrollarse para afrontar el déficit hídrico (Hernández, 1999; Adarve et al., 2010).

El importante rol del agua en la germinación y sobrevivencia de las plántulas que forman parte de la vegetación del bosque seco, cuyo establecimiento y posterior crecimiento está influenciado por la disponibilidad temporal de agua en el suelo. Esta disponibilidad en combinación con otros factores como la intensidad de la luz y la temperatura conforman un gradiente multidimensional que influye directamente en la fisiología de las plantas poniendo a prueba la sobrevivencia de las mismas.

El bosque tropical seco tiene una larga estación seca, de aproximadamente 4 a 8 meses, y el período lluvioso es impredecible (González-Rivas, 2005), la precipitación anual es aproximadamente de 700 a 1000 mm (Zambrana, 2010). En respuesta a las adversidades ambientales en el bosque tropical seco, la mayoría de las plantas detienen su crecimiento vegetativo, muchas especies de plantas botan las hojas, mientras otras florecen, maduran sus frutos y dispersan sus semillas (González-Rivas, 2005).

Varios ecosistemas convergen en el bosque seco para

conformar un mosaico de paisaje formado por el bosque caducifolio, caracterizado por la abscisión que sufren las hojas de la mayoría de los árboles; el bosque de galería, representado por una mayoría de árboles siempreverdes; y la sabana, cuya estructura está dominada por plantas herbáceas y pocos árboles dispersos. También, incluyen matorrales y bosques abiertos (Bellefontaine et al., 2000), en dependencia del estado sucesionales predominante en el paisaje, los cuales también forman parte del mosaico.

El bosque de galería tiene diferente composición de especies, estructura y densidad comparado con el bosque decíduo, la vegetación en su mayoría es siempreverde.

El área basal es mayor en el bosque de galería y la densidad de árboles es mayor en el bosque decíduo, esto puede estar relacionado con una mayor humedad del suelo en el bosque de galería, como un factor limitante del crecimiento de los árboles en las áreas secas (González-Rivas, 2005).

La disponibilidad de agua en el bosque de galería permite que los árboles y la vegetación que goza de ese beneficio tengan una naturaleza un tanto diferente a las del bosque caducifolio cuya vegetación tiene que lidiar con la escasez de agua. La competencia entre gremios y especies en el bosque de galería tiene fuerte influencia en la resultante composición, estructura y dinámica del mismo y lo diferencia del bosque caducifolio (González-Rivas, 2005).

El ecosistema de sabana nunca tiene un dosel continuo y está caracterizado por la presencia de plantas xerofíticas, plantas tolerantes al fuego y pastos (Bullock et al., 1995). Entre las sábanas, se caracteriza la sabana de jícara, extensas llanuras dominadas por pastos y árboles esparcidos de jícara sabanero (*Crescentia alata*). Estas tienen importancia en la reducción de la erosión de suelo y en proveer hábitat para fauna silvestre, pero son continuamente arrasadas por el fuego provocado por pobladores locales (Buitrago, 2013).

## Composición

El bosque tropical seco es mucho más modesto en términos de número de especies y composición florística en comparación con los bosques lluviosos o de altura (Zambrana, 2010; Castro-Marín, 2005). La riqueza de especies de árboles del bosque seco de Nicaragua es difícil de comparar con la de otros sitios

debido a una diferencia en el esfuerzo de muestreo y por las variaciones geográficas (Murphy & Lugo, 1995). Otros factores ambientales tales como el clima, el suelo y la topografía determinan la composición de bosque, incluyendo también la dinámica misma del bosque y la ecología de sus especies (Zambrana, 2010). Esas mismas diferencias a veces hacen difícil las comparaciones incluso a nivel de país. Por otra parte, la perturbación por acción humana exacerba las diferencias entre distintas zonas de bosque seco (Carrillo et al., 2007).

Sin embargo, es bien conocido que, según el número de especies, *Fabaceae* Lindl. es la familia de flora más representativa del bosque seco nicaragüense y centroamericano (Gillespie et al., 2000; González-Rivas, 2005; Zambrana, 2010; Obando y Oliva, 2011; Torres et al., 2012; Blanco, 2017; Bustillo, 2017). De hecho, en Nicaragua es la tercera familia más representada con 311 especies (279 reportadas y 32 esperadas), después de las familias *Orchidaceae* Juss. (601 especies) y *Poaceae* Rchb. (388), y antes de *Asteraceae* Bercht. & J. Presl. (262), utilizando el sistema de Arthur Cronquist (Stevens et al., 2001). Incluso se ha reportado que las especies pertenecientes a esta familia son parte importante en la composición de varios estadios sucesionales del bosque (Blanco, 2017). Aunque esto último no es regla general y depende de las particularidades locales, con el tiempo otras familias podrían incrementar su representatividad. Castro-Marín (2005) determinó un recambio de las familias dominantes en el bosque tropical seco del Refugio de Vida Silvestre Río Escalante – Chacocente, en el cual la familia *Fabaceae* dominaba en los parches de bosque de 4 años y la combinación *Fabaceae* – *Caesalpiniaceae* R.Br. y *Flacourtiaceae* Rich. ex. DC. fueron representativas en los parches de bosque de 9 y 14 años respectivamente. Esto se asocia a un aumento del número de especies con la edad como observaron Morales et al. (2012), el que consiguientemente conlleva también a reemplazo de especies.

El equilibrio dinámico de un bosque yace en las especies representativas de los gremios ecológicos heliófitas durables y esciófitas parciales, que incluyen, de manera general, especies de las familias *Meliaceae* Juss., *Bombacaceae* Kunth., *Moraceae* Gaudich., *Lauraceae* Juss., *Myrtaceae* Juss., *Rubiaceae* Juss. y *Sapindaceae* Juss. (Zambrana, 2010). Otras familias representadas en el bosque seco incluyen *Malvaceae* Juss. y *Mimosaceae* R.Br. (Tercero y Urrutia, 1994; Garmendia et al., 2008); *Boraginaceae* Juss. (Obando y Oliva, 2011); *Rutaceae* Juss. (Torres et al., 2012); *Caesalpiniaceae* R.Br.

(Garmendia et al., 2008).

En el bosque seco nicaragüense predominan entre otros las especies de árboles conocidas como guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.), guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), chilamate (*Ficus* sp.), genízaro (*Samanea saman* Jacq. Merr.), entre otros (Buitrago, 2013). El bosque seco secundario está representado por *Guazuma ulmifolia* en el Estero Padre Ramos (Garmendia et al., 2008), y es la tercera especie más abundante para el bosque seco de Rivas (Sánchez, 2005).

Algunas especies representativas del bosque caducifolio son económica y ecológicamente importantes, incluyendo entre otro pochote (*Pochota fendleri* (Seem) W.S. Alverson & M.C. Duarte), caoba (*Swietenia humilis* Zucc), cedro real (*Cedrela odorata* L.), guanacaste blanco (*Albizia niopoides* Spruce ex. Benth.), madero negro (*Gliricidia sepium* Kunth ex. Steud.) y ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) (Buitrago, 2013).

Otras especies de árboles representativos de bosque secos secundarios son *Chomelia spinosa* Jacq., *Genipa americana* L., *Lonchocarpus minimiflorus* Donn. Sm.; entre los arbustos *Combretum farinosum* Kunth., *Aphelandra scabra* (Vahl) Sm., *Ricinus communis* L., *Bonellia nervosa* (C. Presl.) B. Stahl & Kallersjo, *Lantana cámara* L., *Malvaviscus arboreus* Cav.; los bejucos *Lygodium venustum* Sw., *Smilax spinosa* Mill., *Cissus* L., *Amphilophium paniculatum* L. Kunth.; y las hierbas *Panicum trichoides* Sw., *Selaginella* P. Beauv., e *Ipomoea trifida* (Kunth) G. Donn. (Garmendia et al., 2012). Especies herbáceas abundantes en el bosque tropical seco también incluyen, *Ruellia inundata* Kunth., *Achyranthes aspera* L., *Amaranthus spinosus* L., *Rauvolfia tetraphylla* A.S. Rao, *Asclepias curassavica* Griseb, *Bidens pilosa* L., *Melanthera nivea* (L.) Small., *Melothria pendula* L., *Petiveria alliacea* L., y otros géneros como *Desmodium* Desv., *Mimosa* R.Br., *Cyperus* L., *Malachra* L., *Sida* L., *Paspalum* L., *Solanum* L., entre otros (Alemán et al., 2012).

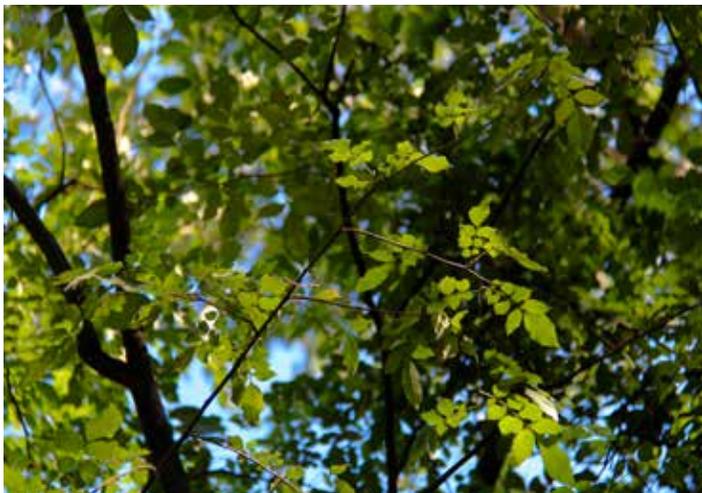
## Estructura

Los bosques tropicales secos son más pequeños en estatura, más bajos en biomasa y menos complejos desde el punto de vista florístico y estructural comparados con los bosques lluviosos (Murphy & Lugo, 1995), midiendo entre 15 y 20 m de altura (González-Rivas, 2005), 25 m (Buitrago, 2013) o 30 m (Zambrana, 2010). Con árboles que tienen fustes bajos y gruesos, de copas

anchas y planas con poco contacto entre sí (Zambrana, 2010).

Los árboles emergentes pertenecen principalmente a la familia de las Fabaceae (Hernández, 1999). La estructura (altura del dosel, biomasa total y productividad de los bosques tropicales secos puede estar influida por las

diferencias en la cantidad de lluvia, y de la duración de la estación lluviosa (Bullock et al., 1995). Otros factores regionales relacionados con el clima, la geografía, el suelo y la perturbación, promueven variaciones en el bosque seco y por lo tanto cierta complejidad, pese a la simplicidad de su estructura y composición (Monge, 1999).



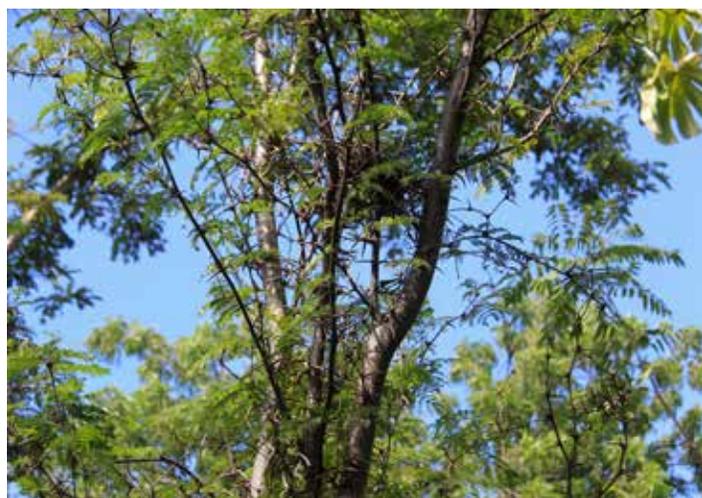
Quebracho (Fotografía M. Torrez).



Espavel (Fotografía E. Campos).



Jocote jobo (Fotografía E. Campos).



Cornizuelo (Fotografía M. Torrez).

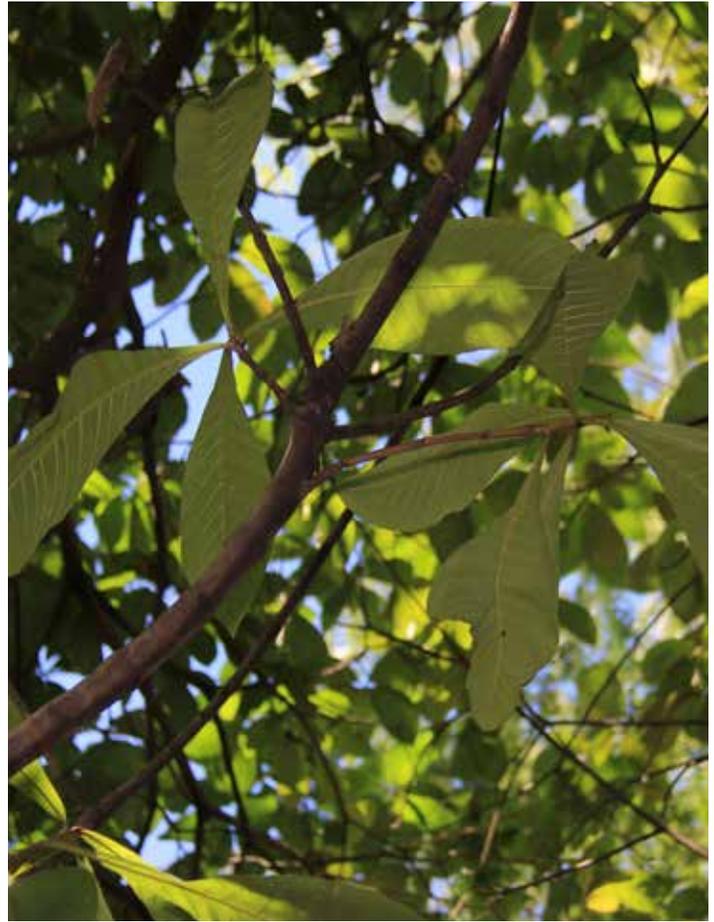
De una forma más particular, la vegetación del bosque tropical seco, en su mayoría, y en especial las zonas de bosque deciduo, tienen adaptaciones estructurales y morfológicas para lidiar con la carencia de agua. Los árboles (primer estrato) tienen cortezas más gruesas (adaptación contra el fuego), hojas 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 (Blandón y Ordeñana, 2012). Una buena parte de la biomasa está concentrada en las zonas subterráneas (Bullock et al., 1995; Zambrana, 2010). Con el objetivo de almacenar alimento y como medio de protección contra el ataque de depredadores, algunas plantas están provistas de látex (Hurtado, 2000).

La cobertura de hierbas en el suelo está directamente relacionada con el porcentaje de luminosidad que ingresa al sotobosque (Londoño & Torres, 2015), en donde se encuentran plantas espinosas y regeneración natural de las especies predominantes (Buitrago, 2013),



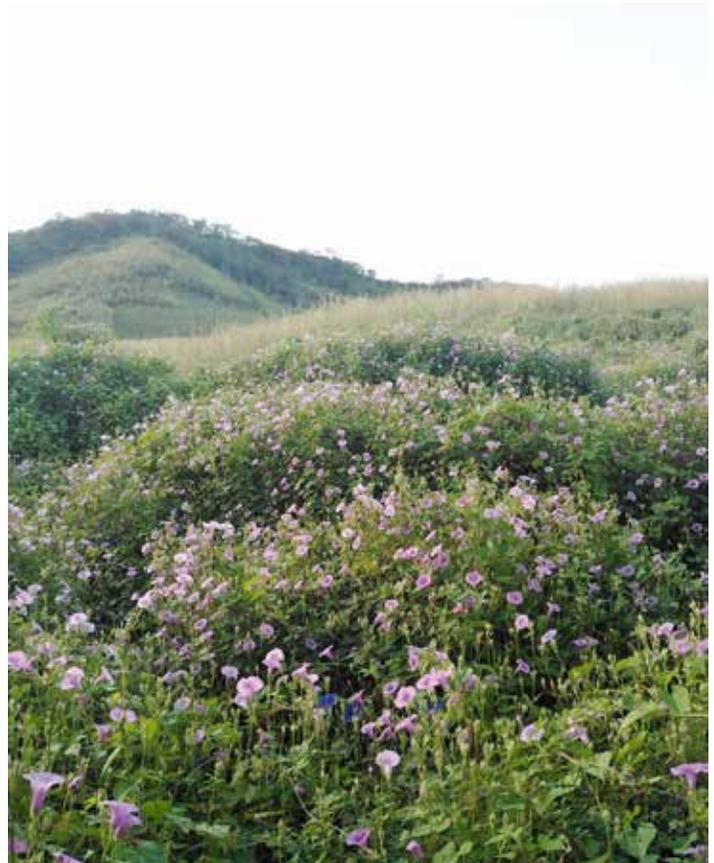
Ceiba (Fotografía I. Saldívar).



Jagua (Fotografía M. Torrez).



Melampodium sp. (Fotografía I. Saldívar).



Campo de Convolvulaceae (Fotografía I. Saldívar).

arbustos dispersos (siempreverdes o deciduos) y parches de plantas herbáceas (Lamprecht, 1990; Bellefontaine et al., 2000). El nivel de los arbustos tiene de 2 a 5 metros de altura, muy denso en los claros, a menudo de tallos múltiples y provistos de espinas. La apertura de un claro da inicio a una dinámica ecológica en el cual las especies compiten por ocupar varios perfiles, en el desarrollo de los estratos del bosque, conllevando a que el ecosistema recupere una estructura similar a la que fue dañada o destruida (Zambrana, 2010). La estructura del bosque es más compleja conforme avanza el estadio sucesional (Blanco, 2017).

En el bosque seco secundario los parches de bosques están conformado por mosaicos de diferentes tipos de formaciones vegetales, identificándose pequeños parches de cornizuelos (*Vachellia collinsii* (Saff.) Seigler & Ebinger); parches de árboles sumamente poblados por lianas, las cuales son mayormente especies de las familias *Convolvulaceae* Juss. y *Bignoniaceae* Juss.; áreas de claro en el que predominan especies como, *Ceratophytum* Pittier., *Byttneria aculeata* (Jacq.) Jacq., *Bignonia diversifolia* Kunth., *Ipomoea trifida* (Kunth) G. Donn., entre otras especies arbustivas mezcladas con bejucos y lianas (charrales) (Garmendia et al., 2012).

## Dinámica

La dinámica de los bosques tropicales secos está regulada por la estacionalidad y otros factores ambientales de influencia local. Las plantas tienen una tasa de crecimiento más lenta y episodios reproductivos restringidos, los que les hace muy susceptibles a la perturbación en comparación con los bosques lluviosos (Kalacska et al., 2004). En los estadios tempranos de la sucesión natural, la vegetación dominante consiste de pastos, hierbas y arbustos, con el tiempo los árboles pioneros restan luz a esos conglomerados vegetales; consecutivamente el dosel del bosque llega a estar dominado por árboles de larga vida y que demandan luz, posteriormente estos árboles serán reemplazados por otros de especies tolerantes a la sombra (Guariguata & Ostertag, 2001).

Vilchez-Alvarado et al. (2008), analizaron la dinámica de la regeneración en bosques secundarios tropicales y encontraron que, a través de los años, la densidad tendió a disminuir conforme aumentaba la edad de los sitios, mientras que en los sitios más jóvenes la densidad aumentaba, igual patrón fue determinado por Obando y Oliva (2011). Según Kalacska et al. (2004), el estadio

temprano se caracteriza por poseer muchos arbustos, árboles pequeños y presencia de suelos desnudos en áreas abiertas, esto puede explicar la diferencia que se obtuvo en la densidad de este estadio respecto a los otros, ya que la competencia por nutrientes, luz y espacio es un factor determinante para el ingreso de nuevos miembros (Louman et al., 2001). Siendo este estadio el más joven, la competencia de los individuos se da principalmente entre árboles pequeños. El estadio intermedio presentó el mayor porcentaje promedio de mortalidad, esto podría ser el resultado de la competencia entre especies pioneras y tardías; además de que algunas especies pioneras finalizan su ciclo de vida (Blanco, 2017).

En el bosque seco secundario el bosque está predominado por especies arbustivas, asociados con un poco efectivo reemplazo de especies de rápido crecimiento por especies de lento crecimiento (Noguera, 2016). Los factores que limitan el reclutamiento de una especie en particular pueden actuar en varias vías, no sólo en el número de semillas producidas sino también en el éxito que se tenga en la dispersión al llegar a un micro hábitat o sitio seguro que favorezca el establecimiento de la plántula (Fenner & Thompson, 2005).

Los valores de mortalidad suelen variar entre 4 y 5 % y los valores de reclutamiento entre 2 y 4 % (Castro-Marín, 2005; Obando y Oliva, 2011), los que pueden variar por influencia de diversos factores ambientales y por la historia natural de las mismas especies; así como, por la influencia humana (Obando & Oliva, 2011).

## La conversión de bosque primario a bosque secundario

El bosque tropical seco era un atractivo tanto para los pobladores en la época precolombina como para la época de la colonización y posterior. Un gran número de personas vivió en la zona de bosque seco mesoamericano en tiempos precolombinos (Barrance et al., 2009). Tales patrones no eran aleatorios, la gente durante la historia, ha buscado las bondades del bosque tropical seco. El clima en áreas subhúmedas es más favorable para los humanos y el ganado, en comparación con áreas calientes y húmedas de los trópicos húmedos (Murphy & Lugo, 1986). Lo que sugiere mejores condiciones para el rubro agropecuario. Por lo que se deduce que hay factores ecológicos, sociales políticos y económicos envueltos en el proceso de degradación del bosque para ser utilizados con propósitos agrícolas (Bullock et al., 1995).

Por otra parte, el bosque seco provee de productos maderables y no maderables (González-Rivas, 2005) y servicios ambientales. El bosque tropical seco nicaragüense ha sido ampliamente explotado, como otros de su mismo tipo en otros países, los que han proveído de bienes como leña, carbón y madera, para un mercado local o para la exportación, algunas especies incluyen, *Swietenia humilis* Zucc., *Cedrela odorata* L., *Guaiacum sanctum* L., *Pochota fendleri* (Seem) W.S. Alverson & M.C. Duarte, *Dalbergia retusa* Hemsl. (Roldán, 2001; Barrance *et al.*, 2009). De tal forma que el uso local o el comercio internacional han conducido a la transformación de la estructura del bosque o ha provocado la extinción de plantas de uso local (Bullock *et al.*, 1995). En términos de leña, por ejemplo, cerca del 88% de esta en la región del pacífico proviene del bosque seco secundario (Sabogal, 1992).

La tendencia de la gente de concentrarse en climas secos acelera la tasa de degradación del bosque seco (Murphy *et al.*, 1995). Casi el 50% de la población de Nicaragua vive alrededor del bosque tropical seco (González-Rivas, 2005). Existe una relación logarítmica entre la densidad poblacional y la proporción de tierra deforestada (Lugo *et al.*, 1981). Como resultado, hay una mayor densidad poblacional y, por lo tanto, en las regiones de bosque secos la presión por conversión es mayor (Bullock *et al.*, 1995).

El impacto individual de cada productor desencadena una ola de cambios radicales a un nivel de paisaje. Varias de las actividades que realizan los productores en sus propiedades podrían tener un impacto en la cobertura arbórea.

Actividades como la cortar de maleza (sea por medios químicos o manuales) conlleva la realización de raleo y selección de árboles en los potreros, afectando la abundancia y distribución de la cobertura arbórea presente y por lo tanto la composición, estructura y dinámica; por otra parte, la regeneración natural es afectada por el uso de químicos en el control de malezas y plagas, afectando directamente a insectos polinizadores y a la cadena alimenticia (Sánchez *et al.*, 2004).

Entre otras actividades y/o factores, la corta ilegal, la conversión del bosque a tierras agrícolas, el fuego y los ataques de insectos (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, 2004) han influido directamente en la reducción de la cobertura boscosa a lo largo de los años. Tiempo atrás, se tenía una concepción original que asume una existencia ilimitada de este

recurso forestal, pero el incremento poblacional y la demanda de mayores extensiones de tierra para suplir las necesidades alimenticias, bienes, entre otras, están teniendo un impacto negativo en especial por el cambio y desequilibrio de las funciones ecológicas naturales de esos ecosistemas boscosos, conduciendo a una gradual degradación del bosque tropical seco.

Los efectos de la degradación del bosque tropical seco en Nicaragua se proyectan a largo plazo (100 a 200 años y más), entre los que se incluyen una mayor frecuencia de incendios forestales no antrópicos, erosión genética, disminución en la captura de carbono por una reducción en la productividad primaria del bosque seco; y complementariamente una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por una reducción en la tasa de respiración, extinción de especies endémicas y de distribución restringidas, y colonización de especies invasoras (Noguera, 2016).

La conversión de los bosques es una de las causas más importantes de la reducción de la biodiversidad en los trópicos (Toledo, 1988). Cuando el bosque seco intacto se sustituye por linderos, zanjas, pastos y parcelas de bosques, la riqueza de las especies de fauna y flora se reduce en un 90 a 95% (Janzen, 1988). La quema frecuente afecta la composición de las especies naturales mediante la eliminación de algunas especies y favoreciendo a otras (Otterstrom y Schwartz, 2006), y altera el curso de la sucesión ecológica (Barrance *et al.*, 2009).

Actualmente, el desarrollo de bosques secundarios a partir de tierras abandonadas es el mayor recurso de bosque de la región del pacífico (Brown & Lugo, 1990; Sabogal, 1992). Estas tierras abandonadas han sido rápidamente colonizadas por plantas en una sucesión secundaria, la cual depende de la intensidad del uso de la tierra previo al abandono (Guariguata & Ostertag, 2001).

A consecuencia de lo antes mencionado, el bosque tropical seco se ha ido desarrollando y estructurando en un mosaico de diferentes estadios sucesionales tempranos que dependen en esencia, no solamente del grado de deterioro (como se mencionó anteriormente), sino de la edad de abandono y de otros factores ambientales asociados, dando origen a una vegetación con una composición muy distinta a la que existía previamente, pero trayendo de nuevo consigo (parcialmente), las bondades que eran características de los bosques primarios. Estos bosques

han llamado actualmente atención por su importancia socioeconómica y ecológica, su rápido crecimiento y por la presión actual sobre los remanentes del bosque primario (Finegan, 1996).

## Recuperación del bosque

La recuperación del bosque tropical seco yace en esos terrenos agrícolas abandonados que mediante un proceso de sucesión natural puede permitir el desarrollo de tales ecosistemas. Con el tiempo estas áreas serán recolonizadas por vegetación con una composición florística que básicamente depende, en principio, de la composición del banco de semillas en el suelo, el cual se enriquecerá en el tiempo. La composición y densidad de las especies en el banco de semillas del suelo varían significativamente con el incremento de la edad de abandono (González-Rivas, 2005); de hecho, en el bosque la densidad, área basal y diversidad presentan un cambio importante después del estadio temprano (Blanco, 2017).

Desde las plantas herbáceas, pasando por los arbustos, los árboles pequeños y los árboles de mayor tamaño, la sustitución de gremios y comunicados vegetales dará origen a un bosque nuevo. El bosque secundario, como parte de esa serie de sucesión, es muy dinámico y esto es notorio porque la distribución del número de individuos por clases diamétricas adquiere la forma de una J invertida, o sea que la abundancia de individuos de clases diamétricas pequeñas es muy grande, decreciendo a medida que aumentan los rangos de las clases. Varios estudios han reportado esta característica en el bosque seco (González-Rivas, 2005; Garmendia et al., 2008; Zambrana, 2010; Obando y Oliva, 2011; Blanco, 2017; Bustillo, 2017).

Lo anterior se traduce en una mayor cantidad de individuos jóvenes listos para entrar a una edad de reclutamiento.

Sin embargo, la dinámica de la regeneración natural en el bosque seco incluye un proceso muy complejo que

depende de factores ambientales como la distribución de la lluvia, la topografía, el suelo y las condiciones de luz; también, la viabilidad y dormancia de las semillas, la depredación y el herbivorismo (Khurana & Singh, 2001). Adicionalmente, los patrones de regeneración del bosque después de una perturbación natural o antropogénica, están también determinados por la interacción entre el régimen de perturbación (intensidad, frecuencia y escala) y la biología de las especies (historia natural y comportamiento) (Kennard et al., 2002).

La demografía de las plántulas es afectada también por factores bióticos como la herbivoría, la infección de hongos y la competencia interespecífica (Nagamatsu et al., 2002). La futura estructura y composición del bosque será el resultado del actual patrón de reclutamiento, los cuales son dirigidos por diferentes factores como características específicas del ciclo de vida, temperatura, perturbación a microescala, asimismo, la cobertura del dosel y profundidad de las capas de hojas (Gerhardt, 1996).

La densidad poblacional para el reclutamiento es baja y los patrones generales de regeneración son agrupados para algunas especies típicas del bosque seco estudiadas en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante – Chacocente por González-Rivas (2005), lo que sugiere que la regeneración natural por sí sola no es suficiente para la recuperación de dichas especies. De esta forma, una restauración activa es preferida, definiendo como un tipo de facilitación para apoyar los procesos naturales (González-Rivas (2005).

Para acelerar la recuperación de los bosques secundarios en las áreas abandonadas el banco de semillas del suelo necesita ser suplementado por establecimiento directo de semillas, plantaciones de enriquecimiento, y la facilitación artificial de la dispersión de semillas (González-Rivas, 2005) y/o la manipulación del lugar para propiciar el crecimiento de poblaciones de especies amenazadas (Castro-Marín, 2005).

## Referencias bibliográficas.

- Adarve, J.B., Torres, A.M., Home, J., Vargas, J.A., Rivera, K., Duque, O.L., Cárdenas, M., Londoño, V. & González, A.M.** (2010). Estructura y riqueza florística del Parque Natural Regional el Vínculo–Buga, Colombia. *Cespedesia*. 32(90/91), 23-38.
- Alemán, F., Quezada, J.B. y Garmendia, M.** (2012). *Flora Ruderal y Arvense del Pacífico y Centro de Nicaragua (Vol. 1)*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Balvanera, P., Lott, E., Segura, G., Siebe, C. & Islas, A.** (2002). Patterns of b-diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*, 13(2):145-158.
- Barrance, A., Schreckenber, K. y Gordon, J.** (2009). *Conservación Mediante el Uso: Lecciones Aprendidas en el Bosque Seco Tropical Mesoamericano*. Overseas Development Institute.
- Bellefontaine, A., Gasto, A. & Petrucci, Y.** (2000). Management of natural forests of dry tropical zones. FAO, *Conservation Guide*, 32.
- Blanco, B.** (2017). *Dinámica Poblacional en una Cronosecuencia de Bosque Seco Tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica* (Tesis de pregrado). Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Blandón, S. y Ordeñana, Y.** (2012). *Caracterización de las Especies Arbóreas Presentes en el Bosque Seco Tropical en el Norte de Nicaragua del Paisaje Terrestres Miraflor-Moropotente. (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM-Estelí. Estelí, Nicaragua.
- Brown, S. & Lugo, A.** (1990). *Tropical secondary forest*. *Journal of Tropical Ecology*. 6, 1-32.
- Buitrago, F.** (Ed.) (2013). Áreas Protegidas de Nicaragua. Primer Tomo: Región del Pacífico. Cooperación Alemana/FUNDENIC SOS.
- Bullock, S.H. & Solís, J.A.** (1990). Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. *Biotropica*. 22, 22-35.
- Bullock, S.H., Mooney, H.A. & Medina, E.** (Eds.) (1995). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press.
- Bustillo, I.** (2017). *Composición, Estructura y Dinámica de las Especies Arbóreas del Bosque de Galería de la Reserva Hídrica Forestal, Río Malacatoya, 2015-2016 (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Carrillo, M., Rivera, O. & Sánchez, R.** (2007). Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas*. 29(86), 55-73.
- Castro-Marín, G.** (2005). *Stand Dynamics and Regeneration of Tropical Dry Forest in Nicaragua* (Doctoral Thesis). Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå, Sweden.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies amenazadas Flora y Fauna silvestre CITES** (2014). Listados actualizados de las especies de fauna y flora. [http://www.caftadrenvironment.org/spanish/outreach/publications/CITES%20Updated%20Fauna%20and%20Flora%20Species%20\(Spanish\).pdf](http://www.caftadrenvironment.org/spanish/outreach/publications/CITES%20Updated%20Fauna%20and%20Flora%20Species%20(Spanish).pdf)
- Dexter, K.G., Pennington, T., Oliveira, F.A., Bueno, M., Silva, D.M.P. & Neves, D.** (2018). Inserting tropical dry forest into discussion on biome transition in the tropics. *Frontiers in Ecology and Evolution*. (6):104 Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00104>
- Dos Santos, M.D., Da Silva, K.A., Albuquerque, P.U., Falcao, F.J.M.S., Lopes, R.C.G. & Araujo, E.G.** (2013). Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinale soil seed bank in a tropical dry forest in north eastern Brazil? *Flora*. 208(7): 445-452. Disponible en: DOI:10.1016/j.flora.2013.07.006
- Fenner, M. & Thompson, K.** (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Finegan, B.** (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of sucesion. *Tree*. 11, 119-124.
- Frankie, G.W., Baker, H. & Opler, P.** (1974).

- Comparative phonological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 62, 881-919.
- Galindo, F.R.** (2017). Dispersión y tolerancia a la desecación de las especies del bosque seco tropical de Colombia. Implicaciones para la restauración ecológica. Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Javeriana. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21154>
- Garmendia, M., Quezada, J.B., Armas, H. y Meneces, E.** (2008). Evaluación de la composición, diversidad, estructura e importancia de las especies arbóreas y palmas del bosque seco de la finca "Rosita", Reserva Natural Estero Padre Ramos, Chinandega, Nicaragua. *Revista Científica La Calera*. 11, 66-73.
- Garmendia, M., Guevara, J. y Cisneros, J.** (2012). Identificación de hábitats potenciales, efectivos y conectividad para la fauna silvestre, Nandaime, Nicaragua. *Revista Científica La Calera*. 12(19), 107-115.
- Graham, A.** (2001). Flora de Nicaragua; Geología y Paleo-botánica. Tropics. Botanical information system at the Missouri Botanical Garden. [www.tropicos.org/Project/FN](http://www.tropicos.org/Project/FN).
- Gerhardt, K.** (1996). Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. *Forest Ecology and Management*. 82, 33-48.
- Gillespie T.W., Grijalva, A. & Farris, C.** (2000). Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*. 147, 37-47.
- González-Rivas, B. (2005). Tree Species Diversity and Regeneration of Tropical Dry Forest in Nicaragua (Doctoral Thesis). Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå, Sweden.
- Guariguata, M.R. & Ostertag, R.** (2001). Neotropical secondary succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest ecology and management*. 148, 185-206.
- Guevara de Lampe, M., Bergeron, Y., McNeil, R. & Leduc, A.** (1992). Seasonal flowering and fruiting pattern in tropical semi-arid vegetation of northeastern Venezuela. *Biotropica*. 24, 64-76.
- Govindarajulo, R., Hughes, C.E. & Bayley, D.C.** (2011). Phylogenetic and genetic analyses of diploid *Leucaena* (Leguminosae; Mimosoidae) reveal cryptic species diversity and patterns of divergent allopatric speciation. *American Journal of Botanic*. 98(2):2049-2063. Disponible en: DOI: 10.3732/ajb.1100259
- Hernández, Z.** (1999). *Cronosecuencia del Bosque Seco Tropical en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Costa Rica* (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Holbrook, N. & Sinclair, T.** (1992). Water balance in the arborescent palm, Sabal palmetto. Transpiration and stem water storage. *Plant, Cell and Environment*. 15, 401-409.
- Hurtado, L.** (Eds.) (2000). *Biodiversidad en Nicaragua, Un Estudio de País*. Managua, Nicaragua.
- Irizar, A.M., Sarukahn, J., Jiménez, A.P., Rincón, E., Maass, J.M., Magallanes, A.S. & Cervantes, L.** (1992). Above ground phytomass of a tropical deciduous forest on the coast of Jalisco Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 8(1):87-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0266467400006131>
- Janzen, D.H. (1988). *Tropical Dry Forests: The Most Endangered Major Tropical Ecosystem*. In: Wilson, E.O. Ed. Biodiversity, 130-137. National Academy Press, Washington DC, the United States.
- Kalacska, M., Sánchez-Azofeifa, G.A., Calvo-Alvarado, J.C., Quezada, M., Rivard, B. & Janzen, D.H.** (2004). Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*. 200, 227-247.
- Kennard, D.K., Gould, K., Putz, F., Fredericksen, T. & Morales, F.** (2002). Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. *For. Ecol. Manage.* 162, 197-208.
- Khurana, E. & Singh, J.S.** (2001). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental conservation*. 28, 39-52.
- Kitajima, K. & Mulkey, S.** (1997). Seasonal leaf phenotypes in the canopy of a tropical dry forest: photosynthetic characteristics and associated traits. *Oecologia*, 109:490-498.
- Lamprecht, H.** (1990). *Silviculture in The Tropic*. GTZ.

Eschborn, Germany.

**Latkee, M.L.B. y Rangel, Ch.O.J.** (2015). Composición florística del bosque tropical seco del santuario “Los besotes” y fenología de especies arbóreas dominantes. *Colombia Forestal*. 18(1): 87-103. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939622007.pdf>

**Londoño Lemos, V. & Torres, A.M.** (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia Forestal*. 18(1), 71-85.

**Louman, B., Quirós, D. y Nilsson, M.** (2001). *Silvicultura de Bosques Latifoliados Tropicales con Énfasis en América Central*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

**Lugo, A.E., Schmidt, R. & Brown, S.** (1981). Tropical forest of the Caribbean. *Ambio*. 10: 318-324.

**Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales** (2004). *Estado del Ambiente en Nicaragua 2003*. II Informe GEO. Gobierno de Nicaragua. Managua, Nicaragua.

**Monge, A.** (1999). Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a través de parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Palo Verde, Bagaces, Guanacaste, Costa Rica (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

**Morales, M., Vilchez, B., Chazdon, R., Ortega, M., Ortiz, E. y Guevara, M.** (2012). Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana*. 9(23), 19-28.

**Murphy, P.G., Lugo, A.E., Murphy, A.J. & Nepstad, D.C.** (1995). The dry forest of Puerto Rico\_s South Coast. *Tropical Forests: Management and Ecology*. (112) 178-209.

**Murphy, P.G. & Lugo, A.E.** (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 17, 67-88.

**Nagamatsu, D., Kenji, S. & Akiko, S.** (2002). Seedling establishment of deciduous trees in various topographic positions. *Journal of Vegetation Science*. 13, 35:44.

**Noguera T., A.** (2016). Cambio climático y degradación del bosque seco. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/304213272>

**Obando, R. y Oliva, E.** (2011). *Estudio de la Dinámica Poblacional de Diez Especies Arbóreas en un Período 2006-2007 en el Bosque Seco Secundario en la Comarca La Chipopa, Nandaime, Granada* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

**Ortiz, R.** (1990). *Fenología de árboles en un bosque semideciduo tropical del estado del Cojedes*. *Acta Botánica Venezuelica*, 16(1): 93-116.

**Oliveira, F.A. & Jarenkov, J.A.** (2006). Floristic relationship of seasonally dry forest of eastern South America based on tree species distributions patterns. *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forest*. 159-192.

**Oliveira, M.S., Finegan, B., Casanoves, F., Delgado, D., Sepúlveda, N., Porrás, A.A., Chamorro, M.A., Morales, J.P.A. & Ngo Bieng, M.A.** (2021). Biomass of timber species in Central American secondary forests. Towards climate change mitigation through sustainable timber harvesting. *Forest Ecology and Management*. 496(7): 119-439.

**Pandey, S.K. & Singh, J.D.** (2014). Contrasting leaf phenology of woody species of dry tropical forest. *Official Journal of the Societa Botanica Italiana*. 148(4): 655-665.

**Partey, S.T., Quashie-Sam, S.J., Thevathasan, N.V. & Gordon, A.M.** (2010). Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforestry Systems*. 81(2): 123-134.

**Pennington, T.R., Prado, D.E. & Pendry, C.A.** (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*. 27(2): 261-273.

**Pennington, T.R., Lavin, M., Prado, E.D., Pendry, C.A., Pell, S.K. & Butterworth, C.A.** (2004). Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *The Royal Society Publishing*. 359(1443): 515-537.

**Rajanikanth, G., Hughes, C.E. & Bailey, C.D.** (2011). Phylogenetic and population genetic analyses of diploid *Leucaena* (Leguminosae; Mimosoideae) reveal cryptic species diversity and patterns of divergent allopatric speciation. *American Journal of Botany*. 98(12): 2049-

2063.

**Reich, P.B. & Borchert, R.** (1984). Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowland of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 72, 61-74.

**Roldan, H.** (2001). *Recursos Forestales y Cambios en el Uso de la Tierra, Republica de Nicaragua. Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América latina*. FAO & EC. Santiago, Chile.

**Sabogal, C.** (1992). Regeneration of tropical dry forest in Central America, with example from Nicaragua. *Journal of vegetation science*. 3, 407-416.

**Sánchez, D.** (2005). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua.

**Sánchez, D., López, M., Medina, A., Gómez, R., Harvey, C., Vílchez, S., Hernández, B., López, F., Joya, M., Sinclair, F. y Kunth, S.** (2004). Importancia ecológica y socioeconómica de la cobertura arbórea en un paisaje fragmentado del bosque seco de Belén, Rivas, Nicaragua. *Encuentro*. Managua, Nicaragua.

**Sobrado, M.** (1993). Trade-off between water transport efficiency and leaf life-span in a tropical dry forest. *Oecologia*. 96, 19-23.

**Singh, L. & Singh, J.S.** (1993). Importance of short lived components of a dry tropical forest for biomass production and nutrient cycle. *Journal of Vegetation Science*. 4(5): 681-686.

**Suarez, S.R y Vargas, R.O.** (2019). Composición florística y relaciones ecológicas de las especies de borde, parches y árboles aislados de un bosque seco tropical

en Colombia. Implicaciones para su restauración ecológica. *Caldasia, Caldasia*. 41(1):28-41.

**Stevens, W., Ulloa, C., Pool, A. & Montiel, O.** (Eds.) (2001). *Flora de Nicaragua. Tomo I, II y III*. Missouri Botanical Garden. U.S.A.

**Tercero, M.G. y Urrutia, G.S.** (1994). *Caracterización Florística y Estructura del Bosque de Galería en Chacocente, Carazo, Nicaragua (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

**Toledo, V.** (1988). La diversidad biológica de México. *Ciencia y desarrollo*. 8, 7-16.

**Torres, A., Adarve, J., Cárdenas, M., Vargas, J., Londoño, V., Rivera, K., Home, J., Duque, O. y González, A.** (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*. 13(2), 66-85.

**Unión internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN)** (2022). The IUCN Red List of Threatened Species 2016-3. (revisado el 20 de octubre 2022).

**Vílchez-Alvarado, B., Chazdon, R. y Milla, V.** (2008). Dinámica de la regeneración en cuatro bosques secundarios tropicales de la región Huetar Norte, Costa Rica: Su valor para la conservación o uso comercial. *Recursos Naturales y Ambiente*. 55, 118-128.

**Zambrana, M.** (2010). *Caracterización de la Flora y Estructura de un Bosque Transicional Húmedo a Seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. (Tesis de pregrado)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

# CAPITULO V

## MACROHONGOS PRESENTES EN EL BOSQUE SECO NICARAGÜENSE

Iris Saldívar Gómez\*

Los hongos pertenecen al reino Fungi, se alimentan de otros organismos o sustratos y no hacen fotosíntesis como en el caso de las plantas. Son organismos con una invaluable importancia en los ecosistemas, debido a su potencial para establecer relaciones de asociación y simbiosis con plantas vasculares; realizan el reciclaje de la materia orgánica, principalmente madera en descomposición (Egli, 2011; Piepenbring, 2012). Unas 3000 especies de hongos son descritas como comestibles y unas 60 utilizadas en la producción industrial de diferentes cosas, desde alimentos hasta fungicidas (Bolaños y Soto, 2011). El termino macrohongo se refiere a todos aquellos hongos que podemos ver a simple vista y sin la ayuda de una lupa, normalmente tienen las formas más variadas, desde la clásica sombrilla, hasta las formas más raras, tales como estrellas incrustadas en el suelo, orejas, ollas, falos, ramas, esponjas y costras.

Los hongos son un grupo taxonómico poco investigado en el trópico. Hasta el momento se conoce por debajo del 4% de las especies que los ecosistemas tropicales albergan (Piepenbring y Ruiz 2008). La riqueza de especies es un factor fundamental para conocer la biodiversidad (Piepenbring 2007). El conocimiento de la riqueza de especies incrementa continuamente y está lejos de alcanzar las estimaciones de riqueza

global conocidas hasta el momento para el reino fungi (Hawksworth y Rossman, 1997; Piepenbring, 2007). En el año 2002, Gregory Mueller y Roy Halling reportaron en un área de 0.1 ha, 200 especies nuevas de hongos, en un biotopo que tenía unas 25 especies de plantas vasculares y sólo dos angiospermas ectomicorrizas (Flores *et al.*, 2012).

En otro estudio, se identificaron 500 especies de hongos en un litro de materia orgánica proveniente de cinco especies de árboles en Panamá (Hawksworth y Rossman 1997). Estos son claros ejemplos del enorme potencial que tienen los trópicos en albergar nuevas especies para la ciencia y cuya biodiversidad apenas se conoce.

En Nicaragua los estudios sobre hongos han sido realizados a saltos y en diferentes épocas, la primera colección de hongos que menciona la literatura, data del año 1856 y fue llevada a cabo, por el botánico Charles Wright. Las colecciones de hongos generadas y los primeros Check list de algunos grupos, se encuentran en herbarios fuera del país tales como el Herbario Charles University en Praga o U.S. National Fungus Collection (Herbarium BPI) en USA (Delgado, 2011), algunas colecciones de Macrohongos y líquenes se albergaron en el Herbario Nacional de Nicaragua, IICN-UCA. Estas colecciones pertenecen

\* Investigadora adscrita al Centro de Formación y Capacitación Ambiental-CICFA-Nicaragua.

a Macrohongos del Caribe y Líquenes de la Nebliselva de la Reserva Natural Volcán Mombacho. Los listados contemporáneos publicados, pertenecen a grupos puntuales, así los checklist más recientes son de Líquenes 275 especies (Breuss, 2002) e Hyphomycetes con 194 especies (Delgado, 2011; Saldívar, 2017).

Una de las razones por las que los hongos han sido estudiados, es por sus relaciones de micorrizas dentro del ecosistema. Las micorrizas son órganos en los que ocurre un intercambio simbiótico entre un hongo y un árbol y ello es clásicamente observable en las formaciones de pino-encino (Egli y Brunner, 2011).

En los trópicos es más común que este tipo de relaciones se establezcan con árboles de la familia Fabaceae, Laureaceae, Mirtaceae y Rubiaceae normalmente estas establecen asociaciones endomicóticas con los hongos, es decir las hyphas penetran las raíces de los árboles. Estas micorrizas arbusculares pocas veces son diferenciadas sin ayuda de lupa (Piepenbring, 2012). Puede que a simple vista en un biotopo no miremos cuerpos fructíferos y ello no significa que no haya hongos presentes en el ecosistema, por ello también es importante observar la formación de micelios, tejidos endomicorrizos y ectomicorrizos, así como el roll de estos en el Biotopo (Gange et al., 2011). Estudios en los últimos años han llamado a los hongos el internet de la naturaleza, esto debido al enorme y compleja red de relaciones miceliarias que se establece en los bosques (Statments, 2005).

La familia Fabaceae es una de las familias más numerosas del bosque seco (Pennington et al., 2004) y por ello de especial interés en el establecimiento de relaciones endomicóticas, las que normalmente establece con hongos foliares, pero también se pueden observar con algunas especies del género *Xylaria*, tal como lo indican estudios del bosque seco de Caatinga (Marihno et al., 2015).

Lo que normalmente denominamos hongo es su aparato reproductivo y según la biología y las necesidades de la especie, este puede elegir fructificar o no. Algunas especies de Macrohongos, solo producen masas hyphales a lo largo de su ciclo de vida. La fructificación de los hongos está influenciada por las condiciones climáticas, donde la temperatura, precipitaciones y el micro hábitat determinan la aparición de los cuerpos fructíferos. Este fenómeno no ocurre todo el año, sino que tiene periodos bien delimitados según el ecosistema, así en la Siberia la temporada de hongos

abarca agosto a septiembre (Filippova, Mourgues y Philippe, 2014), en los bosques tropicales, esta ocurre de mediados de julio a mediados de octubre (Mata 2003). Las precipitaciones y la humedad son determinantes para el crecimiento, fructificación y esporulación de los hongos. Las clasificaciones de zonas de Holdridge para zonas bajas tropicales, coinciden con una mayor producción de hongos del grupo de los basidiomicetes (Halbwachs y Simmel, 2018).

Hace algunas décadas se pensaba que la riqueza de hongos en los bosques secos era inferior a la que ocurre en los bosques lluviosos o húmedos, sin embargo, todo parece ser una falsa apreciación, ligada a escasez de muestreos, estrategias de recopilación de datos de campo y de análisis espacio-temporal. La ausencia de cuerpos fructíferos en el bosque no necesariamente indica su ausencia en el ecosistema, ya que sus micorrizas pueden estar presentes y establecer relaciones importantes con los árboles del bosque (Palacio y Molano, 2014).

El tiempo en el cual un hongo será visible responde normalmente a la temperatura del medio y al contenido de agua de su cuerpo fructífero (Filippova, Mourgues y Philippe, 2014), de ahí que en zonas secas sea más común encontrar especies similares a orejas o costras quitinosas y lignificadas adheridas a la corteza de los árboles. Los hongos varían su forma, color, tamaño y ornamentaciones como mecanismos de protección y esta información se ha acumulado de forma evolutiva.

De ahí que la forma de los esporocarpos donde van encapsuladas las esporas tengan diferentes mecanismos de protección, desde cubiertas quitinosas contra la desecación, hasta cubiertas gelatinosas para incrementar la esporulación (Halbwachs, Simmer y Baessler, 2016). Algunas especies de esporocarpo corneo son del género *Ganoderma*, estas suelen presentarse en bosques deciduos, tales como *Ganoderma lipsiense* y *Ganoderma lucidum* (Tripathi y Gupta, 2015); *Amauroderma* es otro género recurrente en bosques deciduos (Hapuarachchi et al., 2018). Estos géneros han sido colectados en Nicaragua en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente, Valle, Menier-Nandaime, Reserva Natural Chocoyero - el Brujo y Hacienda Inglaterra Km 13 Carretera sur).

La información sobre Macrohongos en Nicaragua aún es muy incipiente como para poder inferir sobre especies que puedan ocurrir de manera exclusiva en los bosques secos, sin embargo, los listados levantados

en áreas de bosque seco del pacífico permiten ir estableciendo una tendencia de ocurrencia de especies ligadas a este ecosistema. Las especies aquí mencionadas se reportan en otros bosques tropicales secos secos también: *Humphreya* (Hapuarachchi et al., 2018), *Schizophyllum*, *Microporus*, *Poliporus* y *Phellinus*, las cuales son especies perennes (Swapna et al., 2008), con una gran tolerancia a las variaciones del régimen de lluvias. Otras especies colectadas en el pacífico nicaragüense son *Coprinus disseminatus* y *Trametes versicolor*; ambas especies son mencionadas en la literatura como cosmopolita (Mata et al., 2003).

En los trópicos la mayoría de los macrohongos se encuentran como grupos saprofitos en la hojarasca, son especímenes pequeños y delicados normalmente representados por (Agaricales-Basidiomicetes). Los bosques secos pueden tener suelos pobres en donde la capa de humus resulta poco atractiva para la fructificación de los hongos, sin embargo, en la hojarasca en donde se puede observar una importante fructificación de especímenes (Palacio y Molano, 2004).

En cuanto a estos grupos saprofitos que crecen sobre madera en descomposición destacan (*Xylarias* - Ascomicetas, *Himenochaetales* y algunos Basidiomicetes).

Los gasteromicetes, más que ser una clasificación sistemática para su estudio, son un grupo de hongos que destacan por las estrategias de dispersión de sus esporas y su morfología, entre ellos encontramos al grupo de los *Phallales*, quienes son muy hediondos y dispersan sus esporas con ayuda de insectos (moscas) (Piepenbring, 2012).

*Xylarias*, *Phallus* e *Hymenochaetes* los encontramos en la Reserva Natural Chocoyero-el brujo, en a Hacienda Inglaterra Carretera Sur, km 13. Ascomicetes e *Himenochaetes* son encontrados en los bosques secos nicaragüenses: Agaricales como (*Leucocoprinus birnbaumii*, *Leucocoprinus cespitosus*) y diferentes especies del género *Lepiota*, así como especies de *Marasmius*: *Marasmius aripoensis*, *Marasmius haematocephalus* y *Marasmius guadalupensis*, son encontrados en la hojarasca de los parchecitos de bosque

seco que aún quedan en el pacífico de Nicaragua. Estos géneros han sido colectados en Managua, Carazo, Nandaime.

Los mecanismos de dispersión de los hongos son variados. En los trópicos se pueden encontrar algunas relaciones interesantes (simbiosis, asociaciones y parasitismo) tales como las entabladas por especies del género *Cordiceps*, que infectan a ciertas hormigas mientras crecen en su tracto digestivo y conviven con ellas hasta llevarlas a la muerte y fructificar dentro de ellas.

Especies del género *Cordiceps*, aunque no son exclusivas de bosque seco, pueden encontrarse presentes. Otras especies de Hormigas como las *Atta* establecen relaciones de asociación con los hongos del género *Leucocoprinus*, estas establecen una especie de cultivo del hongo, el cual crece en su red micelial y a cambio les facilita a las hormigas antibióticos y nutrientes para la fermentación de las hojas que estas acarrear al nido. Este hongo solo tiene la necesidad de fructificar, cuando no tiene las facilidades que le proveen las hormigas *Atta* (Piepenbring, 2012). Los géneros *Leucocoprinus* son frecuentes en bosques semi seco como los presentes en la Reserva Natural Chocoyero el Brujo (Caldera et al, 2004), en el Crucero y a veces incluso fructifican en los patios de Managua, aunque no con frecuencia; las especies de hormigas *Atta*, son los denominados Zompopos o cortadores de hojas, que podemos observar en bosques secos y lluviosos.

La presencia de Macrohongos, también puede brindar otras informaciones importantes de aspectos ecológicos del bosque, como por ejemplo el género *Xylaria* normalmente se establece como una especie pionera en zonas en donde está ocurriendo o ha ocurrido una perturbación ecológica. Otras especies como *Auricularia judae*, se establecen en el bosque, cuando este ha tomado cierto grado de madurez y está en etapas avanzadas de la sucesión (Gange et al., 2011). Ambos géneros son recurrentes en los bosques secos presentes en las sierras de Managua, Refugio de vida silvestre Chacocente, partes bajas de la Reserva Chocoyero-el Brujo.

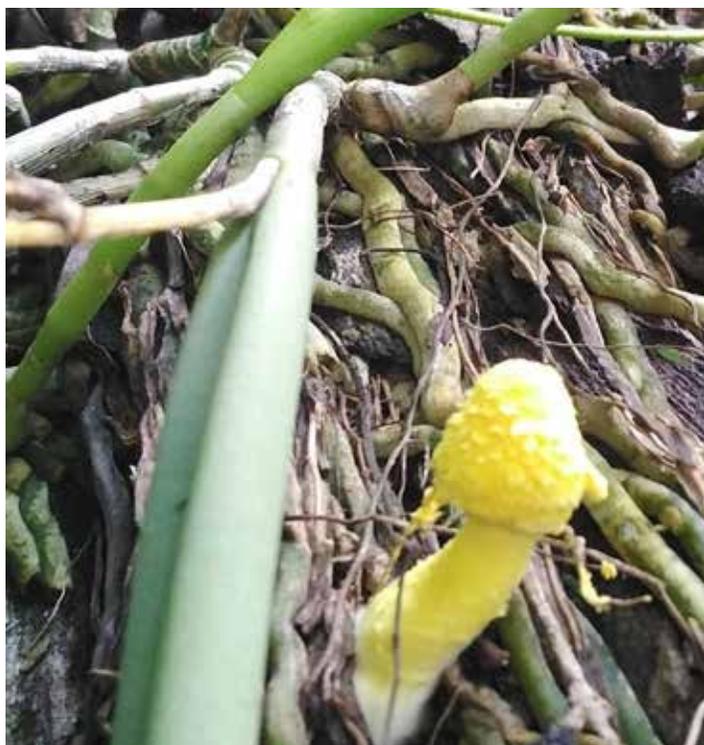
## Algunas especies de hongos observadas en el bosque seco nicaragüense



*Xylaria polymorpha* (Pers.) Grey (Fotografía M. Tórréz).



*Ganoderma orbiforme* (Fr) Ryvar den (Fotografía M. Tórréz).



*Leucocoprinus birnbaumii* (Corda) (Fotografía I. Saldivar).



*Leucocoprinus birnbaumii* (Corda) (Fotografía I. Saldivar).



*Marasmius haematocephalus* (Mont.) Fr. (Fotografía I. Saldivar).



*Cookeina tricoloma* (Mont.) Kuntze (Fotografía I. Saldivar).



*Trametes versicolor* (L.) Lloyd (Fotografía I. Saldivar).

El crecimiento de los hongos está en gran medida influido por el microhabitat, es por ello que en sitios en donde haya acumulación de madera en descomposición puede ser sitios atractivos para que se establezcan algunas especies de hongos, sobre todo si en estos sitios imperan entradas de luz tenue y suficiente humedad (Marzuki et al., 2017). Las comunidades de hongos también se establecen según el grado de alteración y o madurez en que se encuentre el ecosistema. Por ejemplo, géneros como *Collybia* y *Lepiota* suelen establecerse en capas del sustrato en donde se encuentra humus presente. Otras combinaciones de ejemplares que se establecen en el bosque como *Inocybe*, *Hebeloma* y *Scleroderma* suelen hacerlo como especies pioneras (Keysuki et al., 2005).

El bosque seco nicaragüense es un bosque que encontramos en forma de fragmentos dispersos, el estudio de la micoflora ayuda a entender las dinámicas que ocurren dentro del bosque donde en el neotrópico aún hay mucho que descubrir en términos de biodiversidad. El presente documento es tan solo un esbozo de la diversidad de algunas especies de hongos del pacífico de Nicaragua, en donde con mucha seguridad hay todavía mucho que descubrir y analizar. Este documento solo pretende orientar sobre algunas especies con las que nos podemos encontrar y de aquellos aspectos a considerar al analizar la presencia o ausencia de Macrohongos en un ecosistema de bosque tropical seco.

## Referencias bibliográficas.

- Breuss, O.** (2002). *Flechten aus Nicaragua*. Austrian Mycological Society 30:133-143.
- Bolaños, A.C. & Soto, E.M.** (2011) Macrohongos comestibles y medicinales comunes en la Universidad del Valle. *Revista de Ciencias Universidad del Valle* 86: 45-54.
- Delgado, G.** (2011) Nicaraguan fungi; a checklist of phycomycetes. *Mycotaxon*. 115: 534.
- Caldera, C., Orozco, T. y González, I.* (2003). Inventario de Especies del Orden Agaricales. Tesis Monográfica. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Caldera, C., Orozco, T. y González, I.** (2004). Listado de Especies de Macrohongos Hacienda Inglaterra, El-Crucero, Managua, Nicaragua.
- Dryflor,** (2016). *Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications*. *Science*. 353(6306): 1383-1387.
- Egli, S.** (2011). Mycorrhizal mushroom diversity and productivity: An indicator. *Annals for forest Science* 68: 81-88.
- Egli, S. & Brunner, I.* (2011). Mykorrhiza. *Eine faszinierende Lebens-gemeinschaft im Wald*. *Merkblatt für die Praxis*. 3:35.
- Flores, A.R., Comandini, O. & Rinaldi, A.C.** (2012) A preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge. *Mycosphere* 3:1-21.
- Filippova, N.V., Philippe, F. & Aurelien, M.** (2014). Notes on the phenology of fungi in ombrotrophic bog. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 9:1.
- Gange, A.C., Gange, E.G., Mohammad, A.B. & Boddie, L.** (2011). Host shift in fungi caused by climate change? *Fungal Ecology*. 4(2):184-190.
- González, I. y Orozco, T.** (2006). Listado de Macrohongos y Liqueños del refugio de Vida Silvestre Chacocente. Proyecto Expedición Bosque Seco-Flora y Fauna Internacional.
- González, I. y Orozco, T.** (2006). Listado de Macrohongos. Reserva privada silvestre Montibelli.
- Hawksworth, D.L. & Rossman, A.Y.** (1997) Where are all the undescribed Fungi? *Phytopathology* 87: 888-891.
- Halbwachs, H. & Simmel, J.** (2018). Some like it hot, some not e tropical and arctic mushrooms. *Fungal Biology Reviews*, 32(3):143-155.
- Halbwachs, H., Simmel, J. & Baessler, C.** (2016). Tales and mysteries of fungal fruiting: How morphological and physiological traits affect a pileate lifestyle. *Fungal Biology Reviews*. 30(2):36-61.
- Hapuarachchi, K.K., Karunarathna, S.C., De Silva,**

- K.H.W.L., Thawthon, A., Wu X.L., Kakumyan, P., Hyde, K.D. & When, T.C.** (2018). High diversity of Ganoderma and Amauroderma (Ganodermataceae, Polyporales) in Hainan Island, China. *Mycosphere*. 9(5):931-982.
- Keysuki, O., Yutaka, T., Toshizumi, M. & Takashi, Y.** (2005). Macrofungi flora on the Volcano Uso, Deforested by 2000 eruption. *Eurasian Journal of Forest Research*. 8(2):65-70.
- Marinho, F., Oehl, F., Ramalho, I.D., Coynne, D., da Nobrega, V.J.S. & Maia, L.C.** (2019). High diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural and anthropized sites of a Brazilian tropical dry forest (Caatinga). *Fungal Ecology*. 40: 82-91.
- Mata, M., Halling, R. & Muller, G.M.** (2003). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica Mushrooms. 1(2). Instituto de Biodiversidad (INBIO), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Mayawatie Marzuki, B., Nia Rossiana, N.** (2017). Diversity of macrofungi on Wood in forest nature reserve of bojnglarang jayanti cianjur west java. *Journal of Bacteriology & Mycology*. 4(1):25-28.
- Palacio, M., Gutierrez Y., Molano, A.F. & Posadas, R.C** (2014). New records (Basidiomycota) from Colombia from a tropical dry forest. *Actualidades Biológicas*. 37:102.
- Pegler, D.N.** (1983.) Agaric flora of the Lesser Antilles. *Kew Bulletin, Additional Series IX*. Her majestys Stationary Office, London. Pp.668-129 fig.
- Pennington, T.R., Lavin, M., Prado, E.D., Pendry, C.A., Pell, S.K. & Butterworth, C.A.** (2004). Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *The Royal Society Publishing*. 359(1443): 515-537.
- Piepenbring, M.** (2007). Inventory the Fungi of Panama. *Biodiversity and Conservation* 16: 73-84.
- Piepenbring, M. & Ruiz, B.A.** (2008). Diversity and ecology of fungi in the Golfo Dulce. *Stapfia*. 179-192.
- Piepenbring, M.** (2012). *Tropische Pilze. Fadenwesen in vielfältigen Nahrungsnischen. Biologie in unserer Zeit*. 42(5): 294-301.
- Saldívar, I.** (2007). Evaluación de la riqueza y composición de macrohongos en términos de distribución temporal en tres biotopos de la finca Santa Maura - Estación Biológica Juan Roberto Zarruck, reserva natural Datanlí El Diablo. *Encuentro*, 102:30-46.
- Stamets, P.** (2005). Mycelium running: how mushroom can help save the world. Pp. 344. Ten Speed Press, Crown Publishing Group, New York.
- Stamets, P.** (2010). "6 ways whats mushrooms can sabe the world. <https://www.youtube.com/watch?v=XI5frPV58tY>
- Swapna, S., Abrar, S. & Krischnappa, M.** (2008). Diversity of macrofungi in semi-evergreen and moist deciduous forest of Shimoga District Karnakata, India. *J Mycol Pl Pathol* 38(1):21-26. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/268358248\\_Diversity\\_of\\_Macrofungi\\_in\\_Semi\\_Evergreen\\_and\\_Moist\\_Deciduous\\_Forest\\_of\\_Shimoga\\_District-Karnataka\\_India](https://www.researchgate.net/publication/268358248_Diversity_of_Macrofungi_in_Semi_Evergreen_and_Moist_Deciduous_Forest_of_Shimoga_District-Karnataka_India)
- Tripathy, S.S. & Gupta, N.** (2015). A study on genus Ganoderma from deciduos forests of Odisha, India. *Bacteriology and Mycology*. 1(2):28-33.

# CAPITULO VI

## LOS MAMÍFEROS SILVESTRES DEL BOSQUE SECO DEL PACÍFICO NICARAGÜENSE

---

Arnulfo R. Medina-Fitoria †

### Resumen

Se describe la riqueza mastozoológica del bosque seco de Nicaragua, una ecorregión que por su geografía ha sido moldeada por procesos tectónicos y vulcanológicos, resultando en una variedad de formaciones naturales caracterizados por el bosque decíduo, la cadena volcánica y numerosos cuerpos de agua (costa oceánica, esteros, lagos, lagunas y ríos). Este paisaje de singularidad ecosistémica y sus bajos regímenes de lluvia han sido determinantes en los patrones de distribución, alimentación y reproducción de las especies de mamíferos, las que producto de una interesante historia evolutiva y de colonización ha dado cabida a 143 especies mastozoológicas silvestres en el Pacífico nicaragüense (70% de la riqueza nacional). Los grupos de mamíferos que presentan la mayor riqueza de especies son los murciélagos, con el 58 % del total (83 especies), y los roedores con el 17.5% (25 especies). El Pacífico sur, una zona influenciada por la humedad del Caribe y la costa lacustre, presenta una mayor riqueza que el occidente (la cual es más seca), un patrón que se explica básicamente por el incremento en las especies de murciélagos y carnívoros. Del total de especies, el 16% son exclusivos de la ecorregión del bosque seco centroamericano y 14 de las especies presentan problemas de conservación a nivel mundial o nacional. Se evidencia la extinción en el Pacífico del país de dos especies, el jaguar (*Panthera onca*) y el danto o tapir (*Tapirus bairdii*), y otras se encuentran en franco declive poblacional, como el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el cual ha desaparecido de la mayor parte de esta región. Aunque es menester la preservación efectiva de las áreas protegidas del Pacífico del país, la permanencia de los mamíferos dependerá en última instancia del manejo conjunto con los paisajes rurales fuera de las reservas.

---

† Fallecido durante la edición de este libro.



Vampiro común (*Desmodus rotundus*) fotografía © Milton Ubeda

## INTRODUCCIÓN

Históricamente el ecosistema de bosque seco cubría aproximadamente la cuarta parte del territorio nicaragüense, pero debido al cambio de uso de suelo, actualmente solo cubre el 3.4 % del país (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011). La mayor parte de esta cobertura, son parches dispersos de bosques deciduos y semideciduos distribuidos a lo largo de la vertiente del Pacífico, entre la costa marina y los grandes lagos (< 600 msnm), caracterizados básicamente de especies arbóreas caducifolias durante la estación seca (CCAD y PNUMA, 2005).

La biota que habita estos bosques es especial debido a que ha tenido que adaptarse a una limitante crucial para todos los seres vivos, como es la disponibilidad de agua (Lamprecht, 1990); por lo que, como respuesta a esta restricción, los animales y plantas han tenido que sincronizar sus actividades vitales con la llegada de las precipitaciones. En las plantas se incentivan procesos fenológicos como la floración y fructificación (Ceballos et al., 2010; González-Rivas, 2005), lo que a su vez estimula el ciclo reproductivo de una gran cantidad de animales. Por ejemplo, durante la época lluviosa se da la aparición masiva de insectos, entre ellos chocorroneos (Scarabaeidae), zompopos alados (Formicidae), papalotes (Noctuidae) y otros lepidópteros. Muchos insectos, como los ejemplos anteriores, pasan la estación seca en pupas o capullos, emergiendo como adultos a principio de la estación húmeda cuando los árboles tienen nuevos rebrotes foliares (Maes, 1998).

En los mamíferos neotropicales también es notable la sincronización del ciclo reproductivo con la disponibilidad de alimento (insectos, frutas y néctar) influenciado básicamente por la entrada de las lluvias, por ejemplo, los primates (Freese, 1983; Mittermeier et al., 1988) y murciélagos (Bonaccorso, 1979; Ceballos et al., 2010). Estudios recientes en el Pacífico nicaragüense demuestran cómo los murciélagos del Parque Nacional Masaya exhiben un periodo reproductivo estacional congruente con la estación lluviosa, siendo muy determinante el arreglo espacial de los hábitats que dispensan el alimento (Medina-Fitoria et al., 2020).

Sin embargo, debido a que el ecosistema de bosque seco ha sido alterado a gran escala a lo largo de toda su área de distribución, es probable que los servicios

ambientales básicos como la dispersión de semillas, polinización y control biológico ya hayan sido afectados a diferentes niveles (Dinerstein et al. 1995).

Por lo que es de esperarse que algunos procesos como la alimentación y/o reproducción estén siendo perturbados en algunas especies, lo que reduce la capacidad de algunos individuos para retomar un estado fisiológico óptimo ante las adversidades (naturales o antropogénicas). Lo anterior puede significar la reducción de muchas poblaciones hasta desaparecer localmente, lo cual al final marca los límites de sobrevivencia y permanencia de esa especie en el ecosistema (Ceballos et al., 2010).

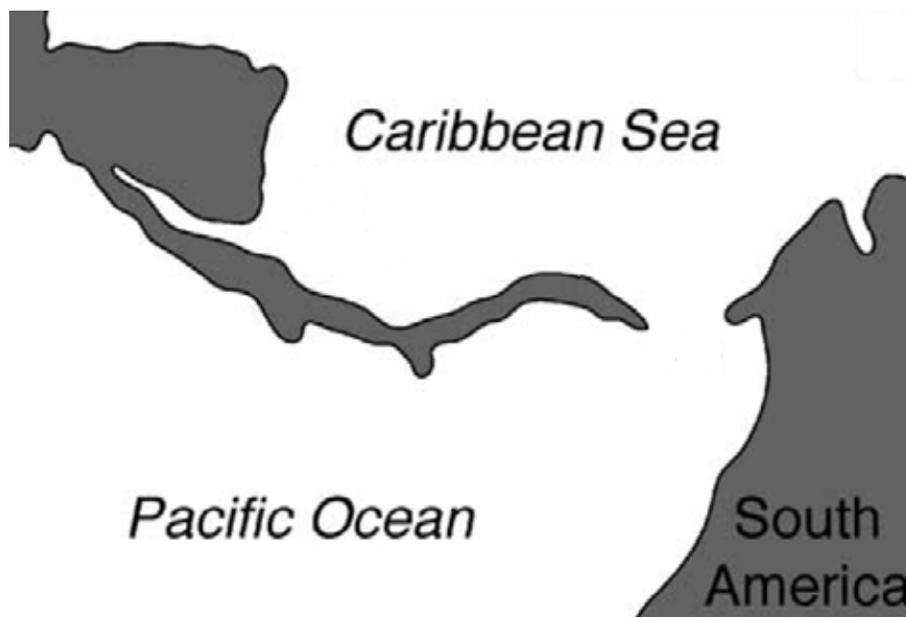
Para el bosque seco, la capacidad de adaptación de las especies ha definido su distribución dentro de la amplia gama de hábitats disponibles, siendo esto determinante en la configuración de su biota al definir las comunidades presentes. En los mamíferos, por ejemplo, la adaptabilidad de muchas especies a este ambiente los ha dotado de características diferenciadoras, produciendo un alto nivel de endemismo regional, representado principalmente por especies pequeñas y rangos de distribución limitados, como por ejemplo roedores y murciélagos (Ceballos et al., 2010). Según Ceballos et al. (2010), en México poco más del 30% de las especies de mamíferos endémicos se encuentra en las selvas secas, con al menos 32 especies restringidas a este ecosistema. Por su parte, Laval y Rodríguez-H (2002) reconocen la importancia de los remanentes de bosque seco centroamericano para la conservación de murciélagos, pues en él permanecen 92 especies, 15 de las cuales son endémicas de estos bosques.

En el Pacífico nicaragüense, un total de 143 especies de mamíferos de 31 familias han logrado sobrevivir a las presiones impuestas por este ecosistema y a la colonización humana (75.5% son murciélagos y roedores), de las cuales 23 son características a este ambiente. Debido a la alteración en toda su amplitud de este ecosistema a nivel nacional, del total de especies consideradas en este trabajo, el 10% presentan actualmente problemas de conservación ya sea a nivel mundial o nacional (IUCN, 2019; Medina-Fitoria et al., 2018a).

## Reseña histórica de los mamíferos del Pacífico nicaragüense

La paleontología de vertebrados sugiere que a comienzos del Mioceno, hace 23 Millones de años (Ma), el arco volcánico centroamericano era una península de Norte América que se extendía hasta Panamá

(Figura 1). Lo anterior indica que las primeras especies terrestres que llegaron a esta región vinieron del norte (Whitmore y Stewart, 1965; Kirby y MacFadden, 2005). Esto es respaldado por el único fósil de dinosaurio centroamericano de 95 Ma, un fémur ornitópodo encontrado en Honduras y de origen norteamericano (Horne, 1994).



**Figura 1.** Modelo de Centroamérica como península norteamericana (Whitmore y Stewart, 1965)

Los fósiles de mamíferos terrestres han sido muy relevantes para respaldar esta hipótesis, siendo muy importantes los del “Corte Gaillard” en la Formación Cucaracha de Panamá, que datan del Mioceno medio (16 Ma) y corresponden a diez especies de ocho familias mastozoológicas, y cuya localidad a pesar de estar relativamente cerca de América del Sur es de afinidad taxonómica completamente norteamericana (Kirby & MacFadden, 2005).

Esta fauna es particularmente importante porque indica que una comunidad diversa de mamíferos continentales ya se había establecido hasta Panamá en esta época (Whitmore y Stewart, 1965; MacFadden y Higgins, 2004).

Fósiles del Mioceno superior (hace unos 22 Ma) de mamíferos proboscidos como los *Gomphotherium* descendientes de Norteamérica, han sido descritos para Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica y los depósitos volcánicos de Nicaragua (Laurito y Valerio, 2005). Los antiguos carnívoros de América Central son también taxones de origen norteamericano, principalmente

gatos dientes de sable, perros, osos y mapaches, encontrándose en conjuntos de fósiles del Mioceno y Pleistoceno.

Para esta misma época también son adjudicados los primeros fósiles de artiodáctilos conocidos para la región, que incluye oreodontes, antracoteres, pecaríes, camellos, ciervos y bisontes, todos descendientes del norte (Olson y McGrew, 1941; Webb y Perrigo, 1984; MacFadden, 1986; Cisneros 2011; Lucas, 2014). De estas especies, quizás lo más interesante sean los registros nicaragüenses de bisonte (*Bison*), cuyos rastros descubiertos junto a huellas humanas en el sitio Acahualinca en Managua, pueden ser tan jóvenes como del año 2,100 de nuestra era (Lockley et al., 2007, 2008, 2009).

Para esta época, eventuales movimientos tectónicos y cambios climáticos que variaban los niveles del mar, también permitieron en el Mioceno la llegada de los primeros mamíferos suramericanos a través de islas o puentes estacionales (Pelegrin et al., 2018). Fósiles panameños del primate *Panamacebus* de 21

Ma, evidencian la llegada temprana de mamíferos neotropicales (Bloch et al., 2016; Marivaux et al., 2016).

Sin embargo, fue la formación del istmo de Panamá hace 3 a 5 Ma lo que facilitó un mayor flujo de fauna, aunque de manera escalonada. Las principales oleadas fueron la ocurrida hace 2.6-2.4 Ma en la cual llegaron armadillos y los antiguos xenartros o grandes perezosos (Pilosa); posteriormente llegarían los osos hormigueros (Myrmecophagidae) hace 1.8 Ma.; más tarde llegan las zarigüeyas (Didelphidae), hace 1 Ma a 800 mil años (Woodburne, 2010).

De esta manera, Centroamérica se convirtió en un puente para el intercambio biótico entre los subcontinentes, alterando para siempre la composición de su flora y fauna. Aunque algunas especies ya desaparecieron, otras se adaptaron a las nuevas condiciones ambientales de la región; gracias a ello, es posible encontrar especies de ambas latitudes en el Pacífico nicaragüense (Jones y Phillips, 1969; Pelegrin et al., 2018). Actualmente, más de la mitad de los mamíferos del país son de origen Neotropical, incluyendo los grupos descritos anteriormente por Woodburne (2010), además de los primates y un gran porcentaje de las especies de murciélagos.

En segundo lugar, hay un grupo significativo de especies pequeñas de origen Mesoamericano (sur de México y América Central), principalmente roedores. Según Jenkins y Giri (2008), existen 250 especies de mamíferos endémicas para los bosques secos de Centroamérica. Un último grupo importante incluye los mamíferos que tienen sus relaciones primarias en Norteamérica, como el puma, el mapache, el conejo de cola de algodón, el venado coliblanco, las ardillas y algunas especies insectívoras de murciélagos. Según Vrba (1992) estas especies preferían hábitats abiertos y continuos como las sabanas, las cuales eran coberturas muy comunes a través del istmo centroamericano, mientras que los ambientes forestales eran escasos y dispersos. A finales del Plioceno y principios del Pleistoceno, por lo menos 22 de los 31 géneros de mamíferos involucrados entre los dos continentes eran formas adaptadas a la sabana (Webb, 1978). Al parecer, estos ambientes dominaron hasta hace poco Centroamérica, y prueba de ello es la reciente llegada de los mamuts en el Pleistoceno tardío (1.5 Ma - 10,000 años antes de Cristo), dando fe de la presencia de praderas en la cordillera volcánica de la región (Cisneros, 2005; Lucas et al., 2008; Lucas y Alvarado, 2010).



**Figura 2.** Restos faunísticos identificados en el asentamiento prehispánico de Nejapa; se observa una mandíbula de chancho de monte y restos óseos de venado y armadillo.

Estudios arqueológicos recientes describen la convivencia de estos grupos prehispánicos con la fauna silvestre. Restos de un pequeño poblado Chorotega en la Laguna de Nejapa que vivió alrededor del año 890, permiten comprender algunos de estos aspectos (Lechado y Balladares, 2019).

Según estos autores se han reconocido en este asentamiento el uso de los cinco grupos de vertebrados del país: peces, reptiles, anfibios, aves y mamíferos; identificando cuatro especies autóctonas mastozoológicas de uso cinegético, venados (*Odocoileus virginianus*), saínos (*Pecari tajacu*), armadillos

(*Dasyus novemcinctus*) y conejos (*Sylvilagus floridanus*), (Figura 2).

Por su parte, el etnólogo estadounidense Daniel Brinton en su descripción lingüística basada en relatos recopilados en 1842 en Masaya y Granada, indicó la importancia de la especie de danto (*Tapirus bairdii*) para el pueblo Chorotega de las lagunas de Masaya y Apoyo antes de la conquista (Brinton, 1886).

Lo anterior es muy importante ya que es una especie actualmente extinta en la vertiente del Pacífico (Genoways y Timm, 2005; Jordan y Urquhart, 2013;

Medina-Fitoria *et al.*, 2018a).

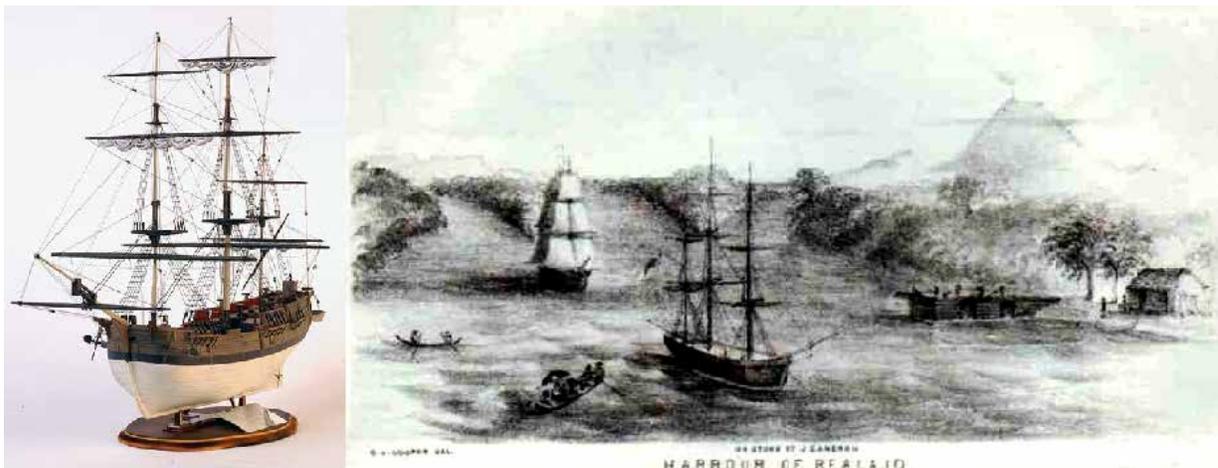
Sin embargo, aunque estas recopilaciones son muy significativas, son muy pocos los trabajos que conocemos de este tipo, debido a que mucho del conocimiento inscrito en códices que registraban la historia y rasgos de la cultura prehispánica fueron destruidos por los conquistadores europeos del siglo XV y XVI. No obstante, parte de la convivencia de estos grupos pudo ser registrada por cronistas en las “crónicas de indias”, a través de la comunicación oral y la interpretación de dibujos pictográficos plasmados en pieles de venado (Serra-Vázquez, 2015). Muy importante fue el cronista español Gonzalo F. de Oviedo, el cual registró entre 1527 y 1529 las especies de mamíferos que cazaban en esta región del Pacífico, entre ellos monos, pizotes, coyotes, venados, dantos, saínos, cusucos, guardatinajas, conejos, jabalí, pumas, jaguares y panteras (variedad melánica del jaguar). Al respecto, Oviedo escribió *“las panteras del volcán Mombacho hacen incursiones desde Jalteva, en las afueras de Granada hasta la laguna costera de Songozama (Ñocarime), cerca de la desembocadura del río Ochomogo, donde un español de apellido Avilés tenía crianza de cerdos que atrae a los felinos”* (Fernández de Oviedo y Valdéz, 1976; Incer, 1990).

Oviedo también hizo referencia a la presencia de biotopos con densa cobertura vegetal en esta región que utilizaban como cotos de caza, posiblemente en las sierras de Managua y algunos volcanes, donde los pobladores cazaban por la abundancia de presas (Incer, 1990). Vestigios de estos cazadores son petroglifos con representaciones de caza grabados en material volcánico a través de toda la región pacífica, como por ejemplo en los volcanes de la Isla de Ometepe (Figura 3), donde el arqueólogo Paul Healy excavó en 1960, descubriendo varias de estas especies con una antigüedad de hasta 2,000 años, incluyendo huesos de venados, armadillos y guatusas (Healy, 1980).

El descubrimiento en 1539 del “desaguadero de la mar dulce” en Río San Juan, que conecta el Pacífico y el Caribe, establece una ruta de tránsito que involucró diversas costas del Pacífico como sitios de tráfico, entre ellos los puertos de El Realejo en Chinandega y San Juan del Sur en Rivas. A través de esta nueva ruta entraron piratas, corsarios, exploradores y naturalistas, los que realizaron las primeras exploraciones biológicas, comenzando en las áreas próximas a los puertos marítimos y ciudades, hasta alcanzar los volcanes, ríos e islas (Martínez-Sánchez, 1990; Serra-Vázquez, 2015).



**Figura 3.** Isla de Ometepe, Hacienda Magdalena, escena de caza que describe a un cazador llevando en las manos dos animales. A la izquierda, una máscara formada por espirales, posible danza ceremonial de caza (Matilló, 1973).



**Figura 4 y 5.** Modelo del HMS Sulphur hecho por Craig Mitchell (Foto Brett Green, sitio web de HSGalleries). Puerto El Realejo con el volcán San Cristóbal al fondo, pintado por C. V. Cooper (sitio web Chinandega).

Eventualmente aparecieron los primeros informes científicos del país, y las primeras referencias mastozoológica surgieron gracias a la exploración mundial de 1836 a 1842 promovida por el Reino Unido y emprendida por el barco HMS Sulphur, al mando del capitán Edward Belcher y el médico-naturista Richard Brinsley, los cuales exploraron el pacífico americano. Y fue así que en abril de 1837 y febrero de 1838 el Sulphur incursionó el occidente de Nicaragua a través del Puerto El Realejo (Figuras 4 y 5), logrando explorar y coleccionar en las vecindades de León y el volcán Viejo de Chinandega o San Cristóbal (Belcher, 1843; Gray, 1844).

Esta exploración dio la primera referencia mastozoológica del bosque seco del país, la ardilla *Macroxus adolphi* (= *Sciurus variegatoides adolphi*), colectada en El Realejo en 1837 y publicada en París en 1842 en el *Nouveau Tableau du Regne Animal* (Alston, 1882). En 1844, Edward Gray del Museo Británico informó de tres nuevas especies de mamíferos producto de estas colectas, los murciélagos *Phyllostoma hastatum* (= *Vampyrum spectrum*) y el holotipo de *Monophyllus leachii* (= *Glossophaga leachii*); ambos de El Realejo. Una tercera especie reportada fue el mono araña *Brachyteles frontatus* (= *Ateles geoffroyi*), cuya colecta fue descrita por el médico del Sulphur Sr. Brinsley, “un mono con su cría de la especie *B. frontatus*, fue baleado por el Capitán Sir Edward Belcher, a orillas del puerto Culebra, León” (Gray, 1844). Esto es importante, ya que es una especie extinta en esta región. Más tarde, Goodwin (1946) también adjudicaría al Puerto de El Realejo en el Pacífico nicaragüense el holotipo del murciélago *Centurio senex* Gray, con base en la ruta de viaje del

H.M.S. Sulphur (Figura 6), ya que anteriormente había sido considerado únicamente como “centroamericano” y sin localidad precisa de colecta (Alston, 1882).

Unos años más tarde, entre 1849 y 1850 el arqueólogo norteamericano Ephraim G. Squier también visitó el occidente del país y escribió sobre los jaguares (*Panthera onca*) en el poblado de Quezalaguaque en León. Él menciona “*Los tigres abundan aquí, y a menudo causan graves daños en las haciendas ganaderas. La piel es bellamente manchada de irregulares rosetas negras; con el pecho y panza blanquecinos. Llegan a medir de 4 a 5 pies de largo, con mandíbulas potentes y una fuerza y agilidad superior a las de todo félido de su mismo peso*”. Además, menciona para esta zona la presencia de pumas, tigrillos y coyotes (Squier, 1989).

En estos años (1850-1851) también residió en el país el naturalista alemán Julius Froebel, el cual exploró la costa sur del lago Cocibolca y las laderas del volcán Mombacho, y describió algunas especies de mamíferos, entre ellas el mono congo (*Alouatta palliata*), el pizote (*Nasua narica*) y venados coliblanco (*O. virginianus*). Él además relata su encuentro con un tigre (*P. onca*) en el volcán Telica, León: “*bajé del caballo y en ese instante saltó de entre el monte un bulto grande doblando y quebrando las ramas, y pasó como un rayo frente a nosotros; luego todo quedó en calma. Un tigre respondieron, y esa fue la única vez que topé con una de esas fieras en América Central*” (Froebel, 1978). Estos informes son importantes porque reportan la presencia del jaguar en el occidente del país, hoy extinto en esta región.



**Figura 6.** Holotipo de *Centurio senex*, colectado durante la expedición mundial del HMS Sulphur de 1836-1842. Imagen Courtesy of BHL, American Museum of Natural History.

Más tarde en 1865 el inglés Frederick Boyle colectó para el museo británico algunos individuos de pizote (*N. narica*), el cual era considerado plaga de cultivos en el poblado de Diriomo.

Boyle (1968) escribió: “el pizote cuando es salvaje va en una tropa de 50 o 60, viviendo en los árboles, pero a veces desciende para bañarse, y por una causa que nunca pude descubrir, un individuo se separa de la tropa y se convierte en ermitaño, y así gana el nombre de pizote solo”.

Años después en 1882, el biólogo sueco Carl Bovallius de la Universidad de Upsala Suecia, también colectó en el Pacífico del país (Bovallius, 1977), entre ellos un oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), venados coliblanco (*O. virginianus*), conejos (*Sylvilagus floridanus*), armadillos (*Dasytus novemcinctus*), guatusas (*Dasyprocta punctata*), y las tres especies de monos nicaragüenses, el cariblanco (*Cebus imitator*), el mono araña (*A. geoffroyi*) y el congo (*A. palliata*) (Figura 7). De estos informes, cabe destacar el reporte de una población reproductiva de mono araña en la isla de Ometepe por el Sr. Bovallius, lo que constituye el único informe conocido de esta especie en estado silvestre para esta zona, por lo que actualmente se

considera extinta en esta isla (Medina-Fitoria, 2019).

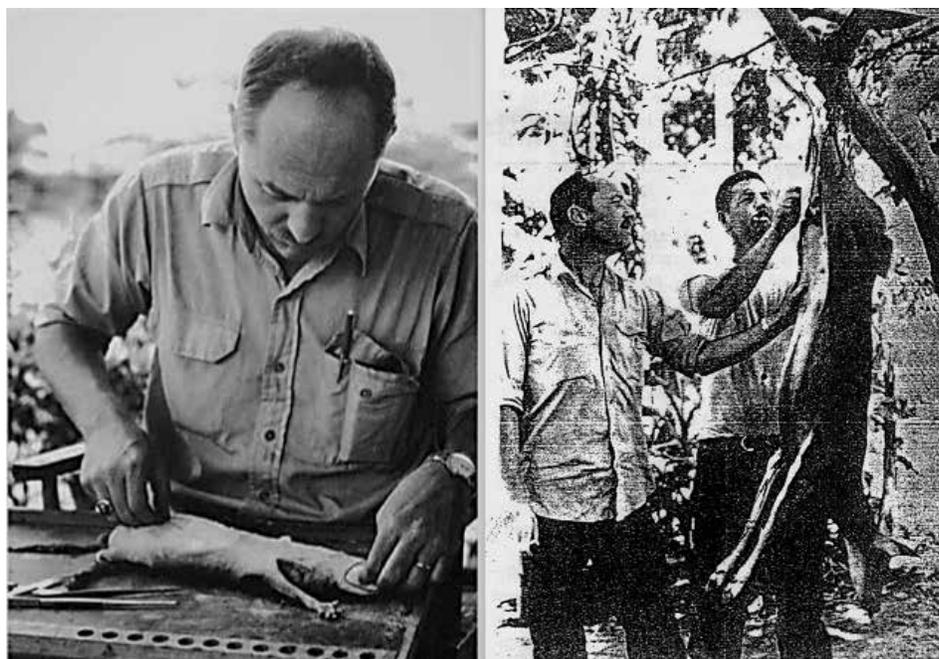
Muchos de estos primeros informes fueron compilados y publicados en 1882 por Edward R. Alston de la Sociedad Linneana en la obra *Zoología Americana*, la que incluyó un volumen titulado *Biología Centrali Americana* de Osbert Salvin y Frederick Godman, informando de 18 especies de mamíferos para el país (Alston, 1882). Una década después, el zoólogo inglés Olfeld Thomas del Museo Británico dio a conocer en Londres el género de murciélago *Lichonycteris*, producto de una colecta hecha en Managua en 1894 por el médico y naturista alemán Ernst Rothschild y cuyo holotipo fue referido como *Lichonycteris obscura* (Thomas, 1895).

En este contexto, también destacan los trascendentales aportes del colector estadounidense William B. Richardson, colaborador para la *Biología Centrali-Americana* al servicio de los señores Salvin y Godman, y cuyo apoyo lo estableció en Matagalpa desde 1891 hasta la muerte del Sr. Salvin en 1898.

Richardson se reestableció en este mismo lugar entre 1904 y 1908 esta vez con el apoyo del American Museum of Natural History (AMNH), logrando colectar más de 800 mamíferos en gran parte del país, incluyendo zonas de bosque seco como el volcán San Cristóbal,



**Figura 7.** Especimen de mono congo colectado por Carl Bovallius en 1882 en la Isla de Ometepe. Foto cortesía Museo de Upsala, Suecia.



**Figura 8.** Knox Jones Jr. en 1967 en Nicaragua preparando un espécimen de zari güeya (*Philander opossum*). Foto C. J. Phillips. Derecha: Jones Jr. y James Dale Smith desollando un venado coliblanco en la isla de Ometepe (Jones y Phillips, 1969).

el cual exploró en 1891 y 1907 (Martínez-Sánchez, 2004; Medina-Fitoria y Saldaña, 2014). El Zoólogo estadounidense Joel A. Allen del AMNH estudió esta colección y los resultados fueron publicados en dos valiosas obras sobre los mamíferos de Nicaragua, las cuales reportaron 82 especies (Allen, 1908; 1910).

No obstante, el mayor impulso mastozoológico en el país llegaría en los años 60 y 70 del siglo XX gracias a la investigación biomédica. Los altos costos económicos y bajas en la producción de carne bovina (uno de los rubros de exportación más importantes del país), enfocaron la investigación en los mamíferos silvestres, los cuales sospechaban transmitían enfermedades como

la fiebre amarilla, la rabia y leptospirosis. Ante esta situación el gobierno contactó a la Middle American Research Unit con base en Panamá para investigar al respecto, y fue así que en 1964 llegó a Nicaragua J. Knox Jones Jr. del Museo de Historia Natural de Kansas (Figura 8). Este investigador involucró a más de 50 investigadores en este proyecto, en el que colectaron unos 5,000 especímenes para los museos de Kansas, Washington y Nueva York, y que dio como resultado más de 50 nuevas especies para el país (Jones y Phillips, 1969; Medina-Fitoria y Saldaña, 2014).

La investigación de campo disminuyó a finales de los años 70 y la década de los 80 del siglo pasado debido a una guerra civil, la investigación mastozoológica retomaría nuevos impulsos a finales de los años 90. La declaración de un buen número de áreas protegidas, que dio por primera vez un estatus de Reserva a una serie de lagunas, volcanes, esteros y ríos del Pacífico del país (MARENA, 1999), promovió proyectos de investigación que hizo que la mastozoolología resurgiera por primera vez con investigadores y estudiantes nacionales interesados en los mamíferos, los cuales han realizado importantes publicaciones y han fortalecido una sólida base de datos; y más importante aún, se ha dado un crecimiento del interés público en su conservación.

### Diversidad mastozoológica del Pacífico de Nicaragua

Dos publicaciones nicaragüenses actualizan la riqueza de mamíferos del país después de los informes de Allen (1908, 1910). La primera fue realizada por el equipo de Fundación Cocibolca con el apoyo del Sr. Timothy McCarthy, curador del Museo Carnegie de Estados Unidos, enlistando 176 especies (Martínez-Sánchez et al., 2000). Un segundo listado sobre los mamíferos del país reportó 208 especies, de las cuales 193 fueron continentales (no marinas) y 125 de ellas son reportadas para la vertiente Pacífica (Medina-Fitoria y Saldaña, 2012).

No obstante, una reciente actualización del estado de conservación de las especies mastozoológicas del país reportó 203 especies de mamíferos continentales (Medina-Fitoria et al., 2018a). El 70% de estas especies, equivalente a 143 especies de 31 familias y nueve órdenes habita actualmente la región del Pacífico, en los departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Carazo, Granada y Rivas. Un total de 23 especies son típicas de los bosques secos.

El grupo más diverso es el orden Chiroptera (murciélagos) con 83 especies, seguido de Rodentia (ratones, ratas, ardillas, guatusa y puercoespín) con 25, Carnivora (cánidos, gatos, mofetas, comadrejas, mapaches y similares) con 16; ocho especies de Didelphimorphia (zarigüeyas), tres especies del orden Pilosa (osos hormigueros y perezosos) y tres de Primates (monos); con dos especies de Cingulata (armadillos) y dos de Artiodactyla (venados y saínos); y una especie de Lagomorpha (conejos).

El Pacífico sur presenta una mayor riqueza que el occidente, un patrón que sigue un gradiente latitudinal típico Neotropical (Ceballos et al., 2010), y que en Nicaragua se explica básicamente por un incremento en las especies de murciélagos y carnívoros. Las áreas de mayor riqueza se concentran al sur del istmo de Rivas, una zona influenciada por el lago Cocibolca y la humedad del Caribe (Río San Juan), de modo que allí se mezclan especies típicas del Pacífico seco con otras que son características de bosques más húmedos. Al respecto, es interesante saber si existe una zona de intergradación de especies de mamíferos en el Pacífico nicaragüense, tal y como lo sugieren Genoways y Timm (2019), lo cual según ellos podría implicar taxones no descritos.

Genoways y Timm (2019) al estudiar las diferentes subespecies nicaragüenses de la ardilla abigarrada (*Sciurus variegatoides*), recomiendan un mayor análisis de distribución de las subespecies *adolphei* (del Pacífico norte) y *dorsalis* (del Pacífico sur), principalmente en la zona intermedia que limitan sus zonas de distribución al noroeste del Lago de Managua.

Por otro lado, existe evidencia de la extinción o pérdida total de poblaciones reproductivas de al menos dos especies de los bosques secos del país, el jaguar (*P. onca*) el cual fue abundante hasta mitad del siglo XIX (Froebel, 1978; Squier, 1989); y el danto (*Tapirus bairdii*) cuyo último reporte en la región del Pacífico data de 1941 en el volcán Cosigüina, Chinandega (Genoways y Timm, 2005). No obstante, un número considerable de otras especies también ha desaparecido de la mayor parte del área de distribución de este ecosistema, por ejemplo, el mono araña (*A. geoffroyi*), cuyas únicas poblaciones de bosque seco se encuentran actualmente en Chinandega (volcán Cosigüina) y Rivas (San Juan del Sur); por lo que se considera extinto del resto del Pacífico (Medina-Fitoria, et al., 2018a; Medina-Fitoria, 2019).

**Tabla 1.** Especies de mamíferos de importancia para la conservación en el Pacífico de Nicaragua.

Especie	Nombre común	Status de Conservación			CITES
		Mundial	Nacional (2018)	Veda nacional	
		UICN (2019)			
<i>Alouatta palliata</i>	Mono congo / aullador			VI	
<i>Artibeus inopinatus</i>	Murciélago frutero	DD	PE		
<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	EN	PE	VI	
<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso trigarfiado				
<i>Cebus imitatur</i>	Mono cariblanco			VI	
<i>Choloepus hoffmanni</i>	Perezoso bigarfiado			VI	
<i>Conepatus leuconotus</i>	Mofeta bilistada		Vulnerable		
<i>Cuniculus paca</i>	Guardatinaja			VP	
<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuza			VP	
<i>Dasybus novemcinctus</i>	Armadillo / Cusuco			VP	
<i>Eira barbara</i>	Tayra / cabezadeviejo			VI	
<i>Eumops underwoodi</i>	Murciélago insectívoro		Vulnerable		
<i>Glyphonycteris sylvestris</i>			Vulnerable		
<i>Lamproncycteris brachyotis</i>	Murciélago insectívoro		PE		
<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote / tigrillo			VI	
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria	NT	Vulnerable	VI	
<i>Mormoops megalophylla</i>	Murciélago insectívoro		Vulnerable		
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja			VI	
<i>Nasua narica</i>	Pizote			VI	
<i>Natalus lanatus</i>	Murciélago insectívoro		Vulnerable		
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado coliblanco			VP	
<i>Orthogeomys matagalpae</i>	Taltuza			VI	
<i>Pecari tajacu</i>	Saíno			VP	
<i>Phylloderma stenops</i>			PE		
<i>Potos flavus</i>	Cuyúso			VI	
<i>Puma concolor</i>	Puma / León			VI	
<i>Puma yagouaroundi</i>	Leoncillo			VI	
<i>Reithrodontomys paradoxus</i>	Ratón de la meseta	DD	PE		
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero			VI	
<i>Trinycteris nicefori</i>	Murciélago insectívoro		Vulnerable		
<i>Uroderma magnirostrum</i>	Murciélago frutero		PE		
<i>Vampyrum spectrum</i>	Murciélago carnívoro	NT	Vulnerable		

Del total de especies del bosque seco nicaragüense, el 10% presenta problemas de conservación. A nivel mundial una está amenazada, el mono araña (*A. geoffroyi*) considerado en peligro (EN); dos están casi amenazadas (NT), el gran murciélago carnívoros (*Vampyrum spectrum*) y la nutria Neotropical (*Lontra longicauda*); y para dos de ellas no se tienen los datos suficientes para ser evaluadas (DD), el murciélago frutero (*Artibeus inopinatus*), endémico de los bosques secos del Pacífico norte centroamericano, y el ratón de la meseta (*Reithrodontomys paradoxus*), endémico del noroeste de Costa Rica y Pacífico sur de Nicaragua (IUCN, 2019). A nivel nacional 14 de las especies se encuentran en riesgo (Medina-Fitoria *et al.*, 2018a), seis de ellas en peligro crítico de extinción (PE), y ocho en estado vulnerable; además, un total de 19 de las especies están protegidas por el estado a través del reglamento de veda, de las cuales 14 presentan veda indefinida y cinco con veda parcial (MARENA, 2016) (Cuadro 1). A nivel mundial, nueve de las especies también están protegidas por el Convenio Internacional para el Tráfico de Especies Silvestres, CITES (CCAD, 2010); cinco en apéndice I (especies amenazadas a nivel global y su tráfico y comercio es estrictamente regulado), y cuatro en apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle su comercio) (Cuadro 1).

A continuación, se describen los diferentes órdenes de mamíferos que coexisten en el bosque seco de Nicaragua:

**Orden Didelphimorphia (zarigüeyas).** Ocho de las nueve especies nicaragüenses de este orden habitan el Pacífico. La mayoría presenta dietas amplias y utiliza una gran variedad de hábitats (*Didelphis*, Philander, *Caluromys* y *Marmosa mexicana*).

Sin embargo, para tres de ellas se presentan distribución restringida en el país; una se distribuye en el Pacífico norte (*Marmosa zedoni*), y dos se encuentran en el Pacífico sur, la zarigüeya café (*Metachirus nudicaudatus*) y la zarigüeya acuática (*Chironectes minimus*), esta última habitante de unos pocos humedales de San Juan del Sur y Cárdenas en el departamento de Rivas.

**Orden Pilosa (osos hormigueros).** Tres especies de este orden pueden habitar el Pacífico nicaragüense, una de ellas es un habitante relativamente común en los remanentes de bosque seco a lo largo de la vertiente Pacífica, el oso hormiguero (**Tamandua mexicana**); aunque ausente en áreas urbanas o muy deforestadas.

No obstante, aunque el resto de especies de este orden son características del bosque húmedo del Caribe, las dos especies de perezosos también pueden habitar el Pacífico sur (Reid, 2009). El perezoso de tres dedos (*Bradypus variegatus*) alcanza el extremo sureste de Rivas (San Juan del Sur y Cárdenas); en cambio, el perezoso bigarfiado (**Choloepus hoffmani**) puede llegar más al norte, hasta hábitats de altura media en Granada (volcán Mombacho) y la Meseta de Carazo, en Santa Teresa.

**Orden Cingulata (armadillos).** Las dos especies presentes en el país se encuentran en el Pacífico (Reid, 2009), siendo más común *Dasybus novemcinctus* ya que habita una gran variedad de hábitats, incluyendo áreas deforestadas con árboles dispersos a pesar de ser una especie de uso cinegético. La otra especie, el armadillo centroamericano (*Cabassus centralis*), aunque no es considerada cinegética es menos común, debido a que prefiere bosques conservados y húmedos como los bosques riparios de algunas reservas.

**Orden Primates (Monos).** Las tres especies reportadas para el país son habitantes del bosque seco, siendo más común el mono congo (*A. palliata*), el cual puede encontrarse en la mayoría de las áreas protegidas y reservas privadas del Pacífico sur, incluso fuera de estas, donde puede subsistir en angostos bosques de galería a orillas de los ríos. Esta especie, sin embargo, no tolera hábitats áridos como la vegetación sobre lava de muchos volcanes, por lo que está prácticamente ausente en el occidente del país. Las poblaciones de esta especie se vuelven numerosas a partir del sur de Managua, en los municipios de Ticuantepe, El Crucero y Villa El Carmen; en Granada, la meseta de Carazo y el istmo de Rivas.

Los estudios muestran poblaciones importantes en el Volcán Mombacho (Granada), donde se estimó una población de un millar de individuos viviendo en sus laderas (McCann *et al.* 2003); y en la Laguna de Apoyo (Masaya-Granada) donde la población se calculó en 414 individuos viviendo en el área núcleo de la Reserva, y al menos 100 individuos alrededor de esta (Medina-Fitoria, 2010).

Por su parte, el mono cariblanco (*Cebus imitator*), aunque es menos numeroso que el mono congo, está más ampliamente distribuido en las áreas protegidas del pacífico del país, ya que tolera hábitats áridos del bosque seco, incluyendo vegetación sobre lava, como por ejemplo en los volcanes de Cosigüina,

Momotombo y Masaya. Sin embargo, no sobrevive en áreas deforestadas por lo que es poco usual fuera de las reservas. La tercera especie, el mono araña (*A. geffroyi*), es el más amenazado del país y actualmente en la vertiente del Pacífico solo se reporta en los bosques del norte de Chinandega (Cosigüina) y al sur, en el departamento de Rivas (Cárdenas y San Juan del Sur), por lo que se considera extinto en los departamentos de León, Managua, Masaya, Granada y Carazo. Según Albert A. Alcorn de la UK, en sus notas de campo del 20 de junio de 1956, esta especie aún era común solo tres años antes en esta zona, cuando era usual verlos incluso ceca de Managua, por lo que sugiere la posibilidad que esta especie no se haya recuperado de la epidemia de fiebre amarilla que se extendió por América Central a principios de 1950 y que diezmo las poblaciones del Pacífico, al causar la muerte de casi todos los individuos (Genoways y Timm, 2005). No obstante, un avistamiento en febrero de 2013 de una tropa de cuatro individuos en la Reserva Silvestre Privada Domitila, en Nandaime (Granada), es alentador ya que la especie podría volver a colonizar Reservas Naturales más al norte, como las Lagunas de Mecatepe – Río Manares, a 5.8 km; y el volcán Mombacho a 13 km, donde sin duda tendría suficiente hábitat para reestablecerse.

#### **Orden Rodentia (ardillas, ratas y ratones).**

Veinticinco especies de roedores (57% del total del país) habitan el bosque seco. Una especie de ardilla (*Sciurus variegatoides*) presenta tres subespecies en esta región, una es endémica del Occidente del país (Chinandega y León), *S. variegatoides adolphiei*; la segunda es endémica de la isla de Ometepe, *S. variegatoides ometepensis*; y la tercera, *S. variegatoides dorsalis* es propia del bosque seco del Pacífico sur (Managua a Rivas) hasta el norte de Costa Rica (Genoways y Timm, 2019; Medina-Fitoria et al. 2018b). También se encuentra una especie de taltuza (*Orthogeomys matagalpae*) endémica binacional (Nicaragua y Honduras), en las zonas medias del Pacífico sur, en las Reservas Chocoyero-El Brujo (Managua), la meseta de Carazo y el Volcán Mombacho (Granada); y una rata espinosa (*Proechimys semispinosus*), la cual, aunque es típica de los bosques lluviosos, es posible encontrarla en bosques riparios de la costa lacustre de Rivas (municipio de Cárdenas).

La familia Heteromidae o ratones bolseros está representada por dos especies, muy importantes en la dispersión de semillas: *Heteromys desmarestianus*, que aunque es característica de los bosques húmedos, es también un habitante de los bosques riparios del sureste

de Rivas; y el ratón espinoso del Pacífico mesoamericano *Liomys salvini*, con una amplia distribución en las zonas áridas de la cadena volcánica presenta dos subespecies, *L. s. vulcani* del occidente, y *L. s. salvini* en el pacífico sur y centro del país. Los datos de colecta de la Isla de Ometepe mostraron individuos machos con una longitud más grande que el promedio de esta especie y con una marcada variación intrapoblacional, lo cual podría resultar en una nueva taxa (Genoways, 1973). Cabe destacar que esta especie es también un importante dispersor natural del Guanacaste de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*), un árbol nativo de América.

Además, coexisten 14 especies de ratones cricétidos (ratones del nuevo mundo), entre ellos el ratón de la meseta *Reithrodontomys paradoxus* endémico de Nicaragua y Costa Rica; y tres especies de ratones múridos introducidos con poblaciones silvestres (ratones del viejo mundo). Por último, estos bosques albergan las tres especies de roedores de mayor tamaño en el país, el zorro espín (*Sphiggurus mexicanus*), la guatusa (*Dasyprocta punctata*) y la guardatinaja (*Cuniculus paca*), esta última poco común debido la presión cinegética a que ha sido sometida, y básicamente solo ha quedado en los bosques del Pacífico sur y quizás en algunos volcanes como el San Cristóbal en el Pacífico norte, donde era usual observarla hasta mediados de los años 80 del siglo pasado (Martínez-Sánchez y Saldaña, 1986).

**Orden Lagomorpha (conejos).** Una de dos especies en el país es residente natural de la región del pacífico de Nicaragua, el conejo común (*Sylvilagus floridanus*), el cual está restringido a zonas áridas de esta región, donde habita una gran variedad de usos de suelo, incluyendo zonas agrícolas y deforestadas (Yates et al., 1979). Esta especie presenta interés cinegético.

**Orden Carnívora (gatos, perros, mofetas).** Un total de 16 de 20 especies de carnívoros continentales en el país pueden habitar el bosque seco, incluyendo dos especies de cánidos, la zorra *Urocyon cinereoargenteus* y el coyote *Canis latrans* (típica de zonas áridas), los cuales son comunes en las áreas protegidas a lo largo de la cadena volcánica. También es posible encontrar tres especies de mofetas o zorros meones de los géneros *Mephitis*, *Spilogale* y *Conepatus*, los cuales pueden ser comunes localmente. Una de estas especies (*Mephitis macroura*) es típica de los bosques secos de Centroamérica.

Entre los prociónidos, quizás el más común sea el mapache (*Procyon lotor*), principalmente cerca de los humedales como ríos, esteros y costas lacustres (lagunas y lagos). Son menos comunes dentro de este grupo las especies arborícolas como el cuyúso (*Potos flavus*), que prefiere áreas de bosque alto, y el pizote (*Nasua narica*) el cual fue abundante en la región del Pacífico hasta mediados del siglo XIX, pero actualmente ha diezmado sus poblaciones en esta región debido a la cacería y la falta de hábitat.

Los mustélidos son menos comunes en el bosque seco. La nutria (*Lontra longicaudis*) y el glotón (*Galictis vittata*) se reportan en humedales y bosques del Pacífico sur; en cambio, la comadreja (*Mustela frenata*) y el columuco (*Eira barbara*), aunque históricamente eran ampliamente distribuidas, actualmente solo pueden encontrarse en zonas con amplias coberturas de bosque, como las Reservas de la cadena volcánica. Por otro lado, aunque era posible encontrar en el Pacífico las cinco especies de felinos reportados en el país, solo cuatro de ellas se encuentran actualmente en esta región, dos especies de leones de montaña (*Puma concolor* y *P. yagouaroundi*) y dos especies de tigrillos (*Leopardus pardalis* y *L. wiedii*) los cuales aún es posible observarlos en áreas con amplia cobertura vegetal, como los volcanes San Cristóbal (Chinandega), Momotombo (León) y el Mombacho (Granada).

Una especie de felino ha sido extirpada de este ecosistema, el jaguar (*Panthera onca*) el cual ha perdido todas sus poblaciones y casi todo su hábitat en esta región. No obstante, un reciente reporte de un jaguar con cámaras trampa en 2013 en el Pacífico sur, en Rivas (Williams-Guillén, comunicación personal), podría deberse a un individuo proveniente de la zona de Conservación Guanacaste, a solo 20 kilómetros, la cual es catalogada como una importante Unidad de Conservación de Jaguares a largo plazo “Guanacaste-Costa Rica” (Sanderson *et al.*, 2002), con una población reproductiva y estable en esa región (Ronit, 2007). Este reporte es muy importante si se deseara establecer una población residente en el suroeste del país.

**Orden Artiodactyla (venados y saínos).** Una de dos especies de venados nicaragüenses, el venado coliblanco (*Odocoileus virginianus*); y una de dos especies de chanchos de monte (el saíno, Pecari tajacu) habitan el pacífico de Nicaragua, encontrándose en casi todas las áreas protegidas, incluyendo reservas privadas como Montibelli y El Bajo, ambas en el

departamento de Managua. Estimaciones poblacionales en la Reserva Volcán Maderas de la isla de Ometepe indica una densidad de 0.5 - 1 ( $\pm 0.91$  EE) venados/ha, lo cual es considerado estable (Rodríguez, 2009); sin embargo, fuera de áreas protegidas, ambas especies casi han desaparecido por completo debido a la cacería, a pesar que son protegidas con una veda parcial a nivel nacional.

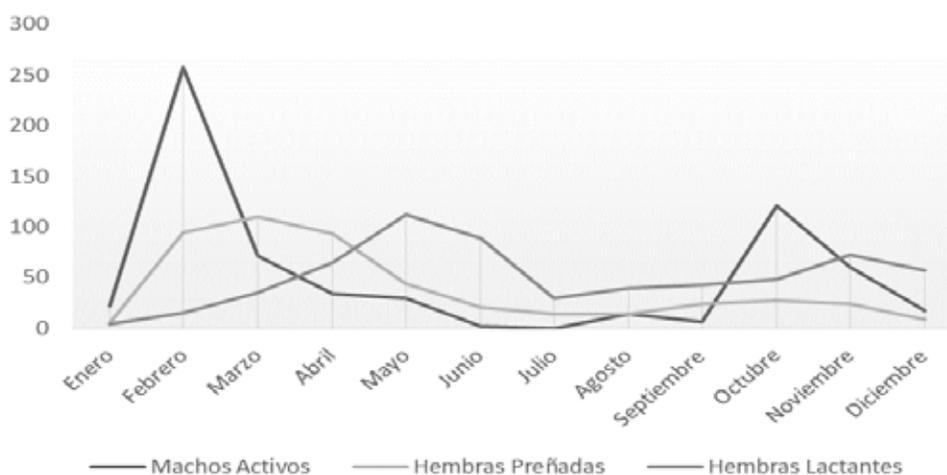
**Orden Perisodactyla (tapir / danto).** La especie *Tapirus bairdii* históricamente distribuida en todo el país se considera actualmente extinta del ecosistema seco tropical nicaragüense (Jordan y Urquhart, 2013; Medina-Fitoria *et al.*, 2018a). Los últimos informes de tapires de esta región datan de mediados del siglo XX; resaltando el informe de Milton Hildebrand, el cual obtuvo la piel y el cráneo de un macho subadulto para el Museum of Vertebrate Zoology de la Universidad de California (MVZ 98896), etiquetado con procedencia de la península de Cosigüina y colectado a comienzos de 1941 por el Farmacéutico Sr. Raun, un danés que vivía en San Miguel, El Salvador (Genoways y Timm, 2005). Para los años 60 se reportan los últimos informes de tapir en el volcán Mombacho, los cuales fueron cazados en la Hacienda Cutirre (MARENA, 2006). De modo que al menos han pasado 60 años desde que esta especie fue extirpada de esta región.

**Orden Chiroptera (Murciélagos).** Un total de 83 especies pueden habitar el Pacífico nicaragüense, que constituye el 75% de la riqueza nacional. El 60% son especies insectívoras, el 20% son frugívoras, el 7% son nectarívoras, el 5% son carnívoras, y los hematófagos y omnívoros con un 4% cada uno. Siete de las especies son típicas del bosque seco: *Balantiopteryx plicata*, *Lamproncyteris brachyotis*, *Glossophaga leachii*, *Uroderma magnirostrum*, *Eumops bonariensis*, *Molossus coibensis* y *Artibeus inopinatus*, esta última endémica de hábitats secos de El Salvador, Honduras y el Pacífico norte de Nicaragua (Medina-Fitoria, 2014; Medina-Fitoria y Martínez-Fonseca, 2019).

El patrón reproductivo de los murciélagos del bosque seco muestra un patrón estacional bimodal típico de los murciélagos neotropicales, el cual depende básicamente de la estación lluviosa (Bonaccorso, 1979). Estudios de murciélagos en el Pacífico nicaragüense (2002-2019) demuestran que este ciclo se activa a mediados de la estación seca con la aparición de machos escrotados (febrero), seguido inmediatamente por la presencia constante de hembras preñadas hasta

mayo (fin de la estación seca). La mayoría de las crías nace con las primeras lluvias de mayo y junio (registro de hembras lactantes), cuando los recursos alimenticios son abundantes. La actividad decae con la canícula o veranillo de mediados de julio, lo cual se

extiende hasta septiembre. Le continúa un segundo periodo reproductivo menos marcado entre octubre y noviembre, cuando las precipitaciones son máximas, para luego disminuir en diciembre y enero, durante la transición de la época lluviosa a seca (Figura 9).



**Figura 9.** Patrón reproductivo de los murciélagos del Pacífico nicaragüense (n= 1722 individuos reproductivos, 2002-2019).

## CONSIDERACIONES FINALES

Se ha demostrado que los bosques secos del Pacífico de México y Centroamérica son biológicamente muy complejos y diversos (Ceballos et al., 2010). En Nicaragua estos bosques albergan aproximadamente el 70% de la diversidad mastozoológica continental, lo cual demuestra la importancia de este ecosistema para la conservación biológica del país y la seguridad ambiental de los nicaragüenses. Sin embargo, esta diversidad está amenazada, y muchas especies ya han desaparecido de la mayor parte de su distribución original en la región del Pacífico.

El PNUD (2000) señala que el 87% de los nicaragüenses vive en la vertiente pacífica debido a sus suelos de alta fertilidad, lo que significa una presión social sobre el bosque seco siete veces mayor al resto de ecosistemas del país (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011). Producto de ello, entre las décadas de 1950 y 1970 los bosques secos fueron reemplazados por áreas agropecuarias a un ritmo promedio de 100,000 ha. al año, lo que se reflejó en un crecimiento de la producción de café del 150%, la de azúcar en un 250%, la de algodón más de 500% y la de carne en un aumento de 377% (Maldidier y Marchetti, 1996).

Para 1972 el 30% de los bosques secos ya había sido talado para cultivos o pastos, y para finales del siglo XX solo sobrevivía entre el 20 y el 15% de la cobertura original, con una ocupación de la actividad agropecuaria del 74% de las tierras (Harcourt y Sayer, 1996; Roldan, 2001). No obstante, con una tasa promedio actual de pérdida de cobertura forestal en Nicaragua de 51,000 ha por año (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011), es de esperarse que la cobertura haya disminuido aún más en las últimas dos décadas, con efectos irreversibles para muchas especies de mamíferos.

Este auge agropecuario de mediados del siglo XX coincide directamente con la desaparición de algunas especies típicas del bosque seco nicaragüense como el danto o el jaguar, y la disminución poblacional de muchas otras. Por lo anterior es posible que los cambios en el ecosistema se hayan dado tan rápido que muchas especies no se han logrado adaptar a los nuevos ambientes, principalmente antropogénicos. Según Cuarón (2000), los cambios de uso del suelo en bosques neotropicales afectan la disponibilidad de recursos para muchas especies del bosque, al disminuir considerablemente los refugios y las fuentes de comida,

lo que eventualmente reduce la población a tal punto que conlleva a la extinción local.

Como consecuencia de todos estos cambios, aproximadamente el 10% de la riqueza mastozoológica que habita el Pacífico del país se considera en riesgo de conservación; entre ellos los murciélagos, los cuales constituyen el 71% de estas especies (Medina-Fitoria et al., 2018a). Como consecuencia, muchas de estas especies se han ausentado de los muestreos en algunos sitios, incluso de áreas protegidas, lo que sugiere un proceso de extinción, que, de seguir la reducción de los parches de bosque, éstas finalmente podrían desaparecer a un nivel más amplio, hasta extinguirse a nivel nacional. Problemas de conservación también han sido documentados en los bosques secos del Pacífico de México (región Chamela-Cuixmala, Jalisco), donde al menos 40 especies de vertebrados continentales, que representa el 15% de la riqueza de esta región, se encuentran al borde de la extinción (Ceballos et al., 2010).

Ante esta situación y con la agricultura y ganadería invadiendo rápidamente los últimos remanentes de bosques, la conservación de los mamíferos dependerá no solo en proteger las Reservas legalmente establecidas, las que albergan el 14% de la cobertura de bosque seco del país (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011), sino también del manejo de paisajes fuera de estas áreas (Harvey et al., 2006). Por ello, es necesario plantearse objetivos productivos y de conservación, donde zonas rurales además de producir, conserven coberturas naturales que mantengan comunidades diversas de especies (polinizadoras, dispersoras de semillas y controladoras biológicas). Está demostrado en zonas rurales del Pacífico nicaragüense que la protección de fragmentos de bosque en fincas privadas, la regeneración natural de zonas degradadas y el uso de sistemas agroforestales y silvopastoriles (por ejemplo la permanencia de franjas de árboles a orillas de ríos y el uso de cercas vivas), aumenta el flujo de especies diversas, entre ellas murciélagos insectívoros, frugívoros y nectarívoros (Medina-Fitoria et al., 2004; Chambers et al., 2016; Martínez-Fonseca et al., 2020), las cuales son esenciales en la estabilidad ecológica de los bosques y el bienestar humano (Kunz et al., 2011). Estos procesos y productos son conocidos como servicios ambientales y son llevados a cabo por diversos grupos de mamíferos, entre ellos monos, roedores y murciélagos (Janzen, 1991). Al respecto, Geiselman et al. (2007) señala que los murciélagos neotropicales podrían polinizar unas

573 especies de plantas y dispersar semillas de 516 especies, muchas de ellas pioneras en la regeneración de los bosques secos, como los géneros *Cecropia*, *Piper* y *Ficus* (Janzen, 1991).

Por su parte, Hutson et al. (2001) señalan que los murciélagos insectívoros pueden llegar a consumir entre 50 y 150% de su peso corporal por noche, incluyendo gran cantidad de insectos plagas.

Estudios quiropterológicos recientes en el Parque Nacional Volcán Masaya resaltan la importancia de una sola colonia de murciélagos insectívoros (aproximadamente unos 40 mil) para los agricultores alrededor del parque, al estimar un consumo de 80 toneladas de insectos al año, lo que sugiere que muchos cultivos podrían estar dependiendo de estas especies como controladores biológicos (Williams-Guillén y Medina-Fitoria, 2012; Medina-Fitoria et al., 2020).

Por su parte, Chambers et al. (2017), aplicando técnicas moleculares a 21 especies de murciélagos en zonas rurales de Rivas, demostraron que éstos comen una gran cantidad de insectos de un conjunto muy diverso de órdenes, detectando en ellos 29 familias de artrópodos de 12 órdenes, siendo los más comunes los lepidópteros (polillas), coleópteros (escarabajos) y dípteros (moscas y mosquitos).

Muchos de estos insectos son considerados plagas importantes de cultivos tradicionales nicaragüenses (Jiménez y Rodríguez, 2014).

Lo anteriormente mencionado es muy importante, ya que información actualizada sobre el valor ecológico y económico de los servicios ecosistémicos proporcionados por las especies del bosque seco, puede utilizarse para determinar dónde y cuándo proteger o restaurar las poblaciones y los hábitats asociados (Kunz et al., 2011). En este contexto, el establecimiento de Reservas Silvestres Privadas en el Pacífico del País es una buena iniciativa de manejo para mantener la viabilidad no solo de los servicios ecosistémicos, sino también la conectividad entre las áreas protegidas del sistema nacional, aumentando la conservación dentro de la matriz agrícola. No obstante, estos esfuerzos deben acompañarse de normativas claras y efectivas del marco legal, de modo que no sólo se regule la exportación o la caza de especies, sino también la introducción de especies exóticas y contenga la destrucción del hábitat, las cuales son la causa principal de que muchas especies se encuentran en la actualidad bajo algún tipo de riesgo.

## Referencias bibliográficas.

- Alianza Nacional del Bosque Seco.** (2011). *Programa Nacional para la Conservación, Restauración y Manejo del Ecosistema de Bosque Seco en Nicaragua*. 1ª ed. Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ).
- Allen, J.A.** (1908). Mammals from Nicaragua. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 24:647-670.
- Allen, J.A.** (1910). Additional mammals from Nicaragua. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 28:87-115.
- Alston, E.R.** (1882). *Mammalia*. En: *Biologia Centrali-Americana* de Godman, F. y O. Salvin. Taylor and Francis, London, xx+220 p.
- Balladares, S.** (2013). Las sociedades antiguas de Nicaragua del 500 a. C al 800 d. C. *Revista humanismo y cambio social, julio – diciembre 2013*, 1(1):88-96.
- Baker, S.** (2013). El arte rupestre de la isla de Ometepe, Nicaragua: clasificación, cuantificación y comparaciones regionales de motivos. Manuscrito Inédito, 24 p.
- Belcher, E.** (1843). *Narrative of a voyage round the world, performed in her Majesty's Ship Sulphur, 1836-1842, Volume 1*. Henry Colburn, London.
- Bloch, J., Woodruff, E. & Rincon, A.** (2016). First North American fossil monkey and early Miocene tropical biotic interchange, *Nature* 533(7602):243-246.
- Bonaccorso, F.J.** (1979). Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of Florida State Museum, Biological Sciences*; 24:359-408.
- Bovallius, C.** (1977). *Viaje por Centroamérica 1881-1883*. Trad. C. Vijil. Serie viajeros N° 1. Fondo promoción Banco de América. Managua D.N. Nicaragua, 326 p.
- Boyle, F.** (1868). *A Ride Across a Continent: A Personal Narrative of Wanderings Through Nicaragua and Costa Rica*. London: Richard Bentley, 342 p.
- Brinton, D.G.** (1886). Notes on the Mangué: An extinct dialect formerly spoken in Nicaragua. *Proc. of the American Philosophical Society*. 23(122): 238-257
- CCAD** (2010). *Listado de especies de flora y fauna incluidas en los apéndices de la CITES, Centroamérica y República Dominicana*. USAID/ CCAD. 61 p.
- CCAD y PNUMA** (2005). *Perspectivas de la Biodiversidad en Centroamérica 2003*. Observatorio del Desarrollo, Universidad de Costa Rica. 146 pág.
- Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Creel, J. y Dirzo, R.** (2010). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. 1ª ed. Fondo de Cultura Económica, México, D. F.
- Chambers, C., Cushman, S.A., Medina-Fitoria, A. & Martínez-Fonseca, J.** (2016). Influences of scale on bat habitat relationships in a forested landscape in Nicaragua. *Landscape Ecology*, 31:1299-1318.
- Cisneros, J.C.** (2005). New Pleistocene vertebrate fauna from El Salvador. *Revista Brasileña de Paleontología*, 8: 239-255
- Cisneros, J.C.** (2011). *Los fósiles de Tomayate*. Edición del Autor, Teresina, Brazil. 87 p.
- Cuarón, A.D.** (2000). Effects of land-cover changes on mammals in a Neotropical region: a modeling approach. *Conservation Biology* 14(6):1676-1692.
- Dinerstein, E., Olsen, D.M., Graham, D.J., Webster, A.L., Primm, S.A., Book-Binder, M. & Ledec, G.** (1995). *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. World Bank, WWF. Washington D. C., USA.
- Fernández de Oviedo y Valdéz.** (1976). *Nicaragua en los Cronistas de indias*. FPCBA, Serie III. 368 p. Managua Nicaragua, 1976.
- Freese, C.H.** (1983). *Cebus capucinus* (White-faced Capuchin). Pp. 458-460, in *Costa Rican natural history* (D.H. Janzen, ed.). Univ. Chicago Press, Chicago.
- Frick, C.** (1933). New remains in trilophodont-tetrabelodont mastodonts. *American Museum of Natural History, Bulletin* 59: 505-652.
- Froebel, J.** (1978). *Siete años de viaje en Centro*

*América*. Trad. L. Cuadra, Serie Viajeros N° 2. Managua, Biblioteca Banco de América.

**Geiselman, C.K., Mori, S.A. & Blanchard, F.** (2007). *Database of Neotropical Bat/plant interactions, the New York Botanical Garden*. [https://www.nybg.org/botany/tlobova/mori/batsplants/database/dbase\\_frameset.htm](https://www.nybg.org/botany/tlobova/mori/batsplants/database/dbase_frameset.htm) (consultado el 10 marzo 2020).

**Genoways, H.H.** (1973). Systematics and evolutionary relationships of spiny pocket mice, genus *Liomys*. *Special Publication Museum Texas Tech University*, 5:1-368.

**Genoways, H.H. & Timm, R.M.** (2005). Mammals of the Cosigüina peninsula of Nicaragua. *Mastozoología Neotropical*, 12:153-179.

**Genoways, H.H. & Timm, R.M.** (2019). The Neotropical variegated squirrel, *Sciurus variegatoides* (Rodentia, Sciuridae) in Nicaragua, with the description of a new subspecies. Pp. 479–513 in From field to laboratory: a memorial volume in honor of R. Baker (R. Bradley, H. Genoways, D. Schmidly, and L. Bradley, eds.). *Special Publications, Museum of Texas Tech University* 71:xi+1–911.

**González-Rivas, B.** (2005). *Tree Species Diversity and Regeneration of Tropical Dry Forest in Nicaragua* (Doctoral Thesis). Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå, Sweden.

**Goodwin, G.** (1946). Mammals of Costa Rica. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 87:271-474.

**Gray, J.** (1844). *Zoology of the voyage of the HMS Sulphur under the command of Captain Sir Edward Belcher, 1836-1842*, Mammalia Vol.1; Smith, Elder and Co., London.

**Harcourt, C.S. & Sayer, J.A.** (1996). *The Conservation atlas of tropical forest*. The Americas. Simon & Schuster. 206-211.

**Harvey, C.A., Medina, A., Sánchez, D., Vilchez, S., Hernández, B., Sáenz, J.C., Maes, J.M. & Casanoves, F.** (2006). Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 16(5):1986-1999.

**Healy, P.** (1980). *Arqueología de la Región de Rivas, Nicaragua*. Waterloo, Ontario: Wilfred Laurier University Press. 382 p.

**Horne, G.S.** (1994). A mid-Cretaceous ornithopod from central Honduras. *Journal Vertebrate Paleontology*, 14:147-150.

**Hutson, A., Mickleburgh, S.P. & Racey, P.A.** (2001). *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

**Incer, J.** (1975). *Nueva Geografía de Nicaragua*. Editorial Recalde. Managua, Nicaragua.

**Incer, J.** (1990). *Nicaragua: Viajes, rutas y encuentros (1502-1838)*. 1ª ed. San José, C. R.: Asociación libro libre, 640 p.

**IUCN** (2019). IUCN Red List of Threatened Species [Internet]. Versión 2011.1. Disponible 2019. <<http://www.iucnredlist.org/>>.

**Janzen, D.** (1991). *Historia natural de Costa Rica*. 1 ed. San José (Costa Rica): Universidad de Costa Rica.

**Jenkins, C. & Giri, C.** (2008). Protection of mammal diversity in Central America. *Conservation Biology*, 22(4):1037-1044.

**Jiménez, E. & Rodríguez, O.** (2014). *Insectos plagas de cultivos en Nicaragua*. 1ª ed. Universidad Nacional Agraria, UNA; Managua, Nicaragua.

**Jones, J.K. Jr. & Phillips, C.J.** (1969). *Zoological explorations in Nicaragua, Central America*. Museum of Natural History, University of Kansas. Pp. 12-17.

**Jordan, C.A. & Urquhart, G.R.** (2013). Baird's tapirs *Tapirus bairdii* in Nicaragua. *Contributions, Tapir Conservation*, 22(30):14-21.

**Kirby, M. & MacFadden, B.** (2005). Was southern Central America an archipelago or a peninsula in the middle Miocene? A test using land-mammal body size. *Paleogeography, Paleoclimate and Paleoecology* 228:193-202.

**Kunz, T.H., Braun, E., Bauer, D., Lobova, T. & Fleming, T.H.** (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223:1-38.

**Lamprecht, H.** (1990). *Silviculture in the Tropic*. GTZ. Eschborn, Germany.

**Laurito C. & Valerio, A.** (2005). First record of *Rhynchotherium blicki* (Frick, 1933) for the late Cenozoic of Costa Rica. *Revis. Geológica de América Central*, 33:75-82.

**LaVal, R. & Rodríguez-H, B.** (2002). *Murciélagos de Costa Rica*. 1 ed. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, 2002.

320 p.

**Lechado L. & Balladares, S.** (2019). Nejapa: arquitectura en un poblado prehispánico. CADI, UNAN-Managua. *Revista Humanismo y Cambio Social*, 13(6):85-97.

**Lockley, M.G., García-Vasquez, R., Espinoza, E. & Lucas, S.G.** (2007). Notes on a famous but “forgotten” human footprint site from the Holocene of Nicaragua. *New Mex. Museum Natural History Science Bulletin*, 42: 97-102.

**Lockley, M.G., Lucas, S.G., Hunt, A.P., García-Vasquez, R. & Espinoza, E.** (2008). Non-hominid vertebrate traces from the lower Holocene of Nicaragua. *New Mex. Museum Natural History Science Bulletin*, 44: 393-397.

**Lockley, M.G., García-Vasquez, R., Espinoza, E. & Lucas, S.G.** (2009). America’s most famous human footprints: History, context and first description of Holocene tracks from the shores of Lake Managua, Nicaragua. *Ichnos*, 16:55-69.

**Lucas, S.G.** (2014). Vertebrate paleontology in Central America: 30 years of progress. *Revista Geológica América Central*, Número Especial 2014: 139-155.

**Lucas, S.G. & Alvarado, G.E.** (2010). Fossil Proboscidea from the upper Cenozoic of Central America: Taxonomy, evolutionary and paleobiogeographic significance. *Revista Geológica América Central*, 42: 9-42.

**Lucas, S.G., García, R., Espinoza, E., Alvarado, G.E., Hurtado De Mendoza, L. & Vega, E.** (2008). The fossil mammals of Nicaragua. *New Mex. Museum Natural History Science Bulletin*, 44: 417-430.

**MacFadden, B.J.** (1986). Fossil horses from “*Eohippus*” (*Hyracotherium*) to *Equus*: scaling, Cope’s law, and the evolution of body size. *Paleobiology*, 12:355-370.

**MacFadden, B. J. & Higgins, P.** (2004). Ancient ecology of 15 millions years old browsing mammals within C3 plant communities from Panama. *Oecologia* 140:169-182.

**Maes, J.M.** (1998). *Insectos de Nicaragua*, Volumen I. Secretaría Técnica de la Reserva Bosawas, MARENA, Managua, Nicaragua.

**Maldidier, C. & Marchetti, R.** (1996). *El campesino finquero y el potencial económico del campesino nicaragüense*, Tomo 1. Managua UCA, Nitlapán.

**MARENA** (1999). *Biodiversidad en Nicaragua. Un estudio de país*. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales MARENA / Programa ambiental Nicaragua – Finlandia PANIF, Managua.

**MARENA** (2006). *Plan de manejo de la Reserva Natural Volcán Mombacho*. Ministerio del Ambiente y los

Recursos Naturales MARENA y Fundación Cocibolca. Documento técnico.

**MARENA** (2016). Actualización Sistema de Veda 2016-2017. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. *La Gaceta diario oficial*, resolución N° 07.01.2016.

**Marivaux, L., Adnet, S., Altamirano, A. & Boivin, M.** (2016). Neotropics provide insights into the emergence of New World monkeys: New dental evidence from the late Oligocene of Peruvian Amazonia. *Journal of Human Evolution* 97:159-175.

**Martínez-Fonseca, J. G., Chávez-Velásquez, M., Williams-Guillén, K. & Chambers, C.** (2020). Bats use live fences to move between tropical dry forest remnants. *Biotropica, Association for Tropical Biology and Conservation*, 00:1-6.

**Martínez-Sánchez, J.C.** (1990). *Biodiversidad en Nicaragua: Estado actual de la fauna vertebrada*. Depto. of Zoology Universidad de Washington.

**Martínez-Sánchez, J.C.** (2004). Potencial para el ecoturismo de la finca Las Rojas, Chinandega Nicaragua, *Informe técnico*. Alianza para las Áreas Silvestres (ALAS) & Cámara nicaragüense de la industria turística (CANTUR), 38 p.

**Martínez-Sánchez, J.C. y Saldaña, O.** (1986). Fauna del Volcán San Cristóbal. Museo de Zoología, Managua Nicaragua. Documento técnico.

**Martínez-Sánchez, J.C., Morales-Velásquez, S. y Castañeda-Mendoza, E.A.** (2000). *Lista Patrón de los Mamíferos de Nicaragua*. Managua: Fundación Cocibolca.

**Matilló, J.** (1973). *Ometepe: isla de círculos y espirales, estudio del arte rupestre isleño*. Vol. 3, Managua, Universidad Centro Americana, 222 p.

**McCann C., Williams-Guillen, K., Koontz, F.W., Roque, A.A., Martínez-Sánchez, J.C. & Koontz, C.** (2003). Shade coffee plantations as wildlife refuge for mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*) in Nicaragua. Pp. 321–341, en: *Primates in fragments* (LK March, ed.). Kluwer Academic Press, Nuevo York.

**Medina-Fitoria, A.** (2010). Mamíferos como indicadores ambientales en la Reserva Natural Laguna de Apoyo, Masaya-Granada Nicaragua; *Documento técnico*. AMICTLAN / FUNDAR, 33 P.

**Medina-Fitoria, A.** (2014). *Murciélagos de Nicaragua, guía de campo*. 1ª ed. PCMN / MARENA. Editora Dirección de Biodiversidad; Managua, Nicaragua. pp 278.

**Medina-Fitoria, A.** (2019). Mamíferos de la isla Ometepe en el lago Cocibolca, Pacífico de Nicaragua.

- Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 9(1):01-19.
- Medina-Fitoria A. y Saldaña, O.** (2012). *Lista Patrón de los Mamíferos de Nicaragua*. 1ª ed. Managua, FUNDAR N 599 M491. 40 p.
- Medina-Fitoria, A. y Saldaña, O.** (2014). Historia de la Mastozoología de Nicaragua. p 315-328; en: *Historia de la Mastozoología en Latinoamérica*, Las Guayanas y el Caribe. (Ortega, J., J.L. Martínez y D. Tirira, eds.). Editorial Murciélagos Blanco.
- Medina-Fitoria, A. y Martínez-Fonseca, J.G.** (2019). Cronología histórica de la quiropterología en Nicaragua. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 9(2):01-28.
- Medina-Fitoria A., Harvey, C., Sánchez, D., Vilchez, S. y Hernández, B.** (2004). Diversidad de murciélagos en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro: Revista Académica de la Universidad Centroamericana*, 36(68):24-43.
- Medina-Fitoria, A., Saldaña, O., Aguirre, Y., Silva, W., Díaz, F., Jordan, C., Cappello, C., Salazar, M., Chávez, M., Martínez, J.G. y Gutiérrez, A.** (2018a). Libro rojo de los mamíferos de Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Biodiversidad*, 30:1-85.
- Medina-Fitoria, A., Martínez, J., Gutiérrez, A., van den Berghe, E., Salazar, M., Robleto, S., Tórrez, M. y Díaz, F.** (2018b). Las ardillas de Nicaragua (Rodentia, Sciuridae). *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*, 8(2):48-80.
- Medina-Fitoria, A., Williams-Guillén, K., Chambers, C., Chávez, M. y Martínez, J.G.** (2020). Diversidad de murciélagos y uso de hábitat en el Parque Nacional Volcán Masaya, en el Pacífico de Nicaragua. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época*, 10(1):1-20.
- Mittermeier R.A., Rylands, A.B., Coimbra-Filho, A.F. & Fonseca, G.A.** (1988). *Ecology and behavior of Neotropical primates*, Vol. 2. World Wildlife Fund, Washington, DC.
- Olson, E.C. & Mcgrew, P.O.** (1941). Mammalian fauna from the Pliocene of Honduras. *Bulletin Geological Society American*, 52: 1219-1244.
- Pelegrin, J.S., Gamboa, S., Menéndez, I. y Hernández-Fernández, M.** (2018). El gran intercambio biótico americano: una revisión paleoambiental de evidencias aportadas por mamíferos y aves neotropicales. *Ecosistemas*, 27(1):5-17.
- PNUD** (2000). *Cambios en la cobertura forestal Nicaragua*. Programa de evaluación de los Recursos Forestales (FRA). Documento de trabajo 34 Roma, 2000.
- Reid, F.** (2009). *A field guide to the mammals of Central America & Southeast Mexico*. 2ª ed. Oxford University Press.
- Rodríguez, K.** (2009). Densidad poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Reserva Natural Volcán Maderas, Isla de Ometepe, Nicaragua. *Tesis de M.Sc.*, Universidad Nacional Costa Rica UNA / Sistema de Estudios de Posgrado / Programa Regional Manejo de Vida Silvestre. 95 p.
- Roldan, H.** (2001). *Recursos Forestales y Cambios en el Uso de la Tierra, Republica de Nicaragua. Proyecto manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos en 13 países tropicales en América latina*. FAO & EC. Santiago, Chile.
- Ronit, A.** (2007). Densidad de jaguares (*Panthera onca*) en el área de conservación Guanacaste, Costa Rica (*Tesis de M.Sc.*). Universidad Nacional Costa Rica/ Estudios de Posgrado / Programa Regional Manejo Vida Silvestre, 123p.
- Sanderson, E., Redford, K., Chetkewicz, C., Medellín, R. & Rabinowitz, A.** (2002). Planning to save a specie: The jaguar as a model. *Conservat. Biology*, 16:58-72.
- Serra-Vázquez, L.** (2015). *El Desarrollo histórico de la isla de Ometepe*. 1a ed.- Managua UCA Publicaciones, 2015; 150 p.
- Squier, E.** (1989). *Nicaragua, sus gentes y sus paisajes*. Trad. L. Cuadra, Managua Editorial Nueva Nicaragua. 546 p.
- Thomas, O.** (1895). On small mammals from Nicaragua and Bogota. *The Annals and Magazine of Natural History*, 6(16):55-60.
- Vrba, E.S.** (1992). Mammals as a Key to evolutionary theory. *Journal of Mammalogy*, 72(1):1-28.
- Webb, S.D.** (1978). A history of savanna vertebrates in the New World. Part 2. South America and the great interchange. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 9:393- 426.
- Webb, S.D. & Perrigo, S.C.** (1984). Late Cenozoic vertebrates from Honduras and El Salvador. *Journal Vertebrate Paleontology* 4: 237-254.
- Weyl, R.**, (1980). *Geology of Central America*, translated from German, 371 p. Gebrüder Borntraeger, Berlin y Stuttgart, Germany.
- Whitmore, F.C., Jr. & Stewart, R.H.** (1965). Miocene mammals and Central American seaways. *Science*, 148: 180-185.
- Williams-Guillén, K. y Medina-Fitoria, A.** (2012). *Los murciélagos del volcán Masaya Nicaragua, Guía*

*breve*. Paso Pacífico & Parque Nacional Volcán Masaya, Managua Nicaragua.

**Woodburne, M.** (2010). The Great American Biotic Interchange: dispersals, tectonics, climate, sea level and holding pens. *Mammalian Evolution*, 17(4):245-264.

**Yates, T., Genoways, H. & Jones, J. Jr.** (1979). Rabbits (Genus *Sylvilagus*) of Nicaragua. *Mammalia*, 43(1):113-124.

### **Comunicaciones Personales:**

Williams-Guillén, Kim. 2013. Paso Pacifico, Ventura, CA, Miller Ave. Ann Arbor, USA.

# CAPITULO VII

## HISTORIA NATURAL MODERNA DE LAS AVES TERRESTRES EN LA VERTIENTE DEL PACIFICO DE NICARAGUA, CON ÉNFASIS EN EL BOSQUE SECO

---

Marvin A. Tórrez<sup>1\*</sup>, Wayne J. Arendt<sup>2</sup>, Edgar Castañeda<sup>3</sup>, María Elena Salgado<sup>4</sup>, Marlon Sotelo<sup>5</sup> y Orlando Jarquín<sup>6</sup>

### Resumen

La vertiente del pacífico de Nicaragua contiene áreas naturales como el bosque seco, esta zona, aunque es un mosaico de ecosistemas y microclimas predominan las reducidas precipitaciones con una marcada época seca, y es importante para la diversidad aviar por las especies únicas que contiene. Este contiene más del 50% de las especies reportadas en Nicaragua, además de un relevante número de investigaciones que se han llevado a cabo históricamente y más activamente en los últimos 30 años. Esta zona muestra una mezcla de aves presentes en otras macroregiones como la vertiente del Caribe y la zona norcentral, además de las que son restrictas y características a la vertiente del Pacífico. del Pacífico del país, la permanencia de los mamíferos dependerá en última instancia del manejo conjunto con los paisajes rurales fuera de las reservas.

La vertiente del pacífico de Nicaragua contiene áreas naturales como el bosque seco, esta zona, aunque es un mosaico de ecosistemas y microclimas predominan las reducidas precipitaciones con una marcada época seca, y es importante para la diversidad aviar por las especies únicas que contiene. Este contiene más del 50% de las especies reportadas en Nicaragua, además de un relevante número de investigaciones que se han llevado a cabo históricamente y más activamente en los últimos 30 años. Esta zona muestra una mezcla de aves presentes en otras macroregiones como la vertiente del Caribe y la zona norcentral, además de las que son restrictas y características a la vertiente del Pacífico. del Pacífico del país, la permanencia de los mamíferos dependerá en última instancia del manejo conjunto con los paisajes rurales fuera de las reservas.

---

1\* More People More Trees. Autor por correspondencia: marvtorrez@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-5508-7875>

2. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Sabana Field Research Station, HC 2 Box 6205, Luquillo 00773, Puerto Rico.

3 La Escuela de Naturalismo, De los Ranchos, 100 metros al norte, Catarina 21532

4 Estudiante del Máster Universitario en Geoinformática para la Gestión de Recursos Naturales- Universidad de León, España.

5 Paso Pacífico, Carretera a Masaya Km 12.4 Residencial Villas del Prado, Casa No. 7

6 Grupo Quetzalli Nicaragua, Sierras Doradas C-A29, II etapa, Apdo 13600, Managua.



Guardabarranco (*Eumomota superciliosa*) fotografía © Milton Ubeda

## INTRODUCCIÓN

La vertiente del Pacífico de Centroamérica está ubicada predominantemente en la región occidental del istmo centroamericano, conocida popularmente como una zona más seca comparada con sus pares de la zona central y caribe. Esta zona se caracteriza por ser donde habita la mayor densidad poblacional del istmo (FAO, 2015).

Desde el punto de vista de fauna aviar, la vertiente del pacífico se clasifica como una zona de biodiversidad única denominada Bioma de la Vertiente del Pacífico [PAS] (Stotz *et al.*, 1996). Este bioma contiene parte del área de endemismo regional denominada EBA 17, que según Stattersfield *et al.* (1998) es un sitio de importancia para el mundo, por contener especies con distribuciones menores a los 50,000 km<sup>2</sup>.

Los bosques en la vertiente del Pacífico presentan amenazas detonadas por diversos factores de origen humano, y autores como Gillespie (2000) ya alertaban desde hace 25 años de la poca prioridad de conservación que este territorio tiene en comparación con otras regiones neotropicales, siendo el resultado de esto que acciones prioritarias no contemplen esta zona; lo cual debe ser retomado en este ecosistema; principalmente por la pérdida de áreas naturales, la degradación del paisaje y el comercio ilegal de fauna silvestre (Tórrez & Chavarría, 2017).

Este capítulo presenta una descripción general reciente de la avifauna de la vertiente con énfasis en el bosque seco, en base al estado actual de las comunidades de aves y establece una aproximación en la distribución de las mismas en sus ambientes naturales. Dista de ser un estudio exhaustivo, pero si es un acercamiento de la biogeografía moderna de las aves, esperando sea un punto de partida para más investigaciones relacionadas, y que estas puedan ser aplicadas al desarrollo sostenible.

Este capítulo tiene dos objetivos. Primero, presentar una recolección histórica de los censos del área, presentando un origen del conocimiento actual. Segundo, actualizar nuestro conocimiento de la distribución de las especies de aves en la vertiente del Pacífico, usando datos de muestras contemporáneos (de orígenes varios, e.g. censos formales, visitas recreativas) y contrastar el solape de especies entre varios tipos de hábitat.

## DESCRIPCIÓN DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO Y SU FAUNA AVIAR

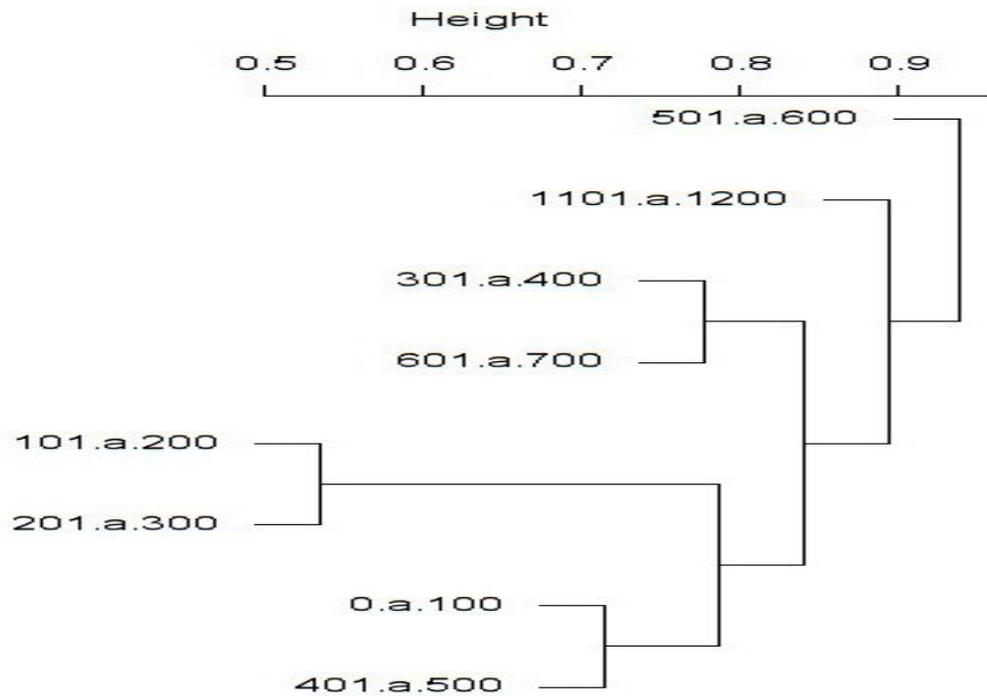
### Biogeografía aves del Pacífico

La región del Pacífico de Nicaragua posee una extensión aproximada de 300 km y una anchura de 100 km en dirección noroeste, reduciéndose a 20 km en la zona de Rivas (Bergoeing, 1987). De acuerdo con las cinco diferentes provincias fisiográficas presentes en el país descritas por Fenzl (1989), tres se encuentran en esta región; planicie costera del Pacífico, cordillera volcánica y la depresión nicaragüense.

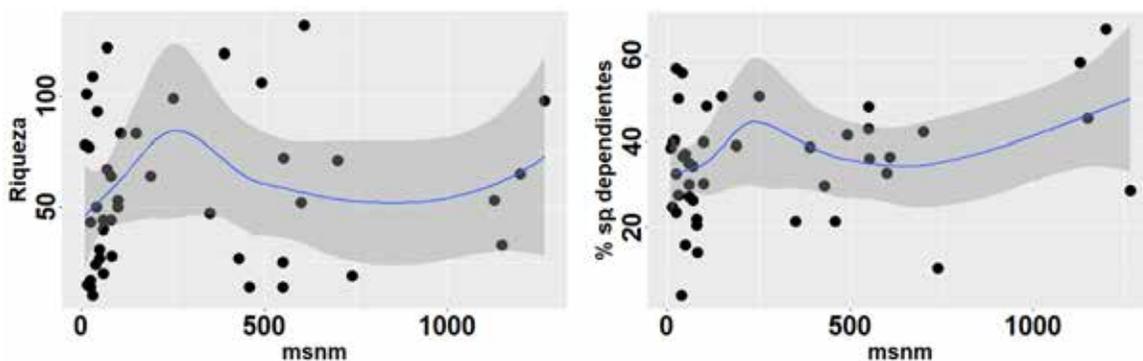
Esta área presenta, de manera preponderante lo que se denomina bosque seco con casi el 50% del área según la clasificación Holdridge (1996), principalmente en lo que concierne a la región noroeste.

Tiene reportada a la fecha aproximadamente 440 especies de aves (Chavarría-Durriau et al., 2018), lo que representa el 57% de las especies presentes en el país; entre estas, 240 son especies con presencia en todo el país, 60 son especies que se pueden ver tanto en la vertiente del Caribe como en el Pacífico, 60 son especies presentes en la zona central-norte y el Pacífico, y 75 son especies que sólo están presentes en la vertiente del Pacífico. En lo que respecta a los ecosistemas terrestres, de estas 440 documentadas, 303 son especies de ecosistemas terrestres, y de estas últimas 15 especies han sido reportadas únicamente para el Pacífico de Nicaragua.

En la vertiente del pacífico se logra observar un patrón de similitud de las comunidades de aves de acuerdo a la altitud (Figura 1), donde los pisos de 500 a 600 msnm y los pisos 1000 a 1200 msnm presentan la menor similitud con los restantes pisos altitudinales. Mientras que las comunidades más similares fueron las que estaban entre los 100 y 300 msnm. Esta agrupación debe ver con precaución considerando que no toman en cuenta variables como fragmentación del paisaje, y aislamientos entre parches. La zona de 500 a 600 msnm corresponde principalmente a los sitios en el departamento de Carazo, y las que están por encima de los 1000 msnm son los volcanes Maderas, Mombacho y la región de El Crucero.



**Figura 1.** Distribución de las aves según los pisos altitudinales, conglomerados a través del dendrograma de la similitud del índice de Jaccard. Se observa un grupo conformado por las aves de 0 a 500 msnm en la parte inferior, seguido de un grupo entre los 300 y 700 y finalmente un grupo por encima de los 600 msnm en la parte superior.



**Figura 2.** Riqueza de especies totales (izquierda) y del subgrupo especies dependientes de bosque (derecha) según el gradiente altitudinal. Es más evidente que en las especies dependientes de bosque el aumento con respecto a la altitud.

En cuanto a las alturas y su papel en albergar fauna única para la zona del pacífico, debe verse con precaución, pero hay publicaciones como la de Ghalambor et al. (2006) que refuerzan la teoría de Janzen (1967), sobre como las montañas en los trópicos son barreras de paso para las especies, limitando la capacidad de utilizar

otro tipo de ecosistema que no sean de altura, y de esta manera influyendo en el intercambio poblacional de las especies. Estas teorías están estudiadas considerando la influencia de la latitud, ya que, a mayores latitudes, mayor capacidad de intercambio y por ende menor aislamiento geográfico de las especies (Janzen, 1967),

haciendo que en las regiones tropicales la posibilidad que las especies queden aisladas sea mayor, lo cual hace los sitios como Volcán Mombacho, Volcán Maderas y El Crucero sitios con más especies únicas para la vertiente del pacífico, y las cuáles tienen más potencial de estar aisladas de las áreas más bajas.

Al analizar la relación de la altura y la riqueza de especies se encontró que no es significativa ( $p = 0.63$ ), por lo que a mayor altura no necesariamente significa mayor riqueza de aves (Figura 2). Al repetir el análisis solo tomando en cuenta las especies dependientes de bosque, si se logró ver una relación significativa ( $p = 0.02$ ).

A priori, las observaciones indican que los parches de bosque aumentan su área en las alturas de manera significativa, lo que puede estar teniendo relación con que haya mayor riqueza de especies dependientes de bosque, y refuerza la importancia de la protección de las zonas altas (más de 700 msnm) de la vertiente del Pacífico de Nicaragua.

### Zonificación y hábitats aves de la vertiente del Pacífico

Las especies que únicamente se han detectado en el área del Pacífico tienen un aumento relativamente significativo de Managua hacia Chinandega, mientras que al mismo tiempo las especies que son características de la vertiente del Caribe (y presentes en esta vertiente) son prácticamente ausentes en estos departamentos, pero están presentes en Rivas principalmente ( $p = 0.03$ ). Al documentar grupos específicos o especies comunes de la vertiente Caribe, como las aves hormigueras (Thamnophilidae), se observa que están mejor representadas desde el sur (Rivas) hasta el departamento de Managua, con la sola excepción del *Thamnophilus doliatus*, que está distribuido ampliamente en toda la vertiente. Igual ocurre con las especies del género *Habia*, como lo son *Habia rubica* y *H. fuscicauda*, que también tienen el hábito de seguir hormigas y en las cuales el 91% de nuestras detecciones fue entre Managua y Rivas, en los estratos altitudinales de los 200 a 800 msnm principalmente. Otro grupo de especies características de los bosques húmedos como lo son los furnáridos (Trepatorncos), también están mejor representados de Managua a Rivas donde se encuentran hasta el 60% de las especies detectadas con regularidad, y en todos los estratos altitudinales, pero especialmente hasta los 300 msnm en el departamento de Rivas.

Por otro lado, tenemos aquellas especies que al contrario de las hormigueras están mejor distribuidas del noroeste en Chinandega hasta Managua, en este caso serían *Thryothorus ludovicianus*, *Ortalis leucogastra*, *Psittacara strenuus*, y *Basileuterus lachrymosus*, son más restrictas a la vertiente del Pacífico y por decirlo de manera simple, son especies de los ecosistemas secos del país.

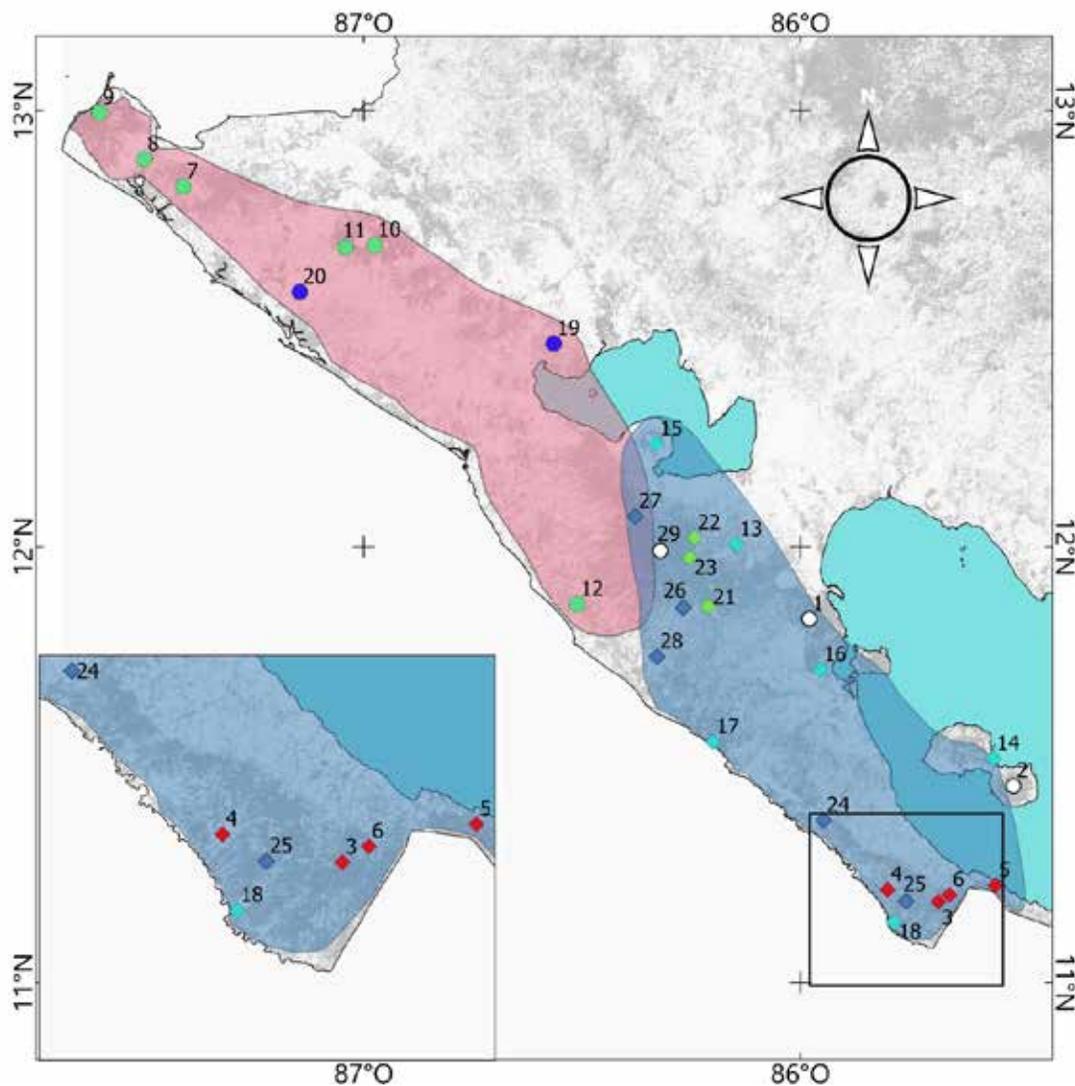
En relación a la distribución de estas especies según los estratos altitudinales, es notorio que las pertenecientes a la vertiente Caribe están por debajo de los 200 msnm, mientras que las especies que son detectadas sólo en la vertiente del Pacífico, no muestran una preferencia a un piso altitudinal en específico.

Un análisis de similitud entre las distintas localidades usando el índice de Jaccard, mostró que se formaban cinco agrupaciones, las que a la misma vez tienen una partición en dos zonas cerca de los 12 grados de latitud norte (Fig 3), y tres localidades no mostraron similitud con las cinco agrupaciones mencionadas. En cuanto a esta línea en los 12 grados donde se separaban las dos zonas, cuatro localidades quedaron localizadas, tales como son las reservas El Bajo, Natura, La Makina, Xiloá, y Finca el Tigüilote.

Las cinco agrupaciones y las tres localidades de baja similitud fueron analizadas posteriormente en cuanto a su relación con la latitud, longitud, precipitación y altura, donde presentaron diferencias significativas en latitud ( $F_{3,37} = 6.38$ ,  $p < 0.0002$ ), y longitud ( $F_{3,37} = 9.68$ ,  $p < 0.0001$ ), y la altura ( $F_{3,37} = 4.45$ ,  $p = 0.0020$ ), principalmente por las cumbres de más de 1000 msnm con aquellas por debajo de los 300 msnm; mientras tanto la precipitación no mostró diferencia significativa ( $F_{3,37} = 2.15$ ,  $p = 0.0800$ ).

Al caracterizar las dos zonas (por encima y debajo de los 12 grados de latitud), la primera está compuesta por los departamentos de Chinandega, León, y Managua; estos son sitios que se encuentran entre los 11.9 hasta los 13 grados de latitud, una precipitación entre 1500 y 1800 mm anuales y las alturas varían entre los 10 a los 1200 msnm, esta última se presenta en zonas como el Volcán Cosigüina.

La segunda zona la componen los departamentos de Managua, Masaya, Carazo, Nandaime, Granada y Rivas, estos sitios encuentran netamente en la región tropical, encontrándose de los 11.1 a los 12.4 grados latitud norte; la precipitación promedio es la mayor de las anteriores con rango de 1400 a 2100 mm anuales, y la altura con



**Figura 3.** Delimitación de las zonas del bosque seco con base al promedio del índice de Jaccard de los sitios como criterio de agrupación. Se notan tres grupos en base a la agrupación entre ellos, uno representado por círculos de colores al norte, otro representado por rombos al sur, mientras que en círculos blancos se marcan aquellos que no se agruparon. 1. Reserva Volcán Mombacho, 2. Volcán Maderas (Ometepe), 3. Finca Guadalupe, 4. Finca Nicadev, 5. Isla Vista, 6. Reserva Mono Bayo, 7. Hato Nuevo, 8. Cabaña Los Pozo, 9. Volcán Cosigüina, 10. Volcan Casitas, 11. Finca El Porvenir, 12. Reserva Natura, 13. Parque Volcán Masaya, 14. Istmo de Istíán (Ometepe), 15. Xiloá, 16. Reserva Domitila, 17. Chacocente, 18. La Flor, 19. Momotombo, 20. Finca El Ensayo, 21. Reserva Concepción María, 22. Reserva Privada Montibelli, 23. Chocoyero-El brujo, 24. Brito, 25. Reserva Silvestre Escameca Grande, 26. Bosques de Gaia, 27. Finca El Tiguilote, 28. Reserva La Makina, 29. Reserva El Bajo.

un rango de 0 a 600 msnm, siendo las mayores alturas las correspondientes a la meseta de Carazo. Como parte de esta zona están las localidades de los volcanes Mombacho y Maderas, y Reserva El Bajo los cuales no presentaron ninguna similitud considerable con ninguno de los otros sitios estudiados, siendo por lo tanto una suerte de islas en tierra del Pacífico de Nicaragua, con precipitaciones por encima de los 1850 mm anuales, y con alturas por encima de los 800 msnm.

### Influencia de la cobertura arbórea

La cobertura arbórea en el Pacífico es heterogénea, donde la zona suroeste (entre los 11 y 12 grados de latitud) presenta un paisaje con una mayor cobertura en comparación con la zona noroeste (de 12 a 13 grados de latitud).

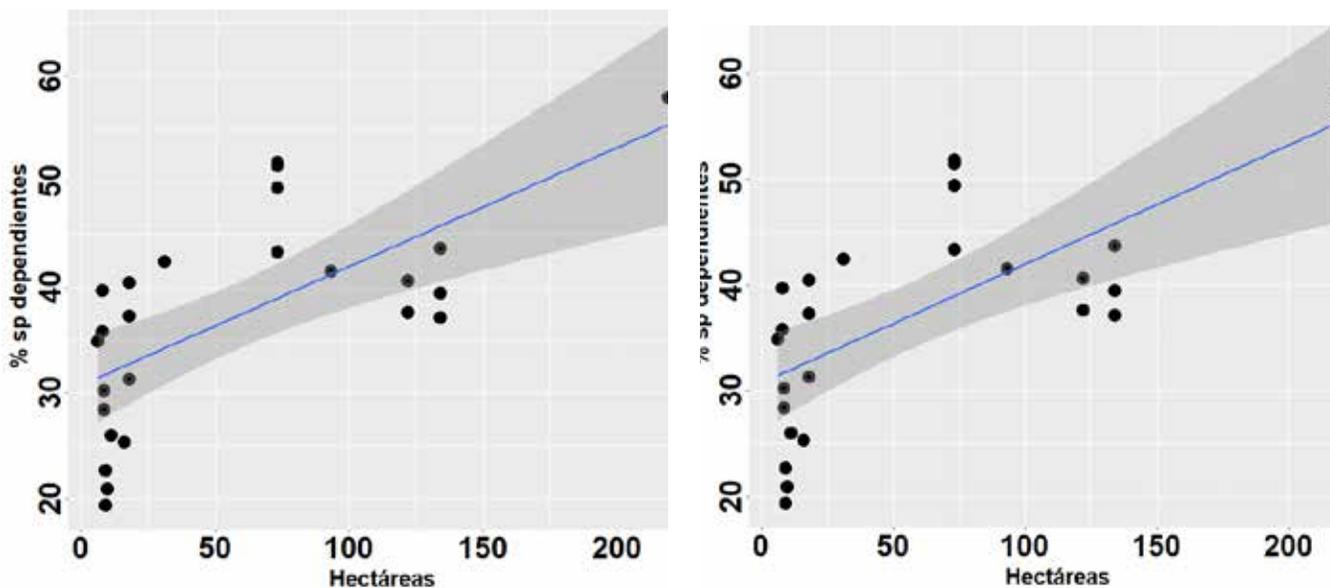
Las áreas que tienen mayor proporción de cobertura arbórea mostraron correlación negativa pero con poca significancia con la riqueza de especies de aves ( $R^2 = -0.3$ ,  $p = 0.544$ ), pero si fue positiva y relativamente alta al correlacionarla con el tamaño promedio de los parches de bosque en los paisajes, sin embargo no fue significativa ( $R^2 = 0.4$ ,  $p = 0.3207$ ).

Repetimos los mismos análisis, pero esta vez solo tomando en cuenta las especies dependientes de bosque y encontramos que la proporción de cobertura muestra correlación alta y negativa pero poco significativa ( $R^2 = -0.64$ ,  $p = 0.2624$ ), y donde si se logró ver una alta correlación positiva y significancia fue en el tamaño promedio de los parches de bosques y la riqueza de las aves dependientes de bosque ( $R^2 = 0.64$ ,  $p < 0.0001$ ; Figura 4) mientras la fragmentación, muestra una correlación alto pero poco significativa ( $R^2 = 0.55$ ,  $p = 0.1815$ ).

### Especies amenazadas y endemismos regionales

De acuerdo a la Lista Roja de especies de Nicaragua (Tórrez *et al.*, 2018), 16 especies del Pacífico se encuentran en algún tipo de amenaza según la Lista Roja nacional (Tabla 1). De estas sólo dos especies se encuentra en la Lista Roja mundial.

Entre las especies con mayor grado de amenaza (CR, siglas en inglés para "Critical"), destacan *Ara macao*, *Thryothorus ludovicianus* y *Quiscalus nicaraguensis*. En el caso de *A. macao*, es una especie de amplia distribución regional, pero que en Nicaragua ha sido relegada a algunas zonas del país, y se sabe que es



**Figura 4.** Proporción de las especies de bosques en las localidades, de acuerdo al tamaño promedio de los parches en hectáreas en el paisaje.

muy apreciada en el mercado ilegal de mascotas; *Q. nicaraguensis* es una especie endémica regional afiliada a los humedales de los grandes lagos principalmente, la cual está perdiendo hábitat natural y que además, lo afecta la variabilidad climática y, finalmente, el *T. ludovicianus* que es una especie distribuida en el norte de América hasta Nicaragua como límite sur, pero sus observaciones son escasas y limitadas a la región subtropical del país como los complejos volcánicos en Chinandega.

En resumen, podemos ver que la primera causa de amenaza es la pérdida de hábitat, la segunda es la cacería tanto para tráfico como consumo, y después las variaciones climáticas (Tórrez *et al.*, 2017).

Las especies que según Stattersfield *et al.* (1998) se consideran endemismos regionales son tres: *Ortalis leucogastra*, *Psittacara strenuus*, y *Saucerottia cyanura*.

Estas especies están ampliamente distribuidas en la región del Pacífico, a excepción de *O. leucogastra* que está mejor representada de Managua/Carazo a Chinandega en hábitats con cobertura continua, al igual que *S. cyanura* que se observa en hábitats con cobertura natural, contrario a *P. strunus* que puede observarse en hábitats urbanos.

### Aves y oportunidades de ecoturismo en la zona del bosque seco

En la región del Pacífico, el turismo de aves es una actividad con ventajas importantes que ayudarían a dinamizar el turismo de naturaleza en la región. Primero y más importante es la calidad y cantidad de vías de acceso, las acomodaciones y la cercanía al aeropuerto, y la ubicación misma de la capital, lo cual es una innegable ventaja desde el punto de vista logístico si lo comparamos con las otras regiones del país.

**Tabla 1.** Especies con algún grado de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, según sus siglas en español), tanto a escala mundial como nacional. Se muestran las amenazas más comunes

UICN Nacional	UICN Global	Especies	Ecosistemas <sup>1</sup>	Zona <sup>2</sup>	Amenaza
CR		<i>Ara macao</i>	BH, BSP	C, P	Tráfico
	VU	<i>Procnias tricarunculatus</i>	BHM	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Thryothorus ludovicianus</i>	BSP	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Quiscalus nicaraguensis</i>	HM	P	Pérdida de Hábitat / Variabilidad climática
EN	EN	<i>Amazona auropalliata</i>	BH, BSP	C, N, P	Tráfico
		<i>Buteogallus solitarius</i>	BH	C, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Lampornis calolaemus</i>	BMP	P	Pérdida de Hábitat
		<i>Peuceaea botterii</i>	BSP	P	Pérdida de Hábitat
VU		<i>Archilochus colubris</i>	BHM, BH, BSP, BMP	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Colinus cristatus</i>	BSP	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Dromococcyx phasianellus</i>	BHM	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Monasa morphoeus</i>	BH	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Ortalis leucogastra</i>	BSP	P	Cacería
		<i>Passerina ciris</i>	BSP	N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Penelope purpurascens</i>	BH, BMP	C, P	Cacería
		<i>Sarcoramphus papa</i>	BHM, BH, BSP	C, N, P	Pérdida de Hábitat
		<i>Vermivora chrysoptera</i>	BHM, BH	C, N, P	Pérdida de Hábitat

<sup>1</sup> Ecosistemas: BH (Bosque Húmedo), BHM (Bosque Húmedo Premontano), BSP (Bosque seco), HM (Humedales).

<sup>2</sup>Zona: C (Caribe), N (Norte), P (Pacífico).

Otra ventaja es que la vertiente del Pacífico ofrece una gran variedad de ambientes para la observación recreativa de aves y el desarrollo de programas de ciencia ciudadana.

Estos espacios van desde bosques de playa en la zona costera sur, ecosistemas azonales como la parte alta de la meseta de los pueblos y El Crucero, sabanas de jícaros en el occidente de la ecorregión, hasta los bosques húmedos de la zona de Cárdenas e istmo de Istián. Además, cuenta con una variedad de humedales, tales como manglares, lagunas cratéricas, áreas de pantanos, lagunas permanentes y estacionales en la costa de los lagos, y ríos estacionales. Con esta diversidad de ambientes, la vertiente de Pacífico es quizás una de las de mayor riqueza heterogénea de avifauna nicaragüense.

La oferta de actividades son bastantes numerosas para desarrollar el aviturismo. Estas acciones deben contar con un alto contenido de naturalismo, ya sea en la descripción de un comportamiento, o de un fenómeno observado en alguna especie (cambios en su periodo reproductivo, cambios de dieta, o ampliación de sus rangos de distribución local). Aunque hoy en día muchas aplicaciones digitales facilitan el registro en bases de datos y permite involucrar e interactuar con observadores, generando así una mayor cantidad de información.

### Avistamiento de especies

El avistamiento de especies es quizás la más realizada y promocionada tanto recreación como educación. Su utilidad es bastante amplia para fines científicos, ya que permite conocer la riqueza y abundancia de las especies. De la misma manera, estas se pueden realizar en cualquier sitio.

Sabemos que el observador de aves experimentado buscará una oferta de especies las cuales suelen estar asociadas con áreas continuas prístinas, o áreas de difícil acceso, así como especies únicas tanto a nivel regional como mundial, y en este sentido el Pacífico tiene por ejemplo un endemismo regional compartido con Costa Rica; una muestra de ello es el *Quiscalus nicaraguensis*, una especie presente en ecosistemas lacustres del lago de Managua y Granada principalmente.

Otra especie del Pacífico es la Chachalaca (*Ortalis leucogastra*), que es relativamente fácil de detectar en los bosques del municipio de Villa Carmen como Reserva Natura, y cuyo manejo es destinado a preservar la cobertura forestal del sitio intacta.

Aparte de estas especies relativamente restrictas, tenemos también a especies carismáticas por sus colores o interés entre las cuales resalta la Lapa Roja (*Ara macao*), la cual está mejor representada en los bosques del Volcán Cosigüina.

Es por lo tanto que la estrategia de aviturismo está constituida por una mezcla de accesibilidad, variedad de ecosistemas cercanos y especies relativamente únicas.

Los playones y pantanos en la costa del lago y litoral costero que ofrecen un espectáculo para la observación de aves playeras en la costa del Volcán Momotombo y en playones y salitrales del occidente, las colonias de chocoyos (*Psittacara strenua*) en los farallones en el Volcán Masaya, Chocoyero y en los barrancos de hormigón del Volcán Mombacho, colonias de oropéndolas (*Psarocolius montezuma*) en las isletas y en muchas fincas y reservas privadas que han resguardado los árboles que usan estas aves para anidar, colonias de lechuzas en el Cerro Sastepe en el Volcán Masaya, y varias colonias permanentes de zopilotes localizadas en este mismo sitio y en la laguna de Xiloá.

Estos lugares ofrecen un potencial de observación de comportamiento de las colonias y de conocimientos de una manera grata de la estructura social, jerarquías e interacciones intraespecíficas de estas aves gregarias. Además, son espacios que con un potencial para el desarrollo de investigaciones científicas.



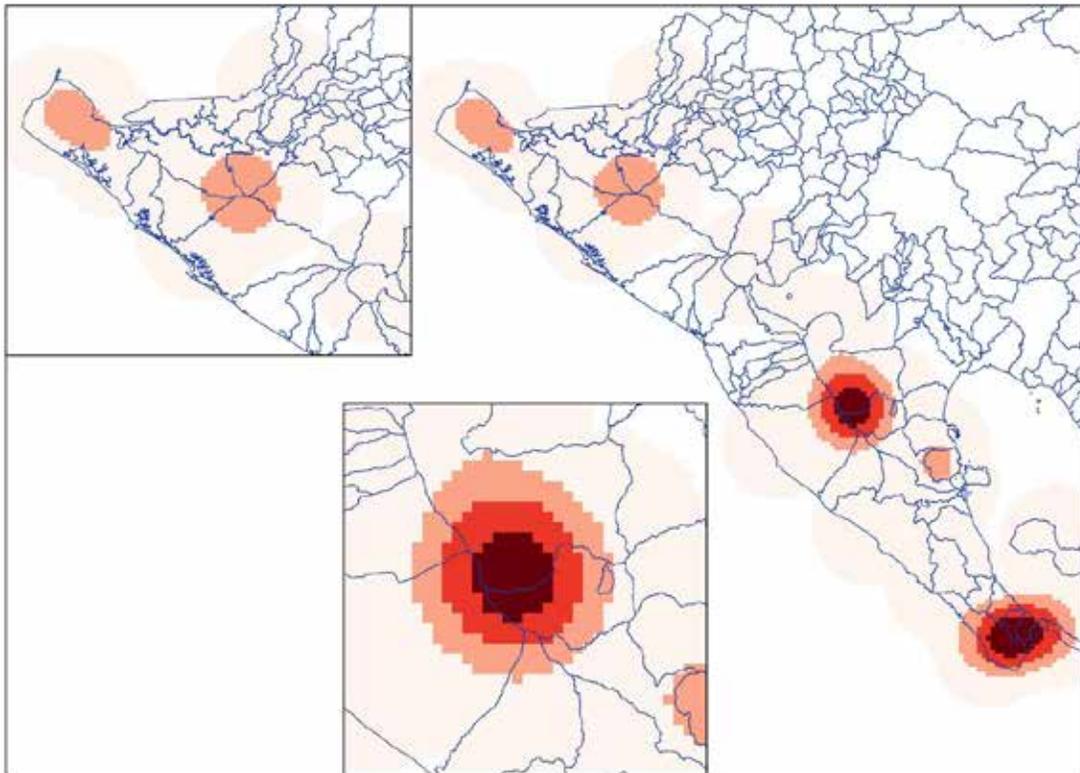
**Figura 5.** Fotografía de Perico frente naranja (*Eupsittula canicularis*).

## RELACIÓN DE LA FAUNA AVIAR CON OTROS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En los acápite anteriores hemos visto la relación directa entre los servicios ecosistémicos culturales que nos ofrece el bosque seco, ayudado por la presencia de fauna aviar y las características propias de cada sitio. Sin embargo, la preservación de zonas importantes para la conservación de las aves promueve también la generación de otro tipo de servicios como la producción de agua y regulación del clima.

Las principales áreas de recarga hídrica constituyen las partes altas de las unidades hidrográficas, es decir, la porción de terreno en donde las elevaciones son mayores (Figura 5).

Estos son sitios estratégicos para lograr la provisión de agua tanto a niveles superficiales como subterráneos, por lo cual una cobertura arbórea continua y densa es vital para aumentar la retención del agua pluvial, y disminuir la erosión. Igualmente, las zonas boscosas son potenciales sumideros de carbono y ayudan a la regulación del clima local.



**Figura 6.** Mapa de calor con los sitios con mayor densidad de especies dependientes de bosque. Las líneas azules delimitan las unidades hidrogeográficas, mostrando que los sitios de importancia para la fauna dependiente de bosque están ubicados en el parte agua de las unidades hidrogeográficas.

Las principales áreas de recarga hídrica constituyen las partes altas de las unidades hidrográficas, es decir, la porción de terreno en donde las elevaciones son mayores (Figura 5).

Estos son sitios estratégicos para lograr la provisión de agua tanto a niveles superficiales como subterráneos, por lo cual una cobertura arbórea continua y densa es vital para aumentar la retención del agua pluvial, y disminuir la erosión. Igualmente, las zonas boscosas

son potenciales sumideros de carbono y ayudan a la regulación del clima local.

En los análisis se observó que las especies dependientes de bosques y la altura del terreno estaban relacionadas, por lo que impulsar acciones dirigidas a conservar áreas forestadas y restaurar las deforestadas ayudará de manera paralela a aumentar la riqueza de especies y garantizar la recarga hídrica en las unidades hidrográficas que constituyen el Pacífico.

## IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

La vertiente del Pacífico de Nicaragua es una región geográficamente heterogénea en cuanto a la distribución de especies, riqueza, afiliación y/o dependencia de los ecosistemas; los desafíos para la protección de las especies son mayores si consideramos que los remanentes de bosque no están distribuidos homogéneamente en un área específica, ya sea en latitud como en altitud, demostrando que el reto va más allá de la simple protección de reservas o sitios específicos, sino que debe conllevar a un plan de conectividad y recuperación de las áreas naturales entre municipios y departamentos.

Una de las amenazas de la zona del bosque seco es la alta densidad poblacional, la cual es además histórica si tomamos en cuenta que desde tiempos prehispánicos existían asentamientos humanos importantes de posiblemente 10,000 habitantes cerca de Managua (Esgueva, 1996, p. 41), hasta 29,063 en lo que sería el día de hoy Granada (Werner, 2009, p. 30). La densidad poblacional, en zonas urbanas es un factor de riesgo por las demostradas afectaciones negativas hacia la biodiversidad (Cincotta, Wisniewski & Engelman, 2000; Luck, 2007), como la disminución de la proporción de cobertura arbórea a nivel general, pero además la reducción del tamaño promedio de los parches de bosques.

Por lo anteriormente mencionado vemos a grandes rasgos, que determinar la distribución natural original de la fauna aviar no es una tarea sencilla, pero a grandes rasgos podemos hacer un primer acercamiento donde

las especies se dividen por la latitud (al norte y sur de los 12 grados de latitud norte), y por la altitud, en tres pisos altitudinales (de los 0 a los 500, de los 300 a los 600 y más de 700 msnm) así de esta manera hay un grupo de especies afines entre managua y Chinandega divididas por los pisos altitudinales mencionados, otro grupo entre managua y Rivas, también divididos por lo por los pisos altitudinales, y un tercer grupo que está por encima de los 700 msnm principalmente en lo que serían los volcanes concepción, Maderas y el sector del Crucero-Las Nubes.

Por otro lado, aún quedan paisajes tanto en zonas altas como bajas que albergan parches boscosos de más de 50 hectáreas, los cuales sin duda alguna son refugios para especies de bosque y/o amenazadas.

Las especies dependientes de bosques prefieren los bosques de mayor tamaño en el paisaje, pero al mismo tiempo no muestran relación entre su riqueza y el estado de fragmentación del paisaje. Esto se puede interpretar como que este tipo de especies está logrando prosperar en los paisajes fragmentados siempre y cuando aún existan remanentes boscosos de tamaño relativamente grandes ( $\geq 50$  ha).

En los listados de especies se logra constatar un total de 290 especies, de las cuales 17 serían especies no reportadas por Chavarría-Duriaux et al. (2018), en la vertiente del pacífico. El departamento con más reportes fue Rivas con 70%, seguido por Granada con 17%, Chinandega con 11 %, y Managua con 5% (Tabla 2).

**Tabla 2.** Especies nuevas para la región pacífico, reportadas en el presente estudio

Especie	Localidad	Dept.	Altura	Longitud	Latitud
<i>Amazilia candida</i>	Volcán Maderas (Ometepe)	Rivas	1150	-85.5121	11.4509
<i>Amazilia tzacatl</i>	Brito	Rivas	24	-85.94709	11.3719
	Finca Guadalupe	Rivas	250	-85.6839	11.1855
	Finca Isla Vista	Rivas	150	-85.55341	11.2227
<i>Amazona farinosa</i>	Refugio Silvestre Chacocente	Rivas	20	-86.19996	11.5519
	Reserva Privada Mono Bayo	Rivas	100	-85.7577	11.1867
<i>Arremon aurantirostris</i>	Finca Guadalupe	Rivas	250	-85.6839	11.1855
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Finca Guadalupe	Rivas	250	-85.6839	11.1855
<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	Refugio Silvestre La Flor	Rivas	10	-85.78627	11.1387
	Reserva Natural Volcán Mombacho	Gran.	1130	-85.97980	11.8342

Especie	Localidad	Dept.	Altura	Longitud	Latitud
<i>Galbula ruficauda</i>	Finca Guadalupe	Rivas	250	-85.6839	11.1855
	Finca Isla Vista	Rivas	150	-85.55341	11.2227
<i>Glaucidium griseiceps</i>	Reserva Privada Domitila	Gran.	70	-85.9542	11.7176
<i>Gymnocichla nudiceps</i>	Finca Guadalupe	Rivas	250	-85.6839	11.1855
<i>Micrastur ruficollis</i>	Finca El Porvenir	Chin.	493	-87.04130	12.6867
<i>Nyctibius griseus</i>	Refugio Silvestre Chacocente	Rivas	20	-86.19996	11.5519
	Refugio Silvestre La Flor	Rivas	10	-85.78627	11.1387
<i>Ornithion semiflavum</i>	Finca Isla Vista	Rivas	150	-85.55341	11.2227
<i>Ortalis cinereiceps</i>	Refugio Silvestre Chacocente	Rivas	20	-86.19996	11.5519
	Refugio Silvestre La Flor	Rivas	10	-85.78627	11.1387
<i>Streptopelia decaocto</i>	Santa Julia	Chin.	17	-87.56632	13.0498
<i>Tachycineta bicolor</i>	Reserva Privada Domitila	Gran.	70	-85.9542	11.7176
<i>Thalurania colombica</i>	Reserva Mono Bayo	Rivas	107	-85.65819	11.2010
<i>Tyrannus savana</i>	Xilola	Man.	70	-86.32966	12.2356

Esperamos que las investigaciones continúen e incrementen para la vertiente del Pacífico, y que el presente documento sea un punto de partida para identificar faltantes y necesidades en esta línea; además es necesario que se valore de manera integral la biodiversidad de esta zona heterogénea y compleja en muchos aspectos, los cuales prometen grandes ventajas a la educación y el ecoturismo.

### Datos y procedimientos de análisis

Para la descripción de las especies, se utilizó como fuente primaria de información el listado de aves de Martínez-Sánchez (2007), actualizado por Chavarría-Duriaux, Hille y Dean (2018); en segundo lugar, se usaron datos provenientes de investigaciones, así como listados en los distintos sitios del Pacífico visitados por los autores.

**Tabla 3.** Localidad de acuerdo a lo departamentos

Departamento	Localidad	Altura	Longitud	Latitud	Tipo de bosque
Carazo	Reserva Privada La Makina	100	-86.3285	11.7476	Bosque Seco
	Reserva Concepción María	600	-86.2112	11.8634	Bosque Premontano
	Bosques de Gaia	550	-86.2681	11.8601	Bosque Premontano

Departamento	Localidad	Altura	Longitud	Latitud	Tipo de bosque
Chinandega	Belén	117	-87.0858	12.6279	Bosque Húmedo
	Cabaña Los Pozo	14	-87.5027	12.8889	Bosque Húmedo
	Finca El Ensayo	39	-87.1463	12.5842	Bosque Húmedo
	Finca El Porvenir	493	-87.0413	12.6867	Bosque Húmedo
	Finca La Florida	46	-86.9052	13.0376	Bosque Seco
	Finca San Miguel	11	-87.1574	12.7982	Bosque Húmedo
	Hato Grande	34	-86.8432	12.9466	Bosque Seco
	Hato Nuevo	31	-87.4132	12.8257	Bosque Seco
	La Salvia	43	-87.6158	13.0072	Bosque Húmedo
	Mocorón	61	-87.0161	12.7908	Bosque Húmedo
	Puerto Castilla	25	-87.3503	12.8673	Bosque Seco
	Ramsar Ecolodge	9	-87.4926	12.9588	Bosque Húmedo
	Reserva Apacunca	15	-86.9620	12.8750	Bosque Seco
	Santa Julia	17	-87.5663	13.0498	Bosque Seco
	Volcán Cosiguina	552	-87.5706	13.0005	Bosque Húmedo
	Estación Biológica Apacunca	15	-86.9615	12.8752	Bosque Seco
Volcán Casitas	1267	-86.9750	12.6918	Bosque Premontano	
Granada	Reserva Privada Domitila	70	-85.9542	11.7176	Bosque Húmedo
	Reserva Natural Volcán Mombacho	1130	-85.9798	11.8342	Bosque Premontano
León	Momotombo	80	-86.5650	12.4659	Bosque Seco
Managua	Finca El Tigüilote	430	-86.3779	12.0694	Bosque Seco
	Monte Tabor	460	-86.3217	12.0588	Bosque Húmedo
	Reserva Natura	80	-86.5108	11.8676	Bosque Seco
	Reserva Privada Montibelli	390	-86.2429	12.0198	Bosque Premontano
	Reserva El Bajo	700	-86.3208	11.9906	Bosque Premontano
	Xiloá	70	-86.3296	12.2356	Bosque Seco
Masaya	Parque Nacional Volcán Masaya	350	-86.1467	12.0054	Bosque Seco
	Reserva Chocoyero El brujo	610	-86.254	11.974	Bosque Premontano
Rivas	Brito	15	-85.9470	11.3719	Bosque Seco
	El Nancite-Los Tigres	83	-85.6494	11.226	Bosque Húmedo
	Finca Guadalupe	250	-85.6839	11.1855	Bosque Húmedo
	Finca Isla Vista	150	-85.5534	11.2227	Bosque Húmedo
	Refugio La Flor	10	-85.7862	11.1387	Bosque Seco
	Itsmo de Istian (Ometepe)	50	-85.5576	11.5130	Bosque Seco
	Volcán Maderas (Ometepe)	1150	-85.5121	11.4509	Bosque Premontano
	Reserva Mono Bayo	107	-85.6581	11.2010	Bosque Húmedo
	Reserva Privada Escameca Grande	100	-85.7577	11.1867	Bosque Húmedo
	Fincas Nicadev	60	-85.8005	11.2127	Bosque Seco
	Refugio Chacocente	20	-86.1999	11.5519	Bosque Seco

Estos listados fueron válidos si contenían al menos tres visitas al mismo sitio, para evitar tener datos de visitas casuales (Tabla 3), en los análisis numéricos que se realizaron.

Cada listado fue categorizado por hábitat según el uso de suelo y la cobertura arbórea, nombrándose finalmente de la siguiente manera: bosque denso, bosque joven, bosques ripario (aquellas franjas de bosque a menos de 25 m de la ribera), áreas abiertas (aquellas como potreros o áreas de sabanas), y áreas de cafetales.

Para inferir la distribución en el ecosistema natural de las especies se seleccionaron sólo los sitios que presentaban cobertura boscosa continua, y se calculó la similitud de las comunidades con base al índice de Jaccard.

Los resultados del índice de Jaccard y su conglomeración se utilizó como variable para hacer los análisis de correlación con las variables geográficas y climáticas tales como ubicación (latitud y longitud), altura sobre el nivel del mar (msnm), precipitación (mm anuales), porcentaje de cobertura boscosa; así mismo estas

variables se analizaron también con la riqueza de especies y las especies dependiente de bosque según Stotz et al. (1996).

Los análisis fueron realizados en R Core Team (2020). Para los índices de similitud de Jaccard se usó el paquete Reshape2 (Wickham, 2007). Las correlaciones de las variables descritas anteriormente (geográficas, climáticas y diversidad) se hicieron con base a modelos lineales mixtos y modelos lineales generalizados, y se seleccionó el mejor modelo de acuerdo a la bondad de ajuste más baja según el índice de Akaike (AIC). La cobertura arbórea se obtuvo de Hansen et al. (2013), y la métrica de la cobertura y el paisaje se hizo basado en McGarigal, Cushman, Neel, y Ene (2002), en el paquete Makurhini (Godínez-Gómez & Correa Ayram, 2020).

### Declaratoria de responsabilidad

El presente capítulo representa el punto de vista de los autores, y no necesariamente el punto de vista de las instituciones que representan.

## Referencias bibliográficas.

- Arendt, W.J. & Martínez-Sánchez, J.C.** (1996). Métodos Sistemáticos de Estudiar y Contar las Aves Terrestres. Disponible del primer autor en: USDA Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Sabana Research Field Station, HC 2 Box 6205 Luquillo, Puerto Rico.
- Bauer, G.P. & Arendt, W.J.** (2007). Conservación y turismo en cuencas críticas (“Conservation and sustainable tourism in critical watersheds”). Participating Agency Service Agreement, USAID/Nicaragua and US Forest Service, USAID-PASA No. 524-P-00-00-07-00007-00. Unpl. Fact Sheet. (2 pp.).
- Bergoing, J.** (1987). Reconocimiento geomorfológico de la vertiente del Pacífico de Nicaragua, América Central. *Revista Geográfica*, 106, 69-94. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/40992552>
- Chavarría-Duriaux, L., Hille, D.C. & Dean, R.** (2018). *Birds of Nicaragua: A Field Guide*. Ithica, NY, USA: Comstock Publishing Associates (Cornell University Press).
- Cincotta, R., Wisnewski, J. & Enge.**
- Cincotta, R., Wisnewski, J. & Engelman, R.** (2000). Human populations in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404, 990-992.
- De Anglería, P., De Andagoya, P., Sánchez, J., De las Casas, B., De Benavente, T., López, F. et al.** (1975). *Nicaragua en los cronistas de la India*. Managua: Papelería Industrial de Nicaragua.
- Esgueva, A.** (1996). *La Mesoamérica Nicaragüense* (1ª ed.). Managua. Nicaragua: Universidad Centroamericana.
- Fenzl, N.** (1989). *Nicaragua; clima, geografía, geología e hidrogeología*. Belem: Graf e Ed. Universitaria, UFPA.
- Ghalambor, C.K., Huey, R., Martin, P., Tewksbury, J. & Wang, E.** (2006). Are mountain passes higher in the tropics? Janzen’s hypothesis revisited. *Integrative and Comparative Biology*, 46(1), 5–17. doi:10.1093/icb/icj003
- Gillespie, T.** (2000). Rarity and conservation of forest birds in the tropical dry forest region of Central

America. *Biological Conservation*, 96, 161-168.

**Godínez, O. & Correa Ayram, C.A.** (2020). Makurhini: *Analyzing landscape connectivity*. <https://zenodo.org/badge/DOI/10.5281/zenodo.3771605.svg>

**Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O. & Townshend, J.R.G.** (2013) High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change: *Science*, 342, 850-853. <http://www.sciencemag.org/content/342/6160/850.abstract>.

**Howell, T.** (marzo-abril de 1964). Bird Collected in Nicaragua by Bernado Ponsol. *El Condor*, 66(2), 151-158.

**Janzen, D.H.** (Ed.) (1983). *Costa Rican Natural History*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.

**Lezama López, M., Martínez Sánchez, J.C. & Zolotoff-Pallais, J.M.** (2002). Historia preliminar de expediciones ornitológicas en Nicaragua; un análisis de la base de datos del museo de la Universidad de California en Los Ángeles, EEUU. *Encuentro* (61), 73-84.

**Martínez-Sánchez, J.C.** (2007). Lista patrón de las aves de Nicaragua. Managua: Alianza para las Áreas Silvestres.

**Martínez Sánchez, J.C. & Will, T.** (2010). *Thomas R. Howell's Check-list of the Birds of Nicaragua as of 1993*. Managua: The American Ornithologist's Union.

**McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C. & Ene, E.** (2002). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. [www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html).

**Morales, S., Osorno, D., Arendt, W.J. & Hernández, S.** (2007). Bird checklist Ometepe. Managua: Jerry Bauer. Recuperado de <https://isbn.cloud/en/9789992486849/bird-checklist-ometepe-island/>.

**Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura FAO** (2015). Densidad de población en América del Sur, Centroamérica y el Caribe. [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/americas/figure02\\_esp.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/americas/figure02_esp.pdf)

**R Core Team** (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

**Salmeron, P. & Arendt, W.J.** (2007). Bird checklist Montibelli private wildlife reserve. Managua: Jerry Bauer. Recuperado de <https://isbn.cloud/9789992486832/bird-checklist-montibelli-private-wildlife-reserve/>

**Salvin, O. & Godman, F.D.** (1904). *Biología Central-americana: Aves* (Vol. I). Londres: Taylor and Francis.

**Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker, T. & Moskovits, D.K.** (1996). *Neotropical birds: ecology and conservation*. Chicago, Illinois: Chicago Univ. Press.

**Stattersfield, A.J., Crosby, M.J., Long, A. & Wege, D.** (1998). *Endemic bird areas of the world Priorities for Biodiversity Conservation*.

**Tórrez, M., Arendt, W.J. & Sotelo, M.** (noviembre de 2013). Composición de aves del Pacífico Sur de Nicaragua enfatizando en las especies indicadores dependientes de bosque. *Mesoamericana*, 39-48.

**Tórrez, M.A., Chavarría-Duriaux, L., Mejía, C., Muñoz, F., Zolotoff, J.M., Herrera, H., Jarquín, O., Arróliga, O., Sotelo, M., Díaz, L. & Acosta, A.** (2018). Taxón aves. En Manzanares et al. (Eds.), *Lista Roja* (2da edición): Especies vertebradas en riesgo de extinción de Nicaragua (pp 19-28). Managua, Nicaragua: Jóvenes Ambientalistas.

**Werner, P.** (2009). *Etnohistoria de la Nicaragua Temprana: demografía y encomiendas de las comunidades indígenas*. Managua: Lea Grupo Editorial.

**Wickham, H.** (2007). Reshaping Data with the reshape Package. *Journal of Statistical Software*, 21(12), 1-20. <http://www.jstatsoft.org/v21/i12/>.

# CAPITULO VI

## MOLUSCOS DEL BOSQUE TROPICAL SECO DE NICARAGUA

Gabriel H. Vega R.<sup>1</sup>, Adolfo López<sup>2</sup> y Janina Urcuyo<sup>3</sup>

### Aspectos generales

Del filo Mollusca han sido encontrados en Nicaragua más de 200 especies continentales (Pérez & López, 2002; López & Urcuyo, 2008 y 2009; Vega, López, Urcuyo & Medina, 2016; Vega, López, Urcuyo & Canda, 2020). Estas se agrupan en las Clases Bivalva y Gastropoda, y pertenecen también a un grupo más grande junto con los Insectos, Crustáceos y Lombrices, denominado Macroinvertebrados, importantes por su creciente uso para establecer rangos de calidad de los cuerpos de agua y áreas terrestres en que residen. Nicaragua es un punto de encuentro estratégico en el istmo, para la fauna y flora del norte y sur del continente, con especies de la Biota en general y de los moluscos en particular, que exhiben rangos de extensión muy a menudo desde Estados Unidos, por la parte de arriba, y Brasil por el sur (Pérez & López, 2002; López & Urcuyo, 2008 y 2009).

Los ecosistemas terrestres predominantes en Nicaragua son, para el Caribe, sobre todo el Bosque Tropical Húmedo (BTH), y manifestaciones especiales como los pantanos, lagunas costeras y los sistemas agropecuarios introducidos paulatinamente en años recientes (Vandermeer et al., 1991; FUNDAR, 2004);

para el Pacífico, el Bosque Tropical Seco (BTS), conformado por las grandes planicies productivas y de uso urbanístico (Bonilla Vargas, 2014; Calvo-Solano, Quesada-Hernández, Hidalgo & Gotlieb, 2018 y Díaz, 2019), la cadena volcánica y los estuarios, entre otros; hacia la parte norcentral, el Bosque Tropical Submontano (BTHS), que sería la más importante variación paisajística de esa región, constituida por cerros con alturas cercanas o por arriba de los 1000 msnm, intercalados por pequeños valles y hondonadas.

El BTS se presenta como una gran manifestación de mosaicos en el oeste, con sus múltiples variaciones observables en la zona y sus aperturas hacia el este, pasando por la depresión de los grandes lagos, pero cada vez más acentuadas en lo que se conoció como “la Frontera Agrícola”, que hoy conforma un cinturón de pobreza y sistemas de producción muy desatendidos que se extiende siempre más hacia la costa Caribe (Bonilla Vargas, 2014; Calvo-Solano, Quesada-Hernández, Hidalgo & Gotlieb, 2018 y Díaz, 2019). La mayor parte de las especies de gastrópodos y bivalvas continentales se han colectado en estudios sistemáticos realizados en este gran ecosistema nacional seco, y en los lagos Cocibolca y Xolotlán, particularmente las grandes bivalvas, dadas las facilidades de acceso y

<sup>1</sup> Managua, Nicaragua, gabrielv@uca.edu.ni, ORCID: 0000-0001-8955-2482.

<sup>2</sup> Adolfo López de la Fuente, Managua, Nicaragua, alosi@uca.edu.ni, ORCID: 000-0001-5295-4656.

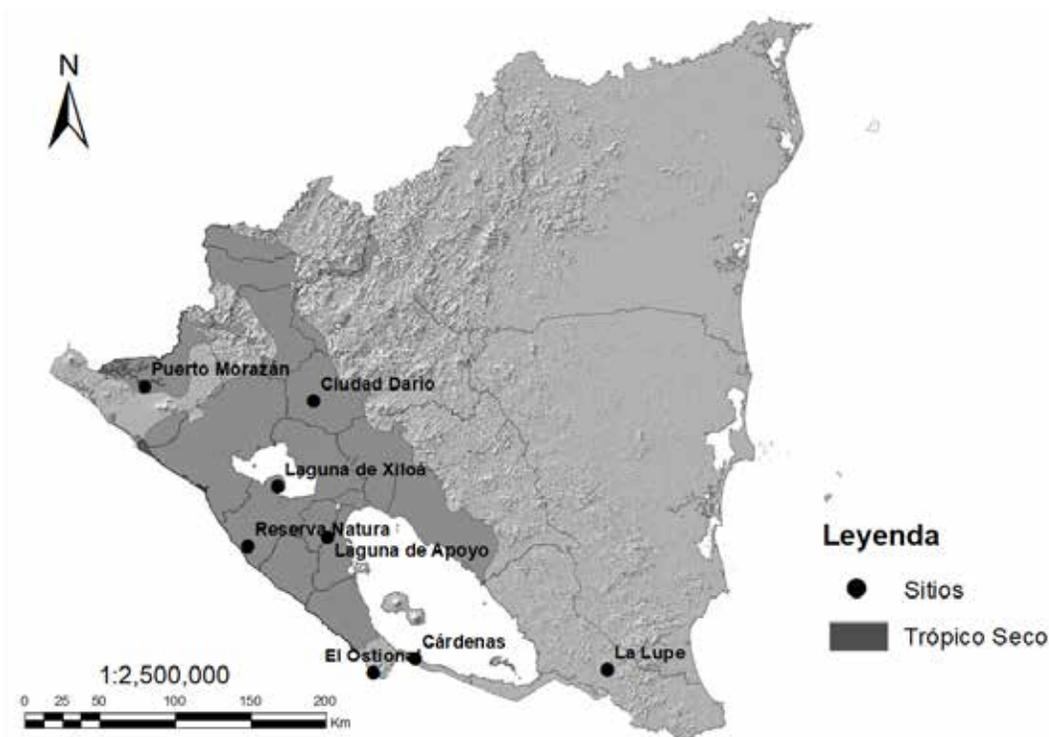
<sup>3</sup> Janina Urcuyo Ramos, Managua, Nicaragua, janina@uca.edu.ni, ORCID: 0000-0002-0722-4205.

cercanía ofrecidas por su ubicación (Pérez & López, 2002; López & Urcuyo, 2009; Vega, López, Urcuyo & Medina-Fitoria, 2016; Vega, López, Urcuyo & Canda, 2020); además se han realizado indagaciones puntuales en el escudo montañoso del centro-norte y esporádicas en el Caribe (Pérez & López, 2002; López & Urcuyo 2008 y 2009; López, Urcuyo & Vega, 2015; Vega, López, Urcuyo & Medina-Fitoria, 2016; Medina-Fitoria, Toval, Maes, Gutiérrez, Hernández, Vega, Debrix, Salazar, López & Urcuyo, 2018; Vega, López, Urcuyo y Canda, 2020), siendo el ecosistema submontano, el segundo en incidencia con incursiones más permanentes en Jinotega (Estación Biológica Santa Maura) y Matagalpa, además de locales en que se ha cubierto áreas submontanas y bajas que comparten manifestaciones tropicales húmedas y secas entre las que se desarrolla el Corredor Seco Mesoamericano de Nicaragua (CSM); mientras que en el bosque húmedo solo algunas incursiones puntuales. La investigación se ha dirigido especialmente a la sistemática: taxonomía y algunos aspectos de la biología; la biogeografía y ecología de especies, se ha realizado de forma general; faltando puntualizar aspectos ambientales como las relaciones especie-hábitat, validación de las respuestas a las condiciones ambientales en que viven, las nativas y las introducidas más recientemente.

Ello ha sido de igual manera para la región Mesoamericana, en que los estudios están a nivel de diversidad (Barrientos, 2003; 2010) y los patrones de distribución y abundancia respecto de las actividades antrópicas y el uso del suelo han sido poco revisados (González-Valdivia, Ochoa-Gaona, Cambranis, Lara & Pérez-Hernández, 2010; Pérez, Sotelo, Arana, y López, 2008); a pesar de ser ésta una de las zonas de mayor biodiversidad mundial (Crow, 1990; Guillén, 1999; Miller, Chang & Johnson, 2001) y que además sufre impactos ambientales catastróficos (Harvey & Sáenz, 2008; Meyer, 2014; Jordan, Schank, Urquhart y Dans, 2016), derivadas de las alteraciones provocadas a un nivel planetario y que han degenerado en una superficie terrestre en creciente fraccionamiento. Es de suponer que estos efectos son mucho más perceptibles en Centro América, pero sobre todo en áreas ubicadas en las diferentes manifestaciones del BTS. Así las cosas, la biodiversidad en general (componente biótico de estas áreas), requiere urgentes acciones de conservación (McNeill, 2000; Harvey & Sáenz, 2008; Ranganathan & Daily, 2008), con un conocimiento profundo a nivel ecosistémico y no con acciones desesperadas

que promueven únicamente soluciones inmediatistas (Idiáquez, 2013), y a largo plazo más destrucción y alteraciones complejas. El grupo de los moluscos es de gran importancia en el marco de las acciones a ser consideradas para la solución de los problemas presentados arriba; estos animales son utilizados en la dieta alimenticia de comunidades ancestrales asentadas en todo el territorio, así como en platillos típicos actuales como cocteles y cebiches (Barrientos, 2010; Vega, López, Urcuyo y Canda, 2020), pero también son potenciales transmisores de enfermedades (Yong, Gutierrez, Perera, Durand, Pointier, 2001; Coronel A., 2008; García et al., 2011; Vázquez, Castro, Castro & Mendoza, 2011; Standley et al., 2013; Krailas, Namchote, Koonchornboon, Dechruksa and Boonmekam 2014), y a su vez útiles en la elaboración de medicamentos (Pérez & López, 2002; López & Urcuyo, 2009; Vega, López, Urcuyo & Medina-Fitoria, 2016), actualmente sirven como indicadores del estado del medioambiente, una función que propone soluciones a muchos de los problemas de largo plazo en el territorio (Medina-Fitoria et al., 2018; Vega, López, Urcuyo & Medina-Fitoria, 2016), pero que implica mucho conocimiento adquirido. Por ello se hace necesario ahondar en la ecología de la mayor parte de sus especies y no solo hasta el nivel de familias como sucede actualmente, dado que su estudio se encuentra aún en el campo de taxonomía, es decir, que se desconoce su estado y relación con las áreas habitadas, con sus ecosistemas, sus condiciones y la maraña de interacciones o nichos que se desarrollan a niveles específicos.

En esta región natural del país se presentan dos manifestaciones paisajísticas identificables: Las del BTS propiamente dicho y el CSM, como una sub manifestación interna; ambas se caracterizan por presentar estaciones seca y húmeda semestrales, con una ligera tendencia a la reducción de la húmeda y una variabilidad climática más compleja y perjudicial en el CSM, que a su vez parece ser el resultado de acciones antrópicas dado que el fraccionamiento es más acentuado en esta franja (McNeill, 2000; Harvey & Sáenz, 2008; Ranganathan & Daily, 2008), llegando a establecerse sistemas productivos cada vez más extensos e intensos (Bonilla Vargas, 2014 ; Calvo-Solano, Quesada-Hernández, Hidalgo & Gotlieb, 2018 y Díaz, 2019), y dejando en el medio pequeños remanentes naturales con las características nativas, pero cada vez más deteriorados (Barrientos, 2010).



**Figura 1.** Área de estudio: Sitios a lo largo de la franja del BTS de Nicaragua, incluye dos áreas de transición-traslape seco-húmedo en La Lupe y Cárdenas-Ostional (mapa realizada por María Elena Salgado usando la delimitación del bosque seco propuesta por Castro-Marín y Gómez-Rivas, 2011).

## Moluscos del Trópico Seco de Nicaragua

### Hábitats y condiciones en que viven

En este capítulo se mencionan los efectos de dichas actividades en el BTS sobre la diversidad malacológica, ya que hasta ahora los temas se enfocan solo en el deterioro de la producción de alimentos para la comunidad humana; hacer ajustes en términos de causas - efectos sobre la biodiversidad (Moluscos en este caso) será, al menos en un primer acercamiento, los aportes aquí presentados, considerando el CSM como parte intrínseca del ecosistema tropical seco; igualmente se exponen rasgos de la ecología de algunas de las especies representativas del BTS y su avance o subsistencia en áreas de traslape o transición actual; se tratará de hacer aportes generales al estado de éstos en relación con las áreas ocupadas, haciendo, con el aporte de especialistas que ya han hecho su parte en este sentido, anotaciones sobre los rasgos más sobresalientes de su comportamiento en el territorio y los riesgos actuales en relación con sus capacidades de adaptación o resiliencia.

Nos enfocamos sobre la franja del BTS en áreas que

más o menos corresponden a las siguientes localidades: Estero Real, Chinandega; Ciudad Darío, Matagalpa; Xiloá-Apoyo, Managua y Masaya; Reserva Natural, El Carmen, y los sitios La Tortuga y Escameca Grande, Ostional, Rivas (Tabla 1). El complejo de Cárdenas en Rivas, correspondiente a las áreas del Río Tirurí, las Fincas Isla Vista y Mono Bayo que drenan al pacífico y al Cocibolca, conforman una zona de traslape del BTH y el BTS; por último un sitio en el área de amortiguamiento de la Reserva de Biosfera Río San Juan, considerándolo posible área de transición de Trópico Húmedo (Pluviselva) a Trópico Seco, pero que aparece aun dentro del BTH, de acuerdo con las especies presentes, que en ciertos sitios muestran una mezcla de las que representan condiciones del BTH y otras al BTS (Figura 1).

El rango de alturas en todo el territorio del trópico seco va desde menos de los 100 a 600 msnm, sobrepasando los 700 en una que otra localidad, las que de acuerdo con Holdridge (1996), presentan zonas de vida de bosque seco caducifolio a sub-caducifolio y húmedo perennifolio (Tabla 1). La apariencia particular del bosque o tacotales secos se puede observar a simple vista, tal como se presenta a continuación (Figura 2).



**Figura 2.** Área de estudio: Sitios a lo largo de la franja del BTS de Nicaragua, incluye dos áreas de transición-Vistas de tres áreas de bosques o tacotales de trópico seco durante la temporada seca.

Los medios observados también se subdividen en terrestres y acuáticos, en este último caso: estuarinos y de agua dulce. Manifestaciones diversas que establecen un mosaico intrínseco en el BTS, que constituyen hábitats riparios o de galería (la galería se da en áreas ribeñas como una línea de árboles bordeada por rastrojos a ambos lados del cuerpo de agua), bosques o tacotales internos en lagunas cratéricas (Apoyo y Xiloá), estuarios, humedales, bosques primarios, secundarios y tacotales. Las áreas de transición o traslape conforman hábitats con condiciones especiales que comparten las características de dos de los grandes ecosistemas del país: transición de BTH a BTS en zonas bajas o entre BTS y BTN en zonas que van más allá de los 600 msnm; y de traslape en el extremo suroeste en que los hábitats de Cárdenas son más húmedos y los de Ostional más secos; finalmente los matorrales y rastrojos encontrados sobre todo en la zona del CSM. Estos últimos y muchas de las manifestaciones de transición son conformaciones debidas a la incidencia antrópica, sobre todo de actividades agrícolas y

ganaderas en todo el país.

Evidentemente, por más que se quieran establecer límites rígidos a los ecosistemas, en el territorio siempre nos toparemos con serios retos ya que se observarán estas zonas de transición o traslape, que se pueden evidenciar con una simple revisión visual de las cubiertas arbóreas sobre la superficie, y a su vez, otras que avanzan hacia una agresiva antropización que cambia drásticamente los paisajes naturales empujándolos al fondo de la historia. La biodiversidad presente en su conjunto, muestra aún más flexibilidad respecto de los territorios y exhibirán capacidades de adaptación presentándose en bordes y áreas transitorias entre bosques bien conformados, primarios o secundarios y áreas productivas, caminos o poblados, lo cual pudiera indicar procesos de extinción o adaptación a largo plazo, pero que se pueden estudiar en el presente, dadas las indicaciones de calidad que se inferir vía presencia – ausencia de la biodiversidad, respecto de las áreas ocupadas.

**Tabla 1.** Nomenclatura de los sitios, localidad, UTM's y altitud.

Sitio	Localidad	UTM		Msnm
1	Puerto Morazán, Estero Real, Chinandega	486431	1418024	0-5
2	Ciudad Darío, Matagalpa	596113	1406972	458
3	Península de Chiltepe - Xiloá	569227	1357559	49
4	Reserva Natura, El Carmen, Managua	552937	1311929	67
5	Laguna de Apoyo, Masaya	604482	1315997	55
6	Ostional, Rivas	630637	1235313	1
7	Cárdenas, Rivas	657574	1240443	187
8	La Lupe, Boca de Sábalo, Río San Juan	787885	1231412	81

En lo referente al estado de los hábitats en relación con las especies en ellos presentes, las condiciones nativas más conservadas están representadas por *Helicina rostrata* y *Lucidella lirata* (Helicinidae), los géneros *Drymaeus* y *Orthalicus* (Orthalicidae), *Euglandina* y *Spiraxis* (Spiraxidae); mientras que Especies de los géneros *Lamellaxis*, *Glyphyalinia* y las especies *Huttonella bicolor*, *Praticolella griseola* y *Leptinaria insignis*, representan áreas de cultivo, rastrojos y pastizales, éstas son las que avanzan cada vez más hacia el este, conquistando áreas extensas de BTH, lo que representa un verdadero reto para el manejo sostenible del territorio nacional.

Esta sucesión, no solo de las condiciones ambientales, sino de las mismas especies, que parecieran cederse el espacio en el territorio, tanto en cuanto a avance hacia el BTH (Pérez et al., 2008; Secrest et al., 1996 y Pfenninger et al., 2007, citados por Barrientos, 2010; González-Valdivia et al., 2010; Sotelo et al., 2014 [esta cita no está en la bibliografía]; Vega et al., 2016), como en el establecimiento cada vez más amplio en los mismos reductos encontrados en áreas deprimidas del BTS; observaciones in situ muestran la colonización de sitios utilizados por especies de la familia Helicinidae, *Beckianum sinistrum* y *B. beckianum* (Subulinidae) y el grupo de micromoluscos, por especies como *Praticolella griseola* y las del género *Glyphyalinia* como una muestra ambigua, que podría significar agresividad de las invasoras, o que los hábitats invadidos están en el límite de subsistencia para las primeras (Vega, López, Urcuyo y Medina, 2016; Vega, López, Urcuyo y Canda, 2020).

Por otro lado, el CSM está aportando una gran presión sumada a la variabilidad y cambio climático cuyos efectos ya se observan, en el caso de Ciudad Darío es evidente que más del 90% del agua superficial corre solo en la temporada húmeda y gran parte de forma intermitente, o solo durante las lluvias, mientras que, la cubierta arbórea es presionada cada vez más por los usos agrícolas de subsistencia, pecuario (extensivo) y la extracción de leña (Vega, López & Salgado, 2020). A este paso *Pachychilus largillierti*, la única especie de aguas límpidas del área, va a desaparecer muy pronto y junto con ésta, todas aquellas especies de condiciones nativas en los hábitats terrestres; *P. Largillierti*, conocida comúnmente como “Chute o Chote” es una importante inclusión en la dieta alimenticia aborígen y aún utilizada en la actualidad, pero cada vez más rara, dada la presión a que ha sido sometida por los cambios de uso de suelo

y la contaminación de los cuerpos de agua en general. Estos cambios, al igual que los experimentados por la región en general son perceptibles en el deterioro de los microhábitats (Barrientos, 2010; Jordan, Schank, Urquhart y Dans, 2016), la alteración de la humedad (Hyman, 1967; South, 1992; Cook, 2001, citados por Barrientos, 2010) y el reemplazo de plantas nativas, factores determinantes para la existencia de la malacofauna continental (Barrientos, 2010); además los moluscos, por su baja capacidad de dispersión, son sensibles a la fragmentación del hábitat (Secrest, Willig & Peppers, 1996 y Pfenninger et al., 2007, citados por Barrientos, 2010).

La biodiversidad en general y los gastrópodos terrestres en particular suelen ocupar todas las condiciones que provee un hábitat (la Clase Gastropoda es la única del filo Mollusca que ha conquistado los suelos), en efecto unas especies prefieren las cortezas y hojas de árboles y arbustos, realizando todas sus actividades y alimentándose del follaje ofrecido por las plantas o por el musgo y otras partículas alojadas en las superficies, denominándose por ello arborícolas; otras se encontrarán sobre la hojarasca, participando así en la primera fase de detritación de la materia orgánica gruesa depositada en el suelo, esta es la capa más externa y observable de la superficie; otras se ubicarán en la primera capa del humus y algunos más abajo, pero sobre todo se trata de un trabajo de descomposición, en el que participan gastrópodos desde medianos hasta micromoluscos, en los diferentes niveles del material depuesto sobre la corteza terrestre conocida como mantillo, capa que tendrá, un grosor promedio de 10 cm, en dependencia de lo conservado del sitio, ya que áreas intervenidas casi no presentan nada sobre la superficie del suelo, más que rocas y algunas raíces superficiales (observaciones *in situ*).

Por otro lado, las condiciones provistas por el hábitat, es decir, el ambiente prevaleciente, se manifestará siempre dependiente de la cubierta vegetal, la textura del paisaje y las características del suelo y el agua; así tenemos que las penumbras y sombras se presentarán en cubiertas vegetales propias de bosques primarios, secundarios o tacotales bien conformados, estas condiciones se acompañan de la cubierta de hojarasca, y grosor de humus (tierra viva) y presencia de raíces de diversas formas, según la variedad de plantas desde leñosas, palmeras, lianas y el sotobosque encontrado al ras del suelo; tenemos también otros elementos como

rocas de diversas formas y tamaños que servirán de sustrato o refugio; esta variedad de condiciones, que es el medioambiente circundante a la biodiversidad, comprende una combinación de elementos que de existir, permite una alta abundancia y riqueza de especies (Álvarez & Willig, 1993). Mientras que los rastrojos, áreas agrícolas y pastizales se comportan totalmente diferentes, presentando disminuciones de la hojarasca, humus y raíces; en ellos solo se encontrarán especies tolerantes a esos niveles de pobreza y que desarrollan sus actividades a cielo abierto (Álvarez & Willig, 1993); finalmente está la zona de borde, esa franja o área que conjuga en una suave o abrupta transición los elementos de dos áreas probablemente distintas, por ejemplo, cultivo de café y área de reserva. Evidentemente las conformaciones terrestres siempre tendrán estas características con más o menos de los ingredientes diferenciadores, en dependencia, por ejemplo, de si se trata de un bosque caducifolio, más bajo y semiabierto (BTS), en contraste con zonas tórridas con árboles perennifolios mucho más grandes (BTH), o permanentemente cubiertos por la neblina (BTN).

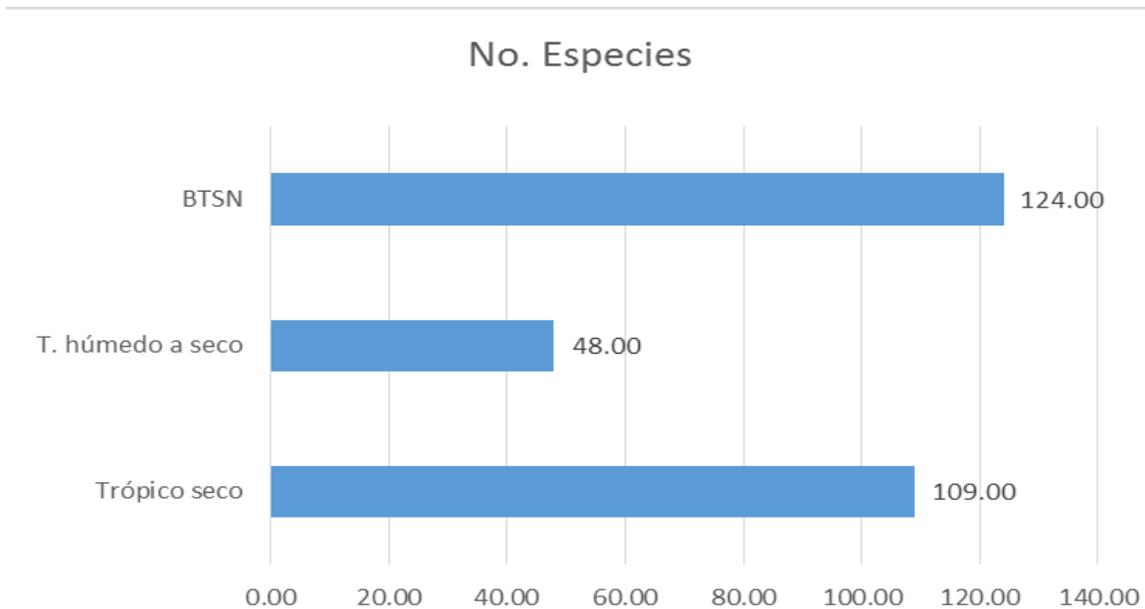
Las especies acuícolas, a diferencia de las terrestres, representan dos clases del filo: Gastrópodos y Bivalvas,

se presentarán en lagos y lagunas, ríos, quebradas y escorrentías mínimas; las condiciones ambientales también varían desde aguas lénticas hasta lóxicas, estancadas y rápidas, limpias y turbias.

Estas condiciones estarán provistas por los fondos y orillas, la presencia de plantas a la orilla o en los fondos, rocas o lodos, en fin, el solo hecho de que hubiere material vegetal y humus en remanso ya crea condiciones especiales para la existencia de unas especies o la ausencia de otras (Willig & Camilo, 1991; Álvarez & Willig, 1993). Igualmente, aquí las diferencias regionales (BTS-BTH-BTN), estarán asociadas a la presencia permanente del agua en sus cursos, caudales, sobre todo.

### Ecología y biogeografía malacológica en el BTS

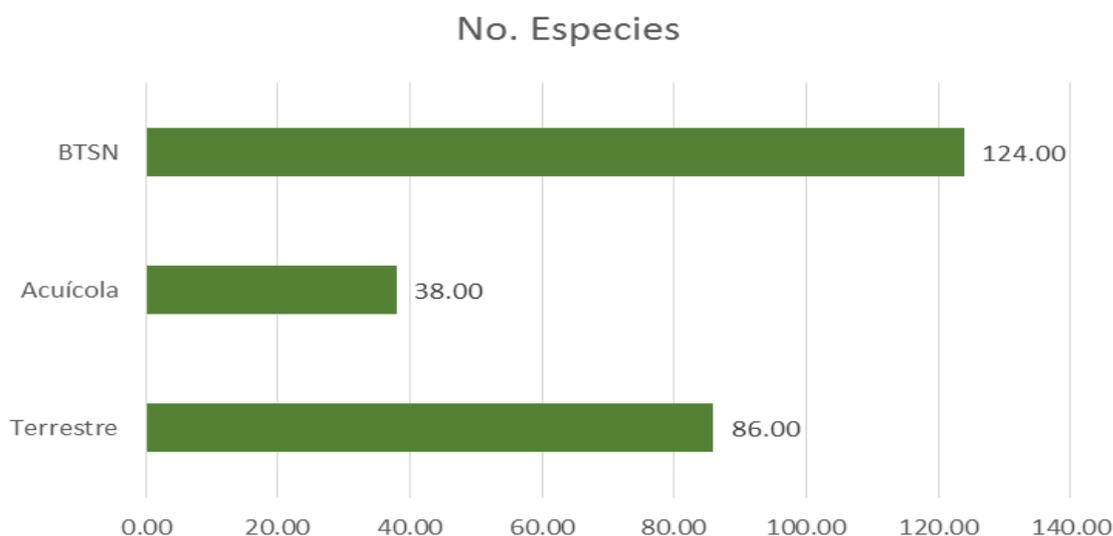
De acuerdo con Barrientos (2010); González-Valdivia et al. (2010); Sotelo, Tórrez, López y Arendt (2014); Vega, López, Urcuyo y Medina (2016); Vega, López, Urcuyo y Canda (2020), los gastrópodos terrestres se agrupan en las manifestaciones naturales o intervenidas de los bosques tropicales, según sus preferencias de hábitat.



**Figura 3.** Total de especies encontradas en el BTSN y desglose por subdivisión territorial.

El BTS cuenta con 124 especies hasta ahora, algunas de ellas quizá aún no reconocidas por la ciencia; 86 de estas son terrestres y las restantes 38 acuícolas (Figura 3); 109 de ellas se encuentran en el área correspondiente a la distribución del bosque seco propiamente dicho, y se les puede considerar representativas de éste, si consideramos las áreas de cultivo y pastizales además de las zonas deprimidas; 48 se presentan en las áreas de transición y traslape, entre éstas se cuentan especies propias de condiciones más húmedas y otras que aporta el BTS con un reporte total de 157 dado el efecto de repetición de especies en ambas subdivisiones (Figura 3).

Por otro lado, en la rígida subdivisión ecosistémica de terrestres y acuícolas, los moluscos exhiben su desarrollo evolutivo por separado; donde las presentes en tierra firme son las últimas en aparecer en ecosistemas distantes del punto de origen de los moluscos: los ecosistemas marinos, lo cual no interfiere con el aspecto de especiación generalizada en todo el planeta. Así tenemos 86 especies terrestres y 38 acuícolas; este es un reporte puntual que podría ampliarse en el futuro, ya que aquí falta la mayoría de las grandes bivalvas del Cocibolca y Xolotlán (Figura 4).



**Figura 4.** Total, de especies encontradas, ecosistemas terrestres y acuícolas.

Las especies se presentan de acuerdo con los hábitats encontrados, cada uno de éstos muestra diferentes ambientes, lo cual nos da una idea de las condiciones originales en el ecosistema en mención y las incidencias antropogénicas que siguen introduciendo variaciones decisivas en esas condiciones primitivas.

Por eso es importante la identificación de los hábitats en cada sitio, para reconocer todas las facetas posibles del ecosistema, con el fin de mostrar los hábitos de las especies y sus preferencias. Para el BTS se observan 56 hábitats que serán expuestos en áreas por separado, estos exhiben condiciones y nichos ecológicos determinantes para la presencia de unas especies y la ausencia de otras; además sus hábitos alimenticios, parentales y preferencias ecosistémicas, indican capacidades de adaptación y resiliencia ante una gama de variaciones climáticas y de cambios actuales que se operan en la

superficie del suelo o de los lechos acuáticos en que habitan.

Los gastrópodos son muy exitosos en ambientes terrestres. En el BTS han 'conquistado' prácticamente todas las condiciones disponibles, desde nativas hasta muy intervenidas, presentándose en ambientes secos y pelados, tal es el caso de *Praticollela griseola*, *Glyphyalinia indentata*, *Glyphyalinia* sp. y de la familia Subulinidae: *Lamellaxis gracilis* y *L. micra*, todas ellas abundantes en rastrojos y áreas de cultivo en uso o abandono, en las que son encontradas bajo las rocas y en el suelo ocasionalmente como plaga. Las que representan condiciones nativas son en su mayoría de las familias Helicinidae: *Helicina rostrata* y *Lucidella lirata*, muy abundantes en áreas con condiciones nativas particulares aún existentes en remanentes de territorios dañados, pero que pueden ser tratados para

su conservación; Orthalicidae, del género *Drymaeus* y *Orthalicus princeps*, muy abundantes en áreas riparias y formaciones boscosas desde medianamente a muy conservadas, se presentan en plantas y árboles desde la base hasta el dosel. El grupo de los micromoluscos de la hojarasca y el humus son especialmente detritívoros; aquí se encuentran los pupílidos de las familias Vertiginidae y Pupillidae, así como un grupo de especies de diversas familias como las pseudobabosas de la familia Euconullidae y otras familias como Zonitidae, Thysanophoridae, entre otras, con especies que se pueden presentar en áreas de borde o francamente abiertas como *Euconulus pittieri*, *Guppya gundlachi*, *Hawaiiia minuscula* y *Leptinaria interstriata*, este grupo se difunde por todo el territorio nacional con mucho éxito. Finalmente están los carnívoros o depredadores de la familia Spiraxidae, muy diversos con las especies más grandes del país del género *Euglandina*: *Euglandina sowerbyana*, *E. exangustata*, *E. jacksoni* y *E. cumingii* y quizá los más pequeños, de los géneros *Spiraxis* y *Micromena*: *M. minuta* y *M. perminuta*, estos dos, presentes solo en bosques conservados entre primarios y secundarios de nebliselva o de altura.

Las especies terrestres se asocian a prácticamente todos los hábitos alimenticios, entre ellos están: a) Los arborícolas, forrajeros de musgo y macrohongos que habitan la superficie de plantas y rocas, representados por *Helicina rostrata* y todas las de los géneros *Drymaeus* y *Orthalicus*, viven en bosques bien conservados o riparios poco intervenidos, b) Los detritívoros del humus y la hojarasca, una de sus principales funciones en el medio: hasta un 20% del humus es producido por moluscos terrestres en los suelos (López & Urcuyo, 2009), con todos los micromoluscos y otros medianos, en este grupo están especies de las familias Subulinidae: *Subulina octona*, *Lamellaxisi micra*, *L. gracilis*, *Leptinaria lamellata*, *L. interstriata* y *L. insignis*; Zonitidae: *Hawaiiia minuscula*, *Glyphyalinia indentata* y *Glyphyalinia sp.*, Systrophiiidae: *Miradiscops opal* y *M. panamensis*, y las dos especies del género *Drepanostomella*, incluidas todas las especies de Pupílidos, como las de los géneros *Gastrocopta*, *Sterkia*, *Pupisoma* y *Bothriopupa*; finalmente c) El grupo de los depredadores, constituido por la familia Spiraxidae, desde micromoluscos de los géneros *Spiraxis* y *Micromena*, hasta los grandes carnívoros del género *Euglandina*.

Las especies acuícolas cuyos hábitos son de filtración,

en el caso de las bivalvas; y de absorción en la columna de agua y raspado de superficies y fondos en el caso de los gastrópodos. Estos últimos se presentan, según sus hábitos alimenticios y preferencias, en todos los cuerpos de agua desde muy contaminados, sobre todo las familias Planorbidae, Physidae, Thiaridae y Ancyliidae; mientras que en aguas más limpias y de permanente fluido, se puede observar únicamente a *Pachychilus largillierti* de la familia Pleuroceridae, y ocasionalmente ancyliidos, physas y plarnórbidos como *Hebetancyclus excentricus*, *Aplexa nicaraguana*, *Physella squalida* y *Biomphalaria havanensis*; *Melanoides tuberculata*, especie exótica, se encuentra ampliamente distribuida en casi todos los hábitats, excepto los más limpios. Ello hace suponer que el medio presenta una buena constitución y diversidad en que se dan todos los hábitos necesarios dentro de la Red Trófica.

Se observan así, especies adaptadas, unas a diversos niveles de contaminación, otras a la desecación y sedimentación, así como la intermitencia de fluido de los cuerpos de agua. La Clase Bivalva, especialistas en filtración, 2 de ellas las pequeñas, *Eupera cubensis* y *Pisidium abditum* denominadas “uña de dedo” con menos de un centímetro, presentes en cauces menores y principales, llegándose a localizar en escorrentías muy superficiales (*Pisidium abditum*) que requieren condiciones húmedas permanentes, y es por eso que se podrían considerar extintas de muchas localidades en que la variabilidad climática y la extensión de las temporadas secas es un hecho, tal es el caso de todas las áreas dentro del CSM y otras en el BTS en general. Las especies mayores, ente ellas *Anodontites montezuma*, dado su tamaño, se localizan en cauces principales o en desembocaduras de las quebradas con mucho lodo y agua.

Se mencionan también especies no determinadas o no reconocidas para Nicaragua, las no determinadas: *Glyphyalinia sp.*, y *Systrophia sp.*, también hay dos de las que se desconoce su género y se mencionan como Gen. sp. 1 y Gen. sp. 2, la primera es terrestre y la segunda acuícola, de la última se desconoce su familia; el caso de extensiones de rango, son especies que se esperaban para el país, pero que no han sido encontradas y se les antepone el cf. (*confer* o parecido a) al nombre específico del binomio hasta que no se demuestre lo contrario, entre estas tenemos *Gastrocopta cf. contracta* y *Galba cf. cubensis*.

## **Análisis del BTS por áreas representativas**

### **Complejo Estero Real, Chinandega - Ostional, Rivas**

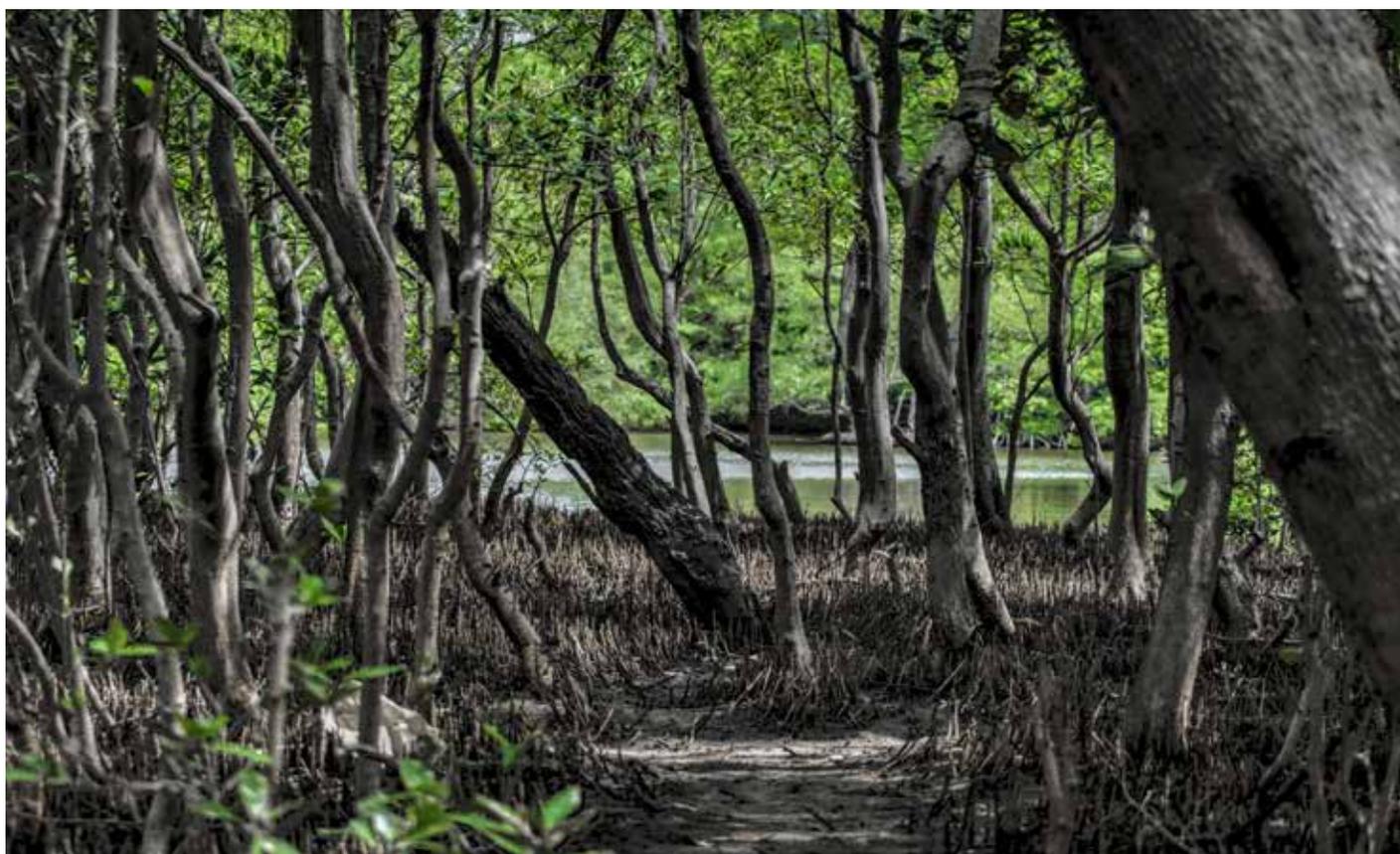
Estos 3 sitios son cercanos a la costa y reúnen condiciones comunes, La Tortuga y Escameca Grande, en el istmo de Rivas, y Pto. Morazán en el extremo noroccidental en Chinandega; los dos primeros adscritos a los ríos La Flor y Escameca Grande, el último en el estuario; el primero se aleja de la costa y es influenciado por riparios y fondos muy secos, con especies acuícolas adaptadas a sus condiciones y terrestres propias del BTSN. El caso de Puerto Morazán es atípico y representativo de estuarios, en éste la especie terrestre es una invasora de áreas reforestadas recientemente, igualmente se trata de un exponente neto del BTSN (Figura 5).

En estos sitios se observan 5 hábitats: dos acuícolas, ambos estuarinos en los dos extremos del país (Estero Real y Escameca Grande); tres terrestres de formaciones riparias, con presencia de especies dulceacuícolas en los lechos, y al encontrarse en la parte más cercana a la costa,

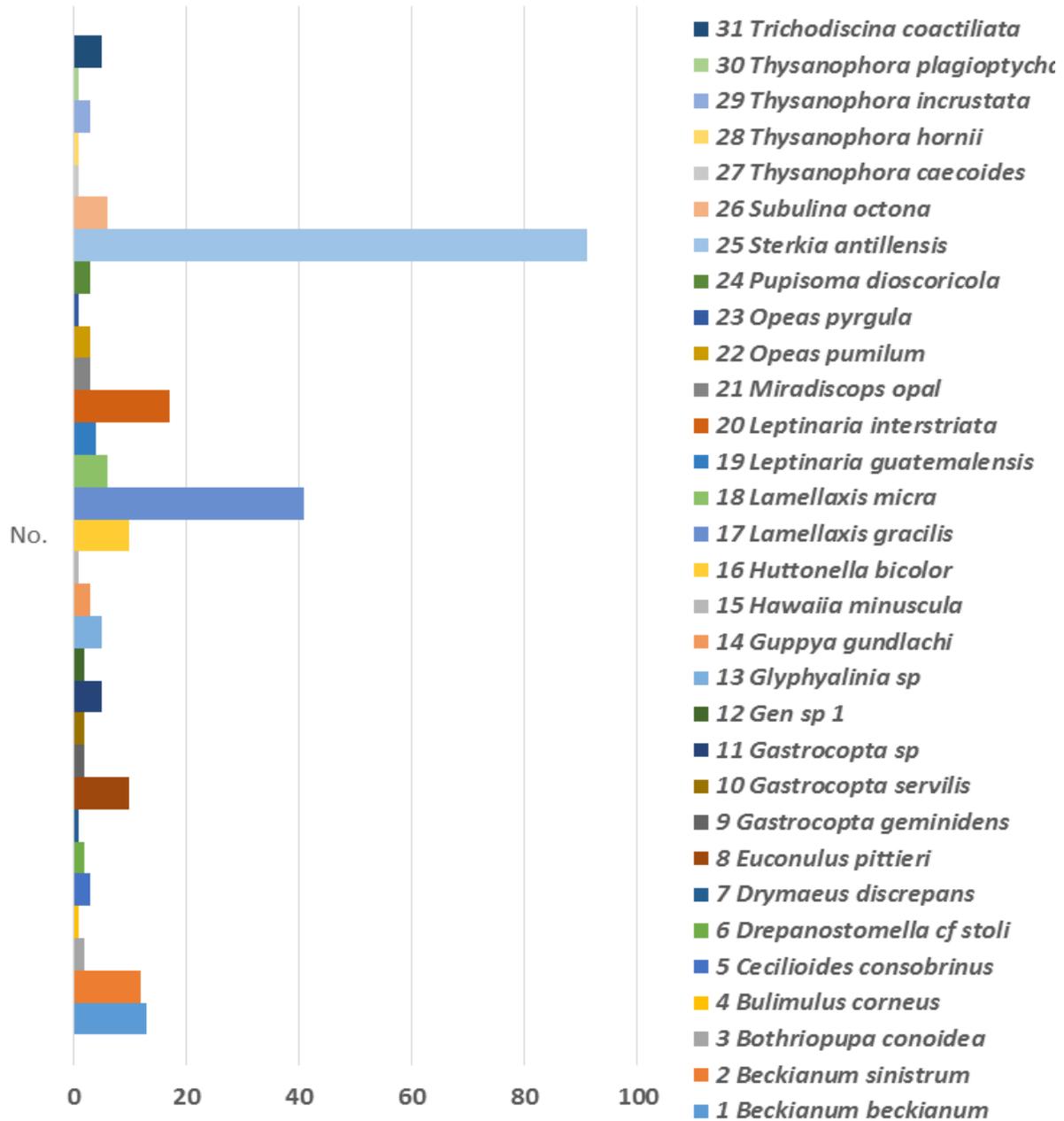
definidos los estuarios. La Tortuga, en el río la Flor, de formación riparia intervenidas, con árboles grandes dispersos por el área y remanentes en forma de tacotal, propios de ecosistemas de bosque seco, pero mostrando una transición desde húmedo que se confunde con el seco muy cerca de la costa, experimenta una fuerte incidencia de las orillas del río, exponiendo un lecho pedregoso con mucho material erosionado conformado por hojarasca y humus.

Por su parte el área de Puerto Morazán con estructuras artificiales que constituyen las pilas de crianza del camarón y los bordes de las mismas, consistentes en árboles de Neem con matorrales como rastros ralos, e incidido por la desembocadura del cauce del poblado y el manglar en la línea costera.

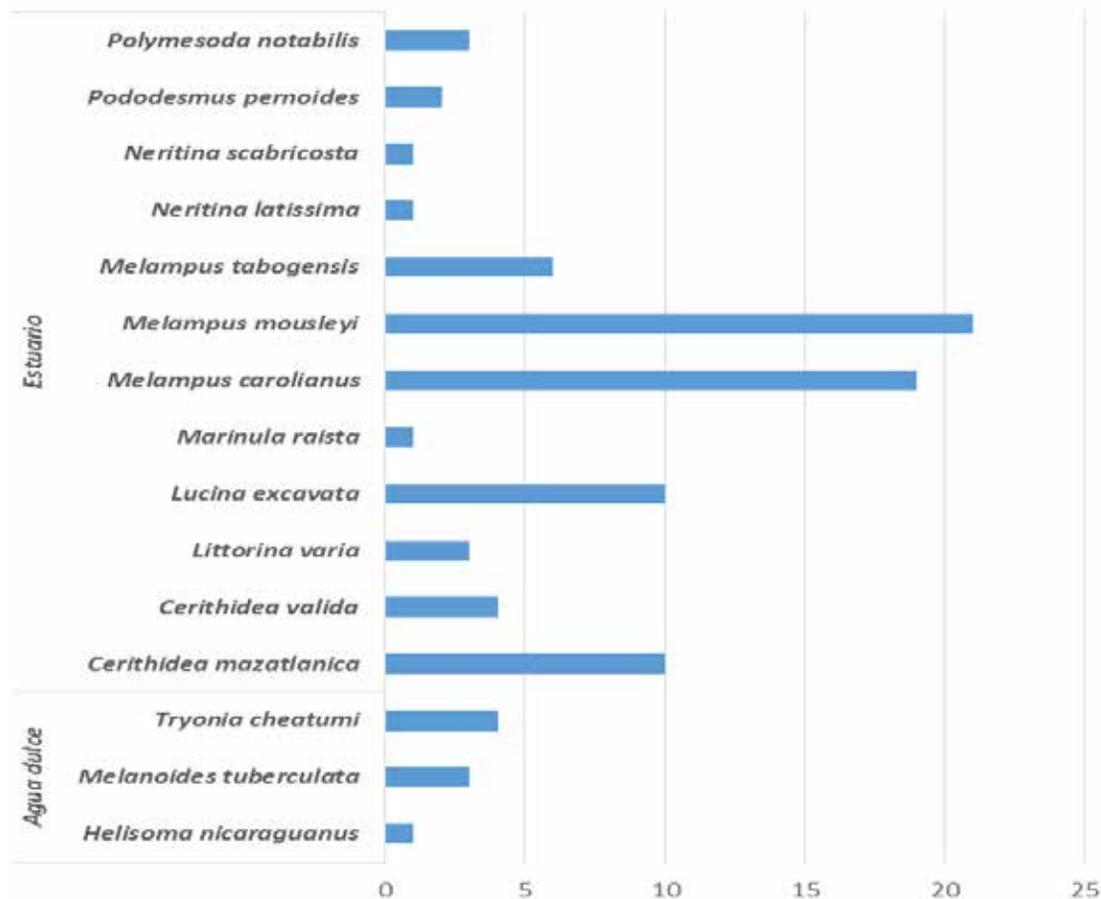
El total es de 46 especies, 31 terrestres y 15 acuícolas (Figuras 5 y 6), 12 son estuarinas, observables en remansos fuera del cauce o en los lechos. Para las terrestres, el bosque ripario con tacotal es el más diverso con 31 especies (Figura 5).



**Figura 5.** Bosque de manglar del pacífico de Nicaragua. Fotografía Milton Ubeda.



**Figura 6.** Complejo E. Real-Cárdenas, Especies terrestres, donde cada fila representa una especie, se puede observar la riqueza por especie.



**Figura 7.** Complejo E. Real-Cárdenas, donde cada fila es una especie con su número de especímenes, se observan tanto estuarinas como de agua dulce.

No se observan aquellas que indiquen la transición de seco a húmedo, a excepción de *Sterkia antillensis*, pero ésta suele presentarse en áreas conservadas tanto en el BTS como del BTH. *Lamellaxis gracilis* presente en 2 de las 3 áreas, pero es la única en las formaciones resemebradas entre los estanques camaroneros de Puerto Morazán, al parecer la primera en colonizarlo, ésta se encuentra entre las especies más agresivas que pudiera estar entrando también en áreas abiertas por el ser humano en el BTH (Barrientos, 2010; Vega, López, Urcuyo & Medina, 2016; Vega, López, Urcuyo & Canda, 2020).

De las 12 especies consideradas aquí estuarinas (Figura 6), al menos las de la familia Neritidae son reconocidas como tal, y se presentan en ambos estuarios; el resto, tanto de bivalvas como gastrópodos se encuentran en Puerto Morazán, entre el mangle y los estanques camaroneros y se incluyen como estuarinas dada su ubicación totalmente continental, la utilización de plantas como hospederas (del manglar), y la utilización de la descarga de agua dulce a través del cauce del

poblado; sobre las especies estuarinas se han observado pocas características ambientales, es necesario ahondar al respecto.

### Península de Chiltepe: Xolotlán-Xiloá, Laguna de Apoyo y Reserva Natura

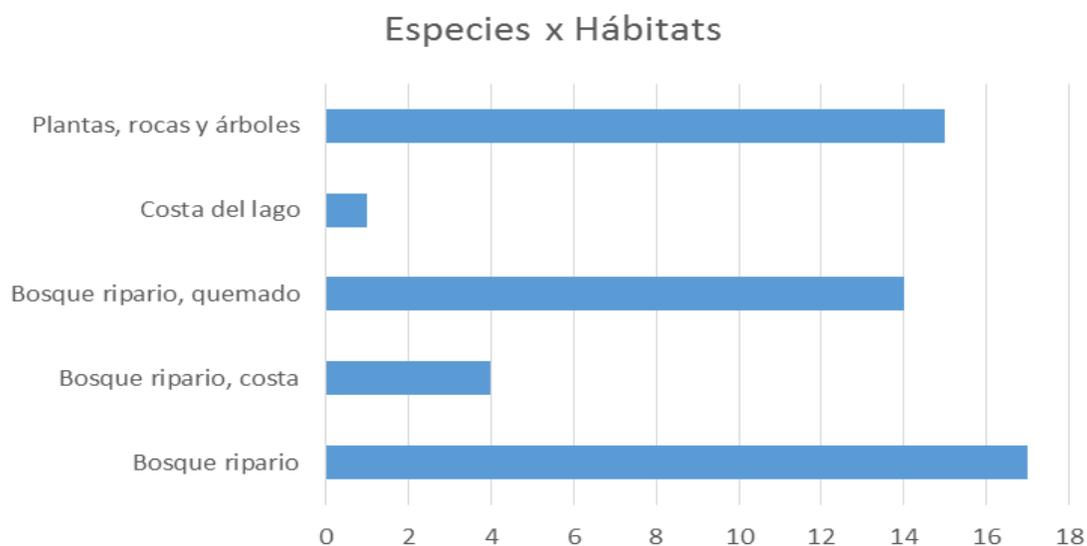
Estas tres áreas del territorio presentan gran similitud tanto en sus hábitats como en su biodiversidad, las tres se encuentran ubicadas entre Managua y Granada y son cercanas al litoral pacífico. Se presentan 38 especies en 7 hábitats; en la península de Chiltepe la costa del lago constituye el principal hábitat con zonas fangosas hacia Mateares y roco-arenosas frente a Xiloá, a partir de la línea costera se presenta un ripario ralo o de herbazales naturales que va a lo largo de la costa; en la laguna de Apoyo se incluyen igualmente la línea costera en el margen de la laguna, con una variación de condiciones, desde naturales hasta modificaciones humanas, bordes, 2 o 3 metros aguas adentro y las formaciones naturales y estructuras que representan los tacotales riparios, jardines (árboles, rocas y plantas) a lo largo de la línea

costera, en el caso de condiciones aisladas como rocas, plantas o un árbol, éstas sirven de “islas” naturales en que se puede desarrollar una comunidad malacológica; por su parte la Reserva Natura, presenta dos hábitats en lo general, uno terrestre y otro acuícola representados por sus particularidades en la sucesión de condiciones de trópico seco a cultivo y posteriormente en recuperación de la cubierta arbórea con plantaciones de árboles de interés económico como teca, eucalipto y ciertas áreas de bosque secundario joven, con árboles grandes diseminados en el paisaje; mientras que el ecosistema acuícola consiste en 2 embalses artificiales creados para abastecer de agua sembradillos de caña de azúcar.

El complejo lago-lagunar se caracteriza por 5 hábitats, 3 de ellos riparios en condiciones variadas, el borde de los cuerpos de agua con características mixtas (terrestre y acuícola) y las plantas, rocas y árboles constituyen elementos de un jardín en la laguna de Apoyo (Figura

7). Para Apoyo, aunque la biodiversidad reportada en estudios recientes es mayor (López, Urcuyo & Vega, 2015), en general, el complejo comparte 36 especies, 33 terrestres y 3 acuícolas, mientras que, por otro lado, solo una especie pertenece a la Clase Bivalva, el resto fueron gastrópodos. Están aquellas de áreas conservadas del género *Drymaeus* y las de las familias Vertiginidae y Pupillidae; las de sitios intervenidos están representadas por *Glyphyalinia indentata* y *G. sp* de la familia Zonitidae, *Lamellaxis gracilis*, *L. micra*, *Leptinaria interstriata* y *L. insignis* de la familia Subulinidae, además de *Praticolella griseola* de la familia Polygyridae; estas especies se presentan en áreas diversas que comportan un paisaje entramado por los remanentes naturales y las áreas incididas por las actividades humanas.

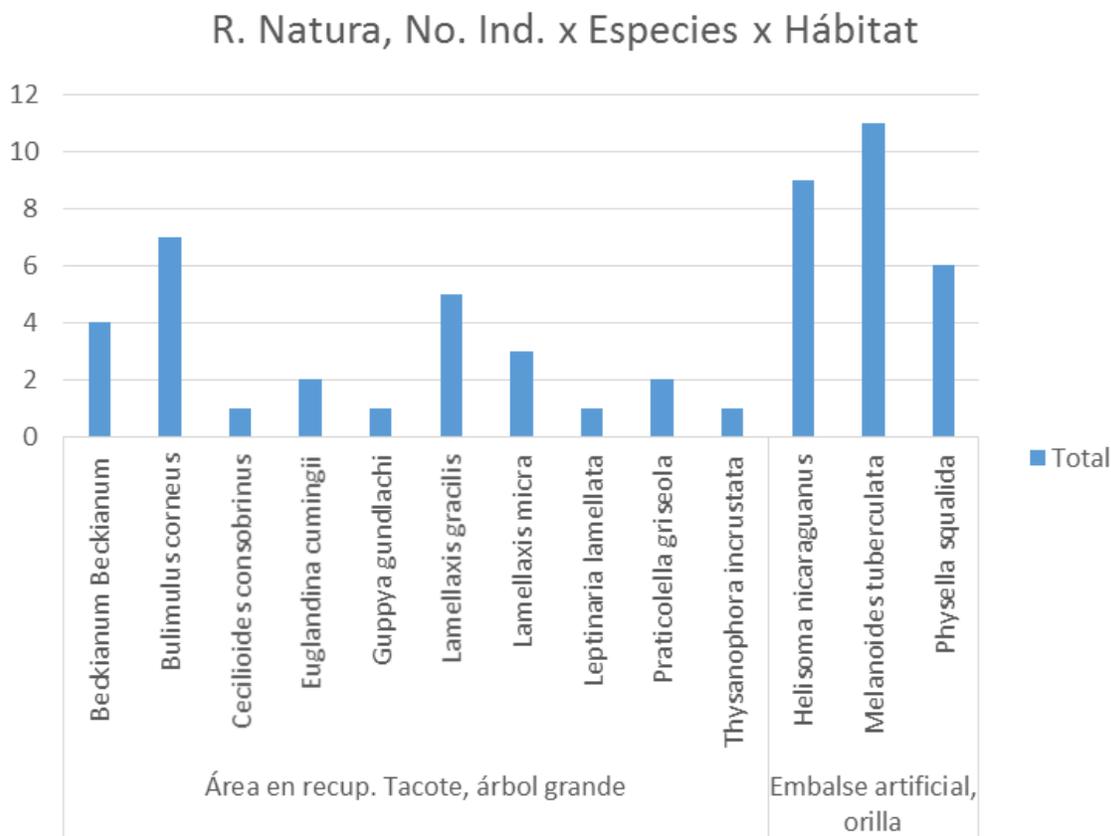
En la Reserva Natura destaca *Euglandina cumingii* por su variedad de gran tamaño, lo que se explica por la remanencia de áreas cercanas con condiciones nativas, mientras



**Figura 8** Xolotlán - Xiloá - Apoyo, se presentan las cantidades de especies por hábitat terrestre, donde se presentan especies terrestres en todos los Hábitats incluida la costa del lago.

que por otro lado *Praticolella griseola* representa las áreas de fuerte intervención (Figura 7). Todas las especies terrestres encontradas en la Reserva Natura están presentes igualmente en la península de Chiltepe (Xolotlán - Xiloá) y Apoyo (Figuras 7 y 8).

Entre las especies acuícolas se destaca por su gran tamaño y abundancia la Bivalva *Aratonaias cf. cyrenoides*, presente en el Xolotlán; ésta podría servir de alimento por su abundancia y tamaño, pero las condiciones de contaminación extrema no permiten su consumo dados sus hábitos de filtración en los fondos lodosos en que se presentan.



**Figura 9.** Reserva Natura, se presentan los 2 hábitats (terrestre y acuícola), donde cada columna representa el total de individuos encontrados por especie.

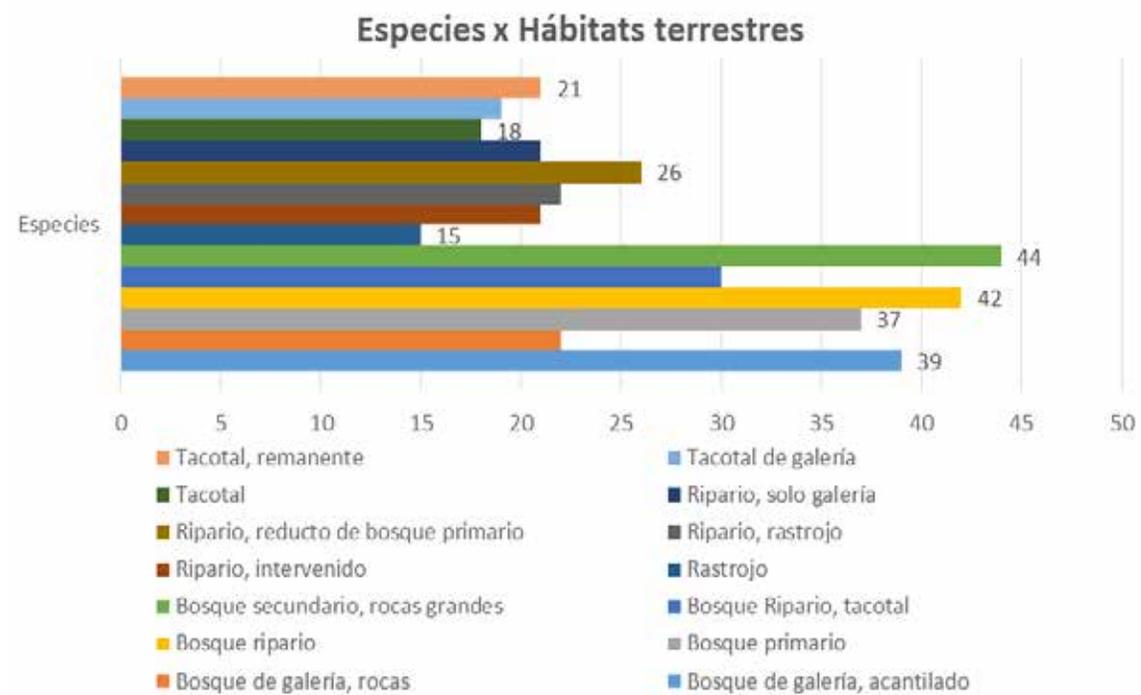
### Ciudad Darío, Matagalpa

El sitio de Ciudad Darío se ubica más bien hacia el extremo este del BTS (Figura 1), siendo una sección del BTS que comparte un acceso directo al Caribe a través del Río Grande de Matagalpa, y otro indirecto a través del Río Viejo que desemboca en el lago Xolotlán, presenta una variedad de condiciones que van desde BTHN, dadas las conexiones al Caribe, pero también al exhibir alturas superiores a los 600 msnm y cumbres en dos cerros que van más allá de los 1000 como son el Wisisil y Chagüite Grande se ve influenciada por el BTN, además, es incidida por zonas muy deprimidas asignadas al CSM, todas estas características compartidas por su territorio aunadas a una fuerte presión antropogénica, hacen de ella un gran laboratorio malacológico. Cuenta con 83 de las 116 especies que se reportan al presente en todo el ecosistema; de éstas, 62 son terrestres y 21 acuícolas; y

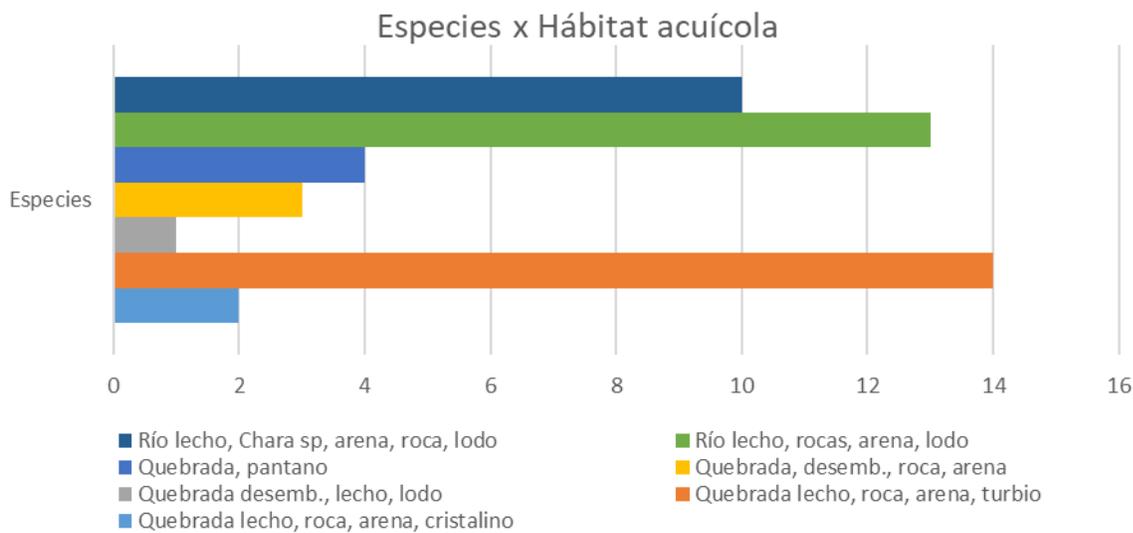
se encuentran en 21 hábitats: 14 terrestres y 7 acuáticos.

Los hábitats terrestres presentan un rango de 15 a 44 especies, encontrándose en el extremo inferior de la biodiversidad los rastrojos, mientras que los bosques secundarios con variadas condiciones (raíces, humus, hojarasca y rocas grandes) son los que presentan la mayor diversidad (Figura 9).

Por otro lado los cuerpos de agua, incluyendo el cauce Río Grande de Matagalpa a la altura del casco urbano y sus quebradas tributarias, presentan 7 hábitats que exhiben condiciones desde lechos rocosos, lodosos, orillas arenosas muy sedimentadas o con plantas con una biodiversidad de 21 especies, la mayoría de éstas, presentes en aguas muy productivas, contaminadas y sedimentadas y de tres a cinco especies en puntos de agua que van de poco contaminadas a limpias (Figura 10).



**Figura 10.** Ciudad Darío, se muestra el número de especies terrestres por hábitat, con un rango de 15 a 44 especies.



**Figura 11.** Darío, se presentan las especies acuícola por hábitat, donde las aguas más productivas son las más diversas, con especies filtradoras que ayudan a purificarlas.

De manera puntual, se observan áreas conservadas tanto en los bosques como en el agua que muestran características nativas, en ellos se cuenta aún con especies propias de ellos: las dos especies de la familia Helicinidae: *Helicina rostrata* (subespecie *matagalpa*) y *Lucidella lirata*, ambas localizadas en remanentes bien conservados por manejo o dificultades de acceso sobre la rivera del Río Grande de Matagalpa y algunos de sus tributarios cercanos a la ciudad y subiendo por las estribaciones norteñas de la Meseta de Totumbra, al sur de la ciudad y cuya cresta representativa es el cerro Cantagallo con una altura mayor a 700 msnm; además se observan también *Beckianum beckianum* y *B. sinistrum* de la familia Subulinidae, ambas consideradas propias de áreas con un mínimo de cubierta arbórea por autores nacionales (Sotelo, Tórrez, López & Arendt, 2014), también *Drymaeus multilineatus* y *D. discrepans* que se presentan en remanentes riparios diferenciándose entre sí por que *D. multilineatus* tolera áreas hasta el nivel de rastrojos con ciertos árboles de mediana altura, mientras que, *D. discrepans* prefiere bosques riparios o secundarios hasta primarios con diversas capas en su dosel y mucha hojarasca sobre el césped; es fácil darse cuenta que si no existieran ya esos remanentes de bosque que van de primario a secundario con rocas grandes que intrincan su acceso, o faldones amurallados que lo vuelven infranqueable, las especies en mención ya se hubieran extinto localmente.

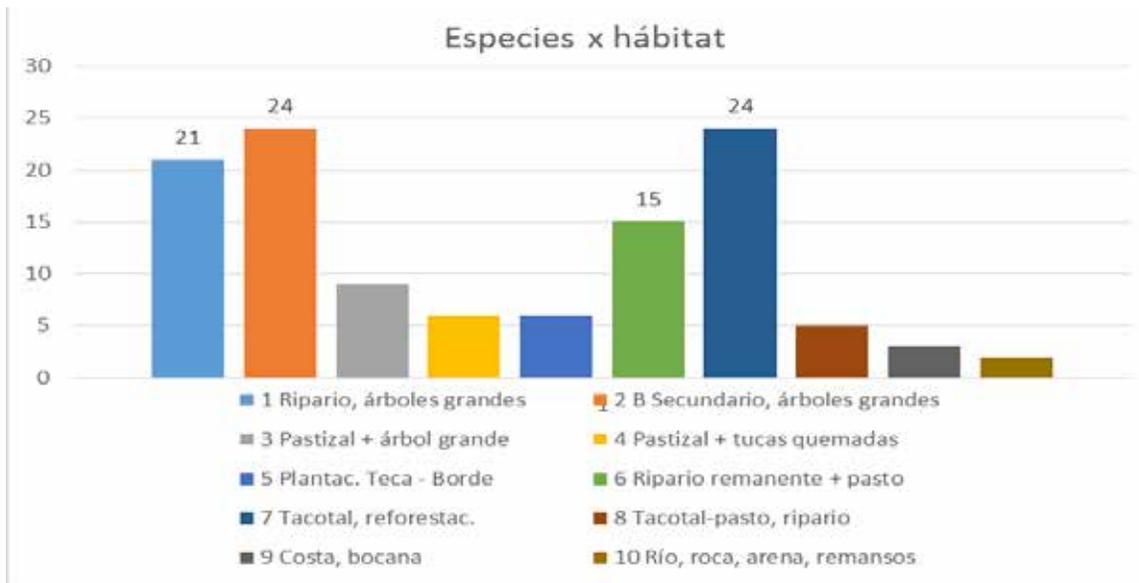
En estos sitios la diversidad y riqueza de especie es mayor que la perteneciente a otras tanto del BTN como del BTH, colectándose muestras con 27 a 30 especies y una riqueza, por ejemplo, para *L. Lirata* de 300 a 500 conchas por m<sup>2</sup>, un número similar arrojan las del género *Beckianum* y otro grupo que comparte los atributos de riqueza y abundancia específica es el de las familias Vertiginidae y Pupillidae, ambas compuestas por microgastrópodos que viven en la hojarasca y el humus, lo cual es solo comparable, a nivel nacional, a lo encontrado en la laguna de Apoyo (López, Urcuyo & Vega, 2015). Los integrantes del género *Gastrocopta* de la familia Pupillidae ocupan el BTS, a excepción de *G. pentodon* presente solo en el BTN por encima de los 800 msnm y *Pupisoma dioscoricola* de amplia distribución, encontrándose en todo el territorio nacional. En lo

general estas son especies de bosques conservados en el BTSN, que pudieran considerarse remanentes o “islas” (López, Urcuyo & Vega, 2015; Vega, López, Urcuyo & Medina, 2016; Vega, López, Urcuyo & Canda, 2020), en las que se conserva diversidad malacológica nativa.

En las áreas intervenidas (rastros, cultivos y pastos) se encuentran especies de la familia Subulinidae como *Lamellxis micra* y *L. gracilis*, estas son pioneras en áreas de fuerte presión antropogénica; *Leptinaria insignis*, está siempre en áreas de cultivo o pastos, pero no se encontró en esta zona, al parecer está restringida al pacífico sur, son la excepción, *Subulina octona*, presente en áreas conservadas o árboles muy grandes y *Leptinaria interstriata*, presente en las tres grandes regiones naturales del país, mientras que *Praticolella griseola* y las del género *Glyphyalinia*: *G. indentata* y *G. sp.*, son abundantes en áreas de cultivo y ganado.

### **Complejo de áreas de traslape: Isla Vista, Mono Bayo y Río Tirurí (Cárdenas, Rivas) y áreas de transición: La Lupe y Río Santa Cruz (Boca de Sábalos, Río San Juan)**

Estas dos áreas, al igual que la precedente, para algunos autores, no se consideran del todo dentro del BTS, sin embargo, dados los rápidos cambios en los usos de suelo, de cobertura forestal, sobre todo en Boca de Sábalos, Caribe de Nicaragua, del calentamiento global en general, de variación climatológica experimentadas en éstas, hasta incorporarse estratégicamente como parte del CSM (sobre todo el caso de Ciudad Darío) y el fenómeno de traslape observado en Cárdenas, consideramos oportuno hacer algunos apuntes que pudieran señalar pistas del avance de la frontera agrícola y sus efectos de desecación a lo largo y ancho del territorio nacional con miras a evaluar la biodiversidad en relación con estos cambios, que pueden ser catastróficos para su gran mayoría, llevándoles a la extinción nacional o quizá regional, dado que estos fenómenos se presentan actualmente a nivel mesoamericano; por ello se mencionarán y se hará una presentación lo más puntual posible para justificar su inclusión en este acápite.



**Figura 12.** Áreas de transición o traslape (Boca de sábalos – Cárdenas), se presentan los hábitats (terrestres y acuícolas), donde cada columna representa el total de especies encontradas según hábitat.

En ambas se confunden los trópicos seco y húmedo. En el caso de Cárdenas, se presentan las condiciones de intersección de los BTH y BTS, extendiéndose hasta muy cerca del litoral pacífico (notándose aún en los sitios ubicados en Ostional), esta zona comprende un área compartida con Costa Rica. Isla Vista y Mono Bayo son fincas que representa un cúmulo de parajes intervenidos con remanente de bosque primario o secundario que en la actualidad son utilizadas para efectos turísticos, por lo que la recuperación arbórea y la reforestación son parte del plan. Mientras que la Estación Biológica La Lupe y el Río Santa Cruz comprenden sitios de transición que intercalan pastos y riparios arralados con presencia de especies del BTS y especies del BTH que parecieran subsistir juntas, dado que el área circundante incluye parcelas de desarrollo campesino y parcelas remanentes de bosque primario con características nativas propias del BTH. Estudios realizados recientemente en el BTH y otros en los neotrópicos en general (González-Valdivia, Ochoa-Gaona, Cambranis, Lara y Pérez -Hernández, 2010; Barrientos, 2010; Vega, López, Urcuyo y Medina, 2016; Medina-Fitoria, Toval, Maes, Gutiérrez, Hernández, Vega, Debrix, Salazar, López & Urcuyo, 2018; Vega, López, Urcuyo y Canda, 2020), sugieren un avance marcado de especies propias de los trópicos secos sobre áreas del trópico húmedo, llegando ya hasta la costa Caribe Nicaragüense, sobre todo en lugares en que la incidencia antrópica es evidente.

Por eso los sitios presentados, sobre todo en el área de La Lupe (Boca de sábalos, Río San Juan), son aquellos que están siendo presionados con actividades propias de la producción como agricultura y ganadería y resultan verdaderos avances de la biodiversidad de los trópicos secos, quizá porque se trata de especies igualmente agresivas.

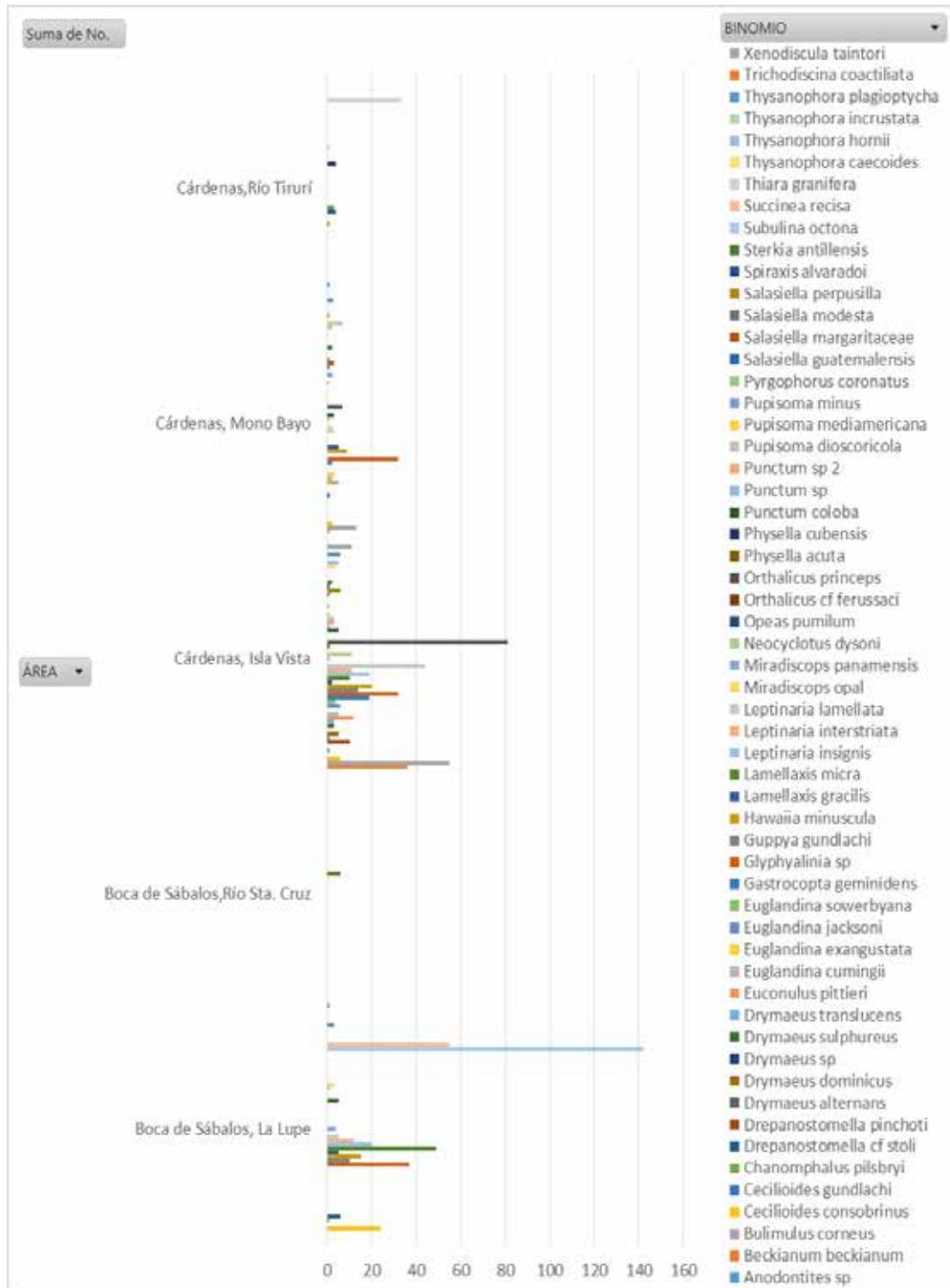
En total, las dos áreas presentan 10 hábitats, 8 terrestres y 2 acuáticos, para un total de 48 especies, de las cuales 43 son terrestres y 5 acuícolas (las últimas de las familias Physidae, Thiaridae e Hydrobiidae, sobre todo).

Del total 11 especies resultan propias de bosques húmedos; de las cuales la mayor diversidad se observa en formaciones riparias y bosques secundarios que presentan una gran variedad de condiciones que parecen crear micro espacios aptos para alojar la biodiversidad encontrada (humus, hojarasca, raíces, árboles grandes, sotobosque, rocas, etc.); los bosques primarios, al encontrarse en el extremo de las condiciones nativas alojan un buen número de especies, pero solo aquellas que presentan hábitos afines; de igual manera, los bosques riparios reúnen, en algunos casos estas características o las de los bosques secundarios, a menos que se diga lo contrario (Figura 11).

En los pastizales de La Lupe, Boca de Sábalos se observa una transición entre un área riparia muy

arralada con pastos, otra en que se presentan árboles diseminados en el pasto y una totalmente abierta. De igual forma la diversidad malacológica experimenta un traslape de especies del BTH y del BTS en el ripario, dado que se encuentran remanentes nativos del trópico húmedo con presencia de *Chanomphalus pilsbryi*, *Miradiscops panamensis* y *Drepanostomella cf stoli*, propias de condiciones más húmedas; además de

*Leptinaria lamellata*, presente sobre todo en el BTH, en áreas intervenidas o semiabiertas, al parecer el común denominador de estas especies es la humedad; sin embargo, la presencia de *Leptinaria insignis* y *Lamellaxis micra* ahí mismo, indica un avance de especies del pacífico, de los trópicos secos.



**Figura 13.** Áreas de transición o traslape (Boca de sábalo – Cárdenas), se presentan los sitios, donde cada fila es una especie, puede verse la diversidad por sitio.

En las áreas más abiertas, los árboles constituyen 'islas' con mayor número de especies, pero están pobladas por aquellas ampliamente distribuidas como *Subulina octona*, *Leptinaria interstriata* y *Guppya gundlachi*; la presencia de *Lamellaxis gracilis*, *L. micra* y *Glyphyalinia sp* indica un avance de las pertenecientes al BTSN. Los pastizales totalmente abiertos presentan una considerable disminución de especies (Figuras 11 y 12).

En el caso de Cárdenas, la abundancia de *Orthalicus princeps*, el arborícola gigante de Nicaragua, parece condicionar la presencia de *Euglandina sowerbyana*, el más grande de los carnívoros de la familia Spiraxidae, que al igual que el resto de los integrantes de la familia, depredan sobre gastrópodos terrestres; su rango se extiende desde México, pero dando un salto hasta esta delgada zona compartida por Nicaragua y Costa Rica. Isla vista es el sitio de mayor biodiversidad y una alta incidencia de especies de zonas húmedas como *Xenodiscula taintori*, *Miradiscops panamensis*, especies de la familia Punctidae, entre otras; se trata de una

finca con una gran variedad de condiciones desde remanentes de bosques primarios, secundarios, riparios y áreas de reforestación establecidas; Mono Bayo es una finca ubicada al oeste, en ella se observan más las características del BTSN, pero aún presenta especies como *Neocyclotus dysoni* propia de la humedad presente en otras zonas del país. Las especies del BTSN, son en buena medida las de la familia Subulinidae: *Lamellaxis gracilis*, *L. micra*, y la especie indeterminada del género *Glyphyalinia* (Figura 12).

## Agradecimientos

A los profesores Luis E. Sánchez O. y Mario A. González T., ambos especialistas del área de las Ciencias Naturales y Ambientales y colaboradores permanentes de la Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios de la Universidad de Panamá, Colón, Panamá, por sus puntuales revisiones al manuscrito y sus recomendaciones al texto final.

## Referencias bibliográficas.

- Álvarez, J. & Willig, M.R. (1993). Effects of Treefall Gaps on the Density of Land Snails in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. *BIOTROPICA* 25(1): 100-110.
- Barrientos, Z. (2003). Lista de especies de moluscos terrestres (Archaeogastropoda, Mosogastropoda, Archaeopulmonata, Stylomma-tophora, Soleolifera) informadas para Costa Rica. *Biología Tropical*, 51(3): 293-304.
- Barrientos, Z. (2010). Los moluscos terrestres (Mollusca: Gastropoda) de Costa Rica: clasificación, distribución y conservación. *Biología Tropical*, 58 (4).
- Bonilla, A. (2014). *Patrones de sequía en Centroamérica -Su impacto en la producción de maíz y frijol y uso del Índice Normalizado de Precipitación para los Sistemas de Alerta Temprana-*. Reporte técnico para GWP, Centroamérica.
- Calvo-Solano, O., Quesada-Hernández, L., Hidalgo, H. & Gotlieb, Y. (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. Universidad de Costa Rica, *Agronomía Mesoamericana*, 29:3.
- Castro-Marín, G. & González-Rivas, B. (2011) Bosques secundarios desarrollados en tierras agrícolas abandonadas en la región del Pacífico de Nicaragua. Procedimiento para la restauración de ecosistemas forestales degradados. *La Calera*, 11(16):12-23.
- Coronel A. (2008). *A systematic study of North American freshwater limpets (Gastropoda: Hygrophila: Ancyliidae)*. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Ecology and Evolutionary Biology) in The University of Michigan. \_Andrea Coronel Walther.
- Crow, T.R. (1990). Old growth forest and biological diversity: a basis for sustainable forestry. En *Old Growth Forestry. What are they? How do they work?* Ottawa, Canada: T.R. Crow, editor.
- Díaz, R. (2019). El corredor seco centroamericano en perspectiva histórica. Universidad de Costa Rica, *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 45: 297-322.
- Fulton, H.C. (1900). *Bulimulus (Drymaeus) inusitatus*. *The Nautilus*, 16:87.
- FUNDAR (2004). Plan de manejo de la Reserva Biológica Indio Maíz. Período 2005-2010. Realizado

por FUNDAR con el apoyo de Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF), Nicaragua. 136 pp.

**García A. et al.** (2011). Prácticas de Zoología - Estudio y diversidad de los Platelminetos, Nematodos, Nematomorfos y Acantocéfalos. Reduca Serie Zoología. 4 (2): 37-60. ISSN: 1989-3620 37.

**González-Valdivia, N., Ochoa-Gaona, S., Cambranis, E., Lara, O., Pérez-Hernández, I. & Ponce-Mendoza, A.** (2010). Gasterópodos terrestres asociados a un paisaje agropecuario y a un referente ecológico en el sureste de México. Tabasco, México.

**Guillén, J.** (1999). Diagnóstico de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica, Nicaragua. Managua: Centro Científico Tropical (CCT).

**Harvey, C.A. & Sáenz, J.** (2008). Prefacio. Páginas 9-12. Harvey C. A. y J. Sáenz editores. En Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.

**Holdridge, L.R.** (1996). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**Idiáquez, J.** (2013). Repensando el significado y desafíos de la investigación en la sociedad de la información: una experiencia personal. Encuentro, (95):, 80-93.

**Jordan, C.A., Schank, C.J., Urquhart, G.R. & Dans, A.J.** (2016) Terrestrial Mammal Occupancy in the Context of Widespread Forest Loss and a Proposed Interoceanic Canal in Nicaragua's Decreasingly Remote South Caribbean Region. PLoS ONE 11(3): e0151372. doi:10.1371/journal.pone.0151372

**Krailas, D., Namchote, S., Koonchornboon, T., Dechruksa, W. & Boonmekam, D.** (2014) Trematodes obtained from the thiarid freshwater snail *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) as vector of human infections in Thailand. Zoosyst. Evol. 90 (1): 57-86. DOI 10.3897/zse.90.7306.

**López, A. & Urcuyo, J.** (2004). *Nicaraguan Pacific Molusca*. Managua, Nicaragua: Facultad de Ciencia, Tecnología y Medioambiente, UCA.

**López, A. & Urcuyo, J.** (2008). *Moluscos de Nicaragua I: Bivalvos*. Managua: MARENA.

**López, A. & Urcuyo, J.** (2009). *Moluscos de Nicaragua II: Gastrópodos*. Managua: MARENA.

**López, A., Urcuyo, J. y Vega, G.** (2015). Biodiversidad

de la fauna malacológica en la Laguna de Apoyo, Nicaragua. *Encuentro* 102, 8-18.

**McNeill, J.R.** (2000). Something new under the sun: an environmental history of the twentieth-century world. New York: W.W. Norton y Co.

**Medina-Fitoria, A., Toval, N., Maes, J. M., Gutiérrez, A., Hernández, B., Vega, G., Debrix, A., Salazar, M., López, A. & Urcuyo J.** (2018) Diversidad biológica de la cuenca baja del Rio Grande de Matagalpa en el Caribe de Nicaragua. *Revista nicaragüense de Biodiversidad*, 38.

**Meyer, A.** (2014). *Importancia de los ecosistemas acuáticos y la potencial amenaza del Canal Interoceánico*. En El Canal Interoceánico por Nicaragua. Managua, Nicaragua: Academia de Ciencias de Nicaragua (ACN).

**Miller, K., Chang, E. & Johnson, N.** (2001). Defining the common ground for the Mesoamerican Biological Corridor. Washington, D.C.: World Resources Institute.

**Pérez, M. y López A.** (2002). *Atlas de los Moluscos Gasterópodos Continentales del Pacífico de Nicaragua*. Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua

**Pérez, M., Sotelo, M., Arana, y López, A.** (2008). Diversidad de moluscos gasterópodos terrestres en la región del pacífico de Nicaragua y sus preferencias de hábitats. *Biología tropical* (Online) 56: (1) 317-332.

**Ranganathan J. & Daily, G.C.** (2008). La Biogeografía del paisaje rural: Oportunidades de conservación para paisajes de Mesoamérica manejados por humanos. En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, 1, 15-30.

**Sotelo, M., Torrez, M.A., López, A. & Arendt, W.J.** (2015). Moluscos gasterópodos terrestres como indicadores de recuperación de bosque en los paisajes del Sur y Norcentro de Nicaragua. *Encuentro* 102, 19-29.

**Standley, C., Prepelitchi, L., Silvia, M., Issia, L., Stothard, R. & Wisnivesky-Colli C.** (2013). Molecular characterization of cryptic and sympatric lymnaeid species from the Galba/Fossaria group in Mendoza Province, Northern Patagonia, Argentina. *Parasites & Vectors* 6:304. 11http://www.parasitesandvectors.com/content/6/1/304.

**Vandermeer, J. & Perfecto, I.** (1991). Los bosques del Caribe de Nicaragua tres años después del huracán

Joan. *Wani*, No. 11.

**Vázquez, G., Castro, T., Castro, J. y Mendoza, G.** (2011). Los caracoles del género *Pomacea* (Perry, 1810) y su importancia ecológica y socioeconómica. *ContactoS*, 81, 28–33.

**Vega, G.H., López, A., Urcuyo, J. & Medina-Fitoria, A.** (2016). Moluscos Continentales del Río Grande de Matagalpa, RACCS, Nicaragua. Sección Tumarín, área proyectada del embalse. *Revista nicaraguense de Biodiversidad*, No. 9.

**Vega, G.H., López, A., Urcuyo, J. & Canda, L.** (2020). Moluscos de la cuenca del río Punta Gorda, Caribe Sur, Nicaragua, Centroamérica. Universidad de Panamá, *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7 (2).

**Vega, G.H., López, A. y Salgado, M.E.** (2020). Inventario de moluscos en una sección del río grande de Matagalpa y cuatro de sus afluentes, Ciudad Darío. *Revista nicaraguense de Biodiversidad*, No. 68.

**Willig, M.R. & Camilo, G.** (1991). The Effect of Hurricane Hugo on Six Invertebrate Species in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. *BIOTROPICA* 23(4a): 455-461.

**Yong, M., Gutiérrez, A., Perera, G., Durand, P. & Pointier, J.** (2001). The *Biomphalaria havanensis* Complex (GASTROPODA: PLANORBIDAE) in Cuba: A morphological and genetic study. *Journal of Molluscan Studies*, 67(1): 103–112. <https://doi.org/10.1093/mollus/67.1.103>.

# CAPITULO IX

## INSECTOS DEL BOSQUE TROPICAL SECO

Jean-Michel MAES\*.

### Introducción

En estas páginas, la tentación de hacer una lista de los insectos reportados del bosque tropical seco es muy fuerte, pero surge la pregunta ¿Es esto útil, o solamente un punto de partida para algo?

¿Cuántas especies de insectos hay en el bosque tropical seco de Nicaragua? Esta es una pregunta muy difícil de responder. Una solución sería de consultar “Insectos de Nicaragua” (Maes, 1998-1999), que reporta alrededor de 10,000 especies reportadas para el país, y buscar las del bosque tropical seco. Tal método sería eficaz si tuviésemos la información biológica o ecológica de cada especie. De no ser así, podríamos separar las especies de los departamentos de Pacífico de Nicaragua, de aquellas de las Segovias hasta Rivas; aunque esto nos daría una imagen aún más borrosa de la riqueza de esta fauna. Otro método más sencillo, pero aún menos preciso sería hacer un estimado. Hace muchos años, Daniel Janzen hizo un estimado de 250,000 especies de insectos para Costa Rica. Suponemos que Nicaragua debe tener un número más o menos similar. Si dividimos a groso modo el territorio de Nicaragua en tres provincias, siguiendo

Morrone (2001): bosques de neblina, de las tierras altas del norte de Nicaragua (Provincia de Chiapas: Chiapas hasta Nicaragua), bosque tropical seco del Pacífico de Nicaragua (Provincia de la Costa Pacífica Mexicana: desde Sinaloa, México hasta Guanacaste, Costa Rica) y bosque tropical húmedo del Atlántico de Nicaragua (Provincia del Oriente de América Central: desde Guatemala hasta Panamá). Tomando en cuenta que el bosque tropical seco es aparentemente más pobre, ponemos una división poco favorable de 1/5 para bosque seco y 2/5 para cada uno de los otros ecosistemas, esto nos da un estimado general de 50,000 especies para el bosque tropical seco. Sin embargo, Daniel Janzen considera 13,000 especies de insectos para el área de conservación de Guanacaste. Teniendo en cuenta que el área de bosque seco de Nicaragua es mucho más amplia, estimamos que la cifra de 50,000 especies podría ser probable. Me pregunto entonces si vale la pena tratar de armar una lista de las especies que ya se conocen. Creo que sí, pero no, en este documento. Debe ser más interesante tratar de poner algunos ejemplos de insectos del bosque tropical seco y proponer ideas de cómo se adapta un insecto para vivir en este tipo de bosque que ofrece, seguramente, ventajas y problemas.

Museo Entomológico de Leon, Morpho Residency, de Hielera CELSA, media cuadra arriba, 21000 Leon, Nicaragua. jmmaes@yahoo.com ORCID: 0000-0002-5425-3439



Mantis del Liquen (*Liturgusa sp.*) fotografía © Milton Ubeda

## Algunos estudios de insectos realizados en el bosque tropical seco.

Para Nicaragua, existen ya documentos sobre fauna de algunos lugares de bosque tropical seco, pero no siempre incluyen insectos. Entre los documentos específicamente sobre insectos están mariposas del Área Protegida Volcán Casita (Maes, 2019), Reserva Natural Lost Canyon, León (Erenler *et al.*, 2016), Área Protegida Las Pilas – El Hoyo, León (Carranza, Sarria & Maes, 2019), Reserva Natural, Managua (Debrix, Soza & Maes, 2014, Debrix, Soza & Maes, 2017), Reserva Silvestre Privada Montibelli, Managua (Gauthier & Maes, 2018), Reserva Silvestre Privada El Nisperal, Masaya (Gauthier & Maes, 2018), Parque Nacional Volcán Masaya (Gillman, Erenler & Tellez Jimenez, 2012), Reserva Silvestre Privada Egon Borucki *in memoriam*, Carazo (Gauthier & Maes, 2018), Reserva Silvestre Privada Concepción de María, Carazo (Gauthier & Maes, 2018), Reserva Silvestre Privada Estancia El Congo, Rivas (Gauthier & Maes, 2019), Reserva Silvestre Privada Toro Mixcal, Rivas (Gauthier & Maes, 2018), Reserva Silvestre Privada San Pedro, Rivas (Gauthier & Maes, 2019), Reservas Silvestres privadas La Tigra, La Conga y Las Guacamayas, Rivas (Maes, Gauthier & Hernandez, 2019), mariposas de Rivas, reporte del EIA del canal interoceánico, Brito hasta rio Las Lajas (ERM, 2015), mariposas y escarabajos del área de Belén, Rivas (Hernández *et al.*, 2003), Cerambycidae (Coleoptera) de la Reserva Silvestre Privada Domitila (Audureau, 2008; Audureau, 2010). En el caso de la Reserva de Domitila, un libro ampliamente ilustrado presenta los insectos más conspicuos de esta reserva (Maes & Watson, 2016), vistos desde la perspectiva de una fotógrafa.

## Estacionalidad

Una característica generalmente aceptada, es la estacionalidad del bosque seco, ya sea con una o dos estaciones secas bien marcadas, un verano y un veranillo, en caso de Nicaragua.

*Pyrisitia proterpia* (FABRICIUS) (Lepidoptera: Pieridae), además de un dimorfismo sexual muy marcado, presenta una variación estacional tan fuerte que la forma de la estación húmeda y la forma de la estación seca se describieron como especies diferentes: *Papilio proterpia* FABRICIUS y *Terias gundlachia* POEY.

Janzen (1983) presenta el caso probablemente, según el, de lo más extremos de estacionalidad, difícilmente explicable sólo por clima. El picudo (Curculionidae)

*Phelypera distigma* BOHEMAN, produce una generación de larvas que comen las hojas de *Guazuma ulmifolia* durante alrededor de 20 días en el mes de junio en la Provincia de Guanacaste. Luego los adultos, sexualmente inactivos, se esconden durante los demás meses del año.

Algunas especies pasan la estación seca en el estado de pupa. En paisajes agrícolas es común ver los capullos de *Rothschildia lebeau inca* ROTHSCCHILD amarrados de una cinta de seda a las ramas de árboles de jocote ya sin hojas. Los adultos van a emerger a principio de la estación húmeda cuando los árboles tendrán un nuevo crecimiento de hojas.

Muchos insectos del bosque tropical seco aparecen con las primeras lluvias de final de mayo, siendo los más abundantes los chocorrones (Scarabaeidae: Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae) y papalotes (Noctuidae y otros lepidópteros) siendo los más abundantes.

## Indicadores o especies que tienen distribución asociada a los límites del bosque seco

El género *Hamadryas* despierta interés en este caso, ya que sus especies están exclusivamente asociadas a bosque tropical húmedo (*H. feronia farinulenta* (FRUHSTORFER), *H. arinome ariensis* (GODMAN & SALVIN) y *H. laodamia saurites* (FRUHSTORFER)) o a bosque tropical seco (*H. februa ferentina* (GODART), *H. glauconome glauconome* (BATES), *H. guatemalena guatemalena* (BATES) y *H. atlantis atlantis* BATES). Solamente *Hamadryas amphinome mexicana* (LUCAS) está presente en ambos tipos de bosques.

*Hamadryas atlantis*, no es muy común y aparentemente está restringida a bosque tropical seco en buen estado de conservación, donde Nicaragua representa el límite sur de la especie (Maes, 2014). Esta especie ha sido reportada en Nicaragua de Somoto, San Fernando (cerca de Ocotol), Volcán Casita, Reserva Silvestre Privada Domitila. Las otras tres especies (*H. februa*, *H. glauconome* y *H. guatemalena*) son abundantes en todo tipo de bosque tropical seco, incluso en bosque secundarios o riparios muy degradados.

*Pieriballia viardi viardi* (BOISDUVAL) es indicada por Morrone (2001) como especie asociada a la provincia de bosque tropical seco. En Nicaragua tenemos la especie en Matagalpa, El Crucero, Managua y laderas del Volcán Mombacho, más bien asociado a bosques premontanos o bosques de neblina.

## Especies asociadas a plantas del bosque seco

La especie tal vez más emblemáticamente asociada a una planta de la provincia del bosque tropical seco, es el picudo del algodón, *Anthonomus grandis* BOHEMAN, originalmente asociado a algodón silvestre. Se adaptó muy fácilmente al algodón cultivado, llegando a ser plaga clave de este cultivo. Ambos, el cultivo y el picudo están adaptados al clima de esta provincia. Cuando la planta empieza a producir botones florales, aparece el picudo depositando huevos en los botones florales, donde se desarrollan las larvas. El picudo está estrictamente asociado al algodón, por lo que es difícil dilucidar si está asociado a la planta o al clima del área.

Prácticamente, cada planta tiene insectos asociados a ella, lo que da una fauna insectil diversa y parcialmente específica.

## Especies limitadas a bosque seco, pero no asociadas a una especie vegetal

Los escarabajos coprófagos son buenos modelos para biogeografía, ya que no dependen de las plantas, aun cuando su modo de vida se adapta a la colecta y el cuidado de excrementos de diferentes tipos de animales, muchas especies tienen una distribución asociada a una provincia biogeográfica definida.

Padilla-Gil & Halffter (2007), estudiaron la distribución de los *Canthonini* de los bosques tropicales secos de Mesoamérica y Colombia, tratando de relacionar los patrones de distribución con la historia geológica de dichas regiones.

En el caso de Nicaragua, varias especies muy abundantes tienen su distribución limitada a bosque seco: *Canthon indigaceus chevrolati*, *Canthon deyrollei*, *Dichotomius annae*, *Dichotomius yucatanus*, *Malagoniella astyanax*.

*Canthon indigaceus* LeConte tiene distribución desde Panamá hasta Texas, pero la subespecie *Canthon indigaceus chevrolati* Harold, se distribuye en las áreas de bosque tropical seco (Padilla-Gil & Halffter, 2007).

*Malagoniella astyanax yucateca* (Harold), tiene una distribución amplia en México y Centroamérica, pero adentro de esta distribución amplia, se encuentra en puntos aislados difícilmente explicables por falta de colecta (Padilla-Gil & Halffter, 2007). En México, en algunos sitios de bosques húmedos, donde se han hecho colectas extensas no se ha encontrado dicha especie. Esta

especie es un buen candidato para estudios genéticos para definir el grado de aislamiento de las diferentes poblaciones.

El avance de la taxonomía con herramientas de ADN permite separar especies crípticas o especies donde los caracteres morfológicos no eran realmente definitivos.

Por ejemplo, *Phanaeus pyrois* que se presenta en varios ecosistemas (Rivas en bosque seco, Cerro Kilambé en bosque de neblina, Río San Juan en bosque húmedo) (Hernández *et al.*, 2020), con coloraciones metálicas azules, verdes o cobre, forma en Costa Rica lo que se consideraba como una población con coloración negro mate. Al trabajar especímenes de esta población con datos de ADN, Kohlmann, Arriaga-Jiménez & Ros (2018), pudieron definir que se trata de una especie distinta, *Phanaeus malyi* ARNAUD.

## Especies testigos del desastre ecológico de Nicaragua

Como se mencionó anteriormente, las especies *Hamadryas februa ferentina* (GODART) y *H. glauconome glauconome* (BATES) están asociadas al bosque tropical seco. Recientemente, en la zona del proyecto de presa hidroeléctrica Tumarín se encontraron estas dos mariposas (Maes & Hernández, 2016; Debrix & Maes, 2016; Maes, 2017). Esto nos obligó a una reflexión que todavía debe ser comprobada. La zona de estudio fue bosque tropical húmedo, pero con el avance de la frontera agrícola sólo quedaron parches pequeños de bosques, dejando un paisaje casi totalmente deforestado.

Este paisaje deforestado desde Managua hasta Bluefields permite el avance de plantas de zona seca (provincia de bosque tropical seco) y con ellas el avance de algunas especies de mariposas. Con la deforestación drástica, las lluvias no se infiltran en el suelo y no son aprovechadas; corren hacia el océano, permitiendo una estación, si no seca, por lo menos no tan húmeda, permitiendo el desarrollo de plantas de áreas secas.

## Fragmentación del bosque y “migraciones” locales

Las mariposas migran, si se puede decir así, localmente de áreas más secas a áreas más húmedas. Generalmente adentro de un bosque estos movimientos no son muy visibles. Una vez que se elimina parte del bosque, se puede constatar el movimiento. De vez en cuando, en los periódicos locales salen las noticias de nubes de mariposas que cruzan la ciudad de Managua,

provocando inquietud en la población. El fantasma de un terremoto sigue presente en la mente de los habitantes de Managua. Generalmente estas mariposas se mueven, a veces masivamente, de áreas secas (secadas por la deforestación y la falta de lluvia) hacia las costas del lago, más húmedas. La distancia de estos movimientos presenta riesgos para las mariposas, chocadas por los carros o sufriendo desecación y muerte en el trayecto.

La fragmentación del bosque original en parches cada vez más pequeños, llegando en algunos casos a quedar solamente árboles dispersos en potreros, cercas vivas o bosques riparios del ancho de un solo árbol, lleva a dos preguntas: ¿queda algo de biodiversidad en estos parches pequeños?; ¿será posible recolonizar a partir de lo que queda y regresar al paisaje de origen?

A la primera pregunta el equipo del proyecto FRAGMENT, coordinado por Celia Harvey (Harvey & Saenz, 2008), trató de dar respuesta en Nicaragua y Costa Rica en temporadas secas y húmedas. En Nicaragua se estudiaron los escarabajos coprófagos y las mariposas (Hernandez, Maes, Harvey, Vilchez, Medina & Sanchez, 2003).

En lo personal, pude observar en la zona de Rivas una tropa pequeña de monos congos en una línea de árboles a lo largo de un camino. Esto, de algún modo puede introducir la segunda pregunta. Las plantas pueden recolonizar si existen individuos que producen semillas y si hay dispersores de semillas. Los animales, siguiendo sus plantas hospedantes irán recolonizando, pero el proceso es lento y aparentemente, el hecho de tener la planta hospedante no significa que los animales regresen de manera inmediata.

En observaciones personales, siguiendo el crecimiento de unas reforestaciones en Sapoá y Cardenas, pudimos ver que, aunque los árboles crecen bien y se tiene una cobertura arbórea ya bastante buena, la cantidad de especies de mariposas no aumenta; es decir, en el mejor de los casos, hay un lapso de tiempo, posiblemente de varios años, entre el crecimiento del bosque y la recolonización de las mariposas.

## Mariposas de bosque pre-montano

La provincia de bosque tropical seco incluye bosques secos, pero también en altitudes mayores, tal vez por encima de 300 msnm, presenta bosques pre-montanos.

Un grupo de mariposas nos permite tratar de definir el límite entre bosque seco y bosque premontano. Las

mariposas de alas de cristal (Nymphalidae: Danaeinae: Ithomiini) presentan en los bosques premontanos del Pacífico por lo menos tres especies: *Ithomia patilla* HEWITSON, *Greta morgane oto* (HEWITSON) y *Oleria paula* (WEYMER). Tenemos estas especies, a veces bastante abundantes, en bosques pre-montanos de reservas silvestres privadas como El Bajo (En Crucero), Montibelli (Ticuantepé) o El Nisperal (La Concepción). En la reserva El Bajo (Maes, Garmendia & Morales, 2020), se lograron muestreos bastante continuos en diferentes altitudes, dándonos para *Greta morgane oto*, una distribución altitudinal de 550 a 800 msnm, con máximo en los 700 msnm; para *Ithomia patilla*, 550 a 900 msnm, con máximos en 750 m y para *Oleria paula*, menos abundante, de 600 a 800 msnm con un máximo en los 800 msnm.

## Especies de mariposas sobre plantas tóxicas

Las larvas de algunas subfamilias de mariposas evolucionaron su capacidad de comer plantas tóxicas. Esto les da una ventaja grande sobre los demás herbívoros, ya que tienen acceso a una o un grupo de plantas que no son comestibles para otros animales. Evidentemente, al volverse especialistas de estas plantas, su destino termina siendo ligado al destino de la planta. Gran parte de estas plantas son enredaderas, y, en algunos lugares, se quema o se roza el sotobosque, destruyendo los bejucos o enredaderas.

Fruto de la evolución, los asociados son bastante estrictos, los Heliconiinae tienen larvas que se alimentan de plantas de la familia Passifloraceae (+ Turneraceae), los Ithomiini (Danaeinae) sobre Solanaceae (+ Apocynaceae) y los Danaini (Danaeinae) sobre Asclepiadaceae (+ Loganiaceae, Moraceae y Caricaceae).

Algunas especies de mariposas tóxicas presentan colores aposemáticos, o color para avisar al potencial depredador que son tóxicas. Las especies de saltamontes del género *Taeniopoda* son negras con una raya roja longitudinal, otro ejemplo de colores de aviso.

## Mimetismo

Muchas especies de insectos presentan camuflaje, pueden ser del color del sustrato (homocromía de saltamontes verdes sobre hojas o negros en suelos volcánicos como el Volcán Masaya), del color y de la forma del sustrato (homotipia de esperanzas (Orthoptera: Tettigoniidae), verdes en forma de hojas para esconderse de depredadores, o de rezadoras

(mantis religiosas) (Mantodea: Mantidae) verdes en forma de hojas para emboscar a sus presas), incluso se pueden además mover como el sustrato (mimetismo dinámico como fásmidos (insectos palo) que además de parecer ramitas secas, se mueven como las ramas bajo el viento). En las mariposas tenemos dos formas de mimetismo, el mimetismo batesiano, que consiste en una mariposa comestible que imita el patrón de coloración y a veces la manera de volar de una mariposa tóxica y por lo tanto no comestible. El mimetismo mulleriano consiste en un grupo de mariposas tóxicas, que toman el mismo patrón de coloración, haciendo más fácil y menos costoso en vidas de las mariposas, el aprendizaje de los depredadores. Algunos complejos miméticos son al mismo tiempo batesianos y mullerianos, en los cuales varias especies tóxicas comparten un mismo patrón de coloración a su vez imitado por mariposas comestibles.

El complejo tigre es tal vez el ejemplo más amplio de este fenómeno, muchas mariposas comparten un patrón de base anaranjada con rayas longitudinales negras.

Las tóxicas son Heliconiinae, Ithomiini (Danainae) y Danaini (Danainae) y los imitadores son Melitaeinae y Pieridae. En la Reserva Ecológica El Bajo (Maes *et al.* 2020), que se presenta en bosque tropical seco y bosque premontano, tenemos como especies del complejo tigre a *Mechanitis polymnia lycidice* BATES (Nymphalidae: Danainae: Ithomiini), *Lycorea halia atergatis* DOUBLEDAY & HEWITSON (Nymphalidae: Danainae: Danaini), *Heliconius ismenius telchinia* DOUBLEDAY & HEWITSON, *Heliconius hecale zuleika* HEWITSON, *Eueides isabella eva* (FABRICIUS), *Dryadula phaetusa* (LINNAEUS) y *Dione junio huascuma* (REAKIRT) (Nymphalidae: Heliconiinae: Heliconiini) y en menor grado a *Actinote antea*s (DOUBLEDAY) (Nymphalidae: Heliconiinae: Acraeini), *Dryas iulia moderata* (RILEY) y *Agraulis vanillae incarnata* (RILEY) (Heliconiini).

## Mariposa mimética que perdió su modelo

En Nicaragua, tenemos dos mariposas verdes muy parecidas, *Siproeta stelenes biplagiata* (FRUHSTORFER) (Nymphalinae) y *Philaethria diatonica* (FRUHSTORFER) (Heliconiinae). Las dos son tan parecidas que resulta evidente que una es mimética de la otra. En este caso, como todas las Heliconiinae, *Philaethria diatonica*, cuyas larvas comen varias especies de *Passiflora*, es la especie tóxica, mientras las larvas de *Siproeta stelenes* comen plantas de la familia Acanthaceae (*Ruellia*, *Justicia*, *Blechum*) es comestible para los depredadores. En caso del Atlántico

de Nicaragua tenemos las dos especies miméticas, lo que es razonable, pero tan solo parcialmente lógico ya que *Siproeta* es más abundante y por lo tanto puede perjudicar su modelo, ya que la probabilidad de que un pájaro atrape *Siproeta* es mayor a la de atrapar un *Philaethria*. En caso del Pacífico de Nicaragua, sólo está la especie *Siproeta stelenes*, por lo que el mimetismo no ha de funcionar muy bien.

## Danaus plexippus, mariposa monarca sedentaria

Una de las mariposas más conocida, más estudiada y seleccionada a nivel continental es la mariposa monarca, que migra de Canadá y Estados Unidos a México y regreso. Puede haber varias teorías sobre la razón de la migración, pero lo que nos interesa aquí es que las poblaciones de *Danaus plexippus* LINNAEUS de Centroamérica no migran, pasan todo el año en la región, empeñadas en invalidar las teorías del porqué las poblaciones de Canadá, Estados Unidos y México migran.

No está muy claro a nivel taxonómico si se trata de una subespecie diferente o de poblaciones no migrantes. En nuestra opinión, un carácter comportamental tan fuerte como el hecho de migrar debe ser suficiente para definir poblaciones geográficamente separadas, lo que soporta el concepto de subespecie. Las poblaciones de Centroamérica han sido reconocidas como *Danaus plexippus nigrippus* (HAENSCH), y a nivel morfológico son levemente diferentes de las poblaciones migrantes. Existen otras poblaciones no migrantes en Cuba y Puerto Rico.

## Ciclo biológico, alimentación

Las plantas más comunes del bosque tropical seco deberían de ser hospedantes de los insectos herbívoros más comunes. Una variante corresponderá a la capacidad de las plantas en defenderse de los herbívoros, principalmente desarrollando sustancias tóxicas.

Las plantas con menos defensas serán apetecidas por más especies de herbívoros, con el riesgo para éstos de quedarse sin comida. La estrategia de detoxificar una planta, poder consumir dicha planta sin envenenarse, es más costoso a nivel evolutivo, pero permite el acceso exclusivo a una fuente de comida. En algunas especies de plantas, las toxinas son acumulativas. Siendo más tóxicas las hojas más viejas, las larvas deben de disponer de hojas nuevas para comer. En bosque seco, por lo

tanto, la alimentación no estará disponible todo el año.

De algún modo, muchas familias de insectos difieren entre sí por las familias de plantas que comen. En los Sphingidae cada especie come unas pocas plantas relacionadas taxonómicamente entre sí (Janzen, 1984) y no comen las mismas plantas que comen los Saturniidae. Los Saturniidae, más conocidos como chichicastes, se alimentan, cuando larvas, de varias familias de plantas, aun cuando la mayoría incluyen algunas especies de leguminosas en su dieta. Las larvas de Saturniidae generalmente comen plantas con menor calidad nutritiva, pero aceptan más especies mientras las de Sphingidae comen plantas que poseen moléculas tóxicas en la mayoría de las familias Apocynaceae, Asclepiadaceae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae, Flacourtiaceae, Rubiaceae, Verbenaceae, Lamiaceae, Convolvulaceae, Moraceae, Vitaceae, Boraginaceae, Anacardiaceae y Lauraceae (Janzen, 1984).

Algunas adaptaciones del aparato bucal permiten, a los insectos tomar néctar de flores tubulares, Algunas abejas y mariposas nocturnas desarrollaron una lengua muy larga para alcanzar el néctar al fondo de la flor, a cambio del servicio de polinización. De esta manera surge una complicidad (co-evolucion) entre la forma de la flor y la morfología de la abeja. Esta co-evolucion actúa como un contrato de exclusividad, por ejemplo, entre las abejas Euglossini y las orquídeas. La morfología de la abeja se adaptó a una especie de flor y a cambio la polinizada apuesta las polinias enteras a una sola abeja, no le lanza un poco de polen encima como en las otras familias de plantas.

En otros grupos de insectos tendremos esta misma dualidad: aceptar comer muchas plantas, pero compartirlas con otros competidores o adaptarse a una sola especie de planta, pero tener ventaja sobre los competidores.

En los coleópteros Chrysomelidae, por ejemplo, tenemos géneros con *Diabrotica* o *Cerotoma* que pueden alimentarse de muchas plantas en varias familias no emparentadas taxonómicamente, pero otros como los géneros de las tribus Hispini o Cassidini, que se especializan en una especie o cuando mucho en un género de plantas.

## ¿Qué comer o cómo sobrevivir cuando la vegetación desaparece?

En el bosque tropical seco, las plantas tienen fenología estacional, en la cual parte del año presentan crecimiento de hojas, a veces parte del año sin hojas, pero con flores y luego frutos o semillas. Las especies de insectos tuvieron que adaptar su dieta y luego su periodo de actividad a la estación donde encuentran su comida. Pueden comer hojas en estación húmeda o frutas o semillas en estación seca y se quedan inactivos en la siguiente estación. Algunos insectos pueden ser también barrenadores de tallos, condición que le permite tener comida más tiempo en el año; otros comen raíces, profundizándose en el suelo hasta 2 o 3 msnm, encontrando raíces húmedas casi todo el año.

Muchos insectos, una vez que sus plantas hospederas desaparecen, o a veces cuando la parte que comen desaparece, entran en latencia, se esconden y quedan inactivos esperando tiempos mejores. Otras especies lo hacen como pupas. Un caso que produjo casi un misterio a los productores de algodón es el del picudo del algodonoero, *Anthonomus grandis*. Sale de la nada a penas los botones florales de la planta se desarrollan, las hembras ovopositan en estas estructuras haciendo que la planta aborte y produzca más botones florales. Una vez terminada la cosecha y destruidos los rastrojos, desaparecen los picudos. Entran en latencia. ¿Dónde desaparecen? Muchos técnicos han buscado y a veces con mucha suerte se encuentra algún picudo escondido, de los millones que salieron del cultivo algodonoero. Dificiles de encontrar porque el escondite no tiene lógica, puede ser cualquier grieta, entre hojarasca, literalmente donde sea. Se quedan en latencia hasta la nueva floración.

Algunas especies obligan a la planta a trabajar para ellos, caso de los Cecidomyiidae (Diptera), Cynipidae (Hymenoptera), Psyllidae (Homoptera), algunos trips (Thysanoptera) y algunos ácaros (Acari) usan el sistema de crecimiento de la planta; mediante química, obligan a la planta a crecer un órgano extra, una agalla, de formas muy diversas, a modo de una habitación tapizada de células que secretan alimento. Allí vive la larva, abrigada de las molestias del mundo exterior y alimentada por la planta. A priori la relación es de una vía, no parece ofrecer a la planta nada a cambio.

## Trato a espalda de un socio

De similar manera al trato entre el cornizuelo y sus hormigas, algunas plantas del género *Croton* producen néctar extra-floral en las hojas, para atraer hormigas que

defienden la planta. El trato tramposo es de las larvas de varias especies de mariposas de la familia Riodinidae, que se alimentan del néctar y secretan aminoácidos con lo que alimentan las hormigas. Las hormigas cuiden de las larvas de los Riodinidae y de las plantas.

## Cultivar su propia comida

Otra solución más “industrial” es de cultivar su propia comida, para que alcance todo el año. Los zompopos u hormigas arrieras (Formicidae: Attini) utilizan esta estrategia con mucho éxito en todo el país. No son específicos del bosque seco, pero son un elemento conspicuo allí. Cosechan todo tipo de hojas y flores, los llevan adentro de la zompopera (nido), pero no los comen, los almacenan en paquetitos o jardines, sobre los que siembran un hongo del género *Leucocoprinus*, específico para ellas, y del cual se alimenta toda la colonia. Esto les permite cosechar plantas que no serían comestibles por tener toxinas. Mientras no sean fungicidas, no hay problema.

## Depredadores y Parasitoides

En caso de los depredadores, piso superior en la pirámide trófica, dependerán directamente de la disponibilidad de presas. Si sus presas están escondidas e inactivas, le será más difícil encontrarlas y también tendrán que pasar a una fase inactiva.

La diferencia entre un parásito y un parasitoide es que este último, para cumplir su ciclo de vida, obligatoriamente mata a su huésped. Pueden ser un piso superior a los depredadores en la cadena trófica ya que pueden atacar tantos fitófagos, depredadores u otros parasitoides, siendo en este último caso hiper-parasitoides. Muchos parasitoides son específicos y su ciclo de vida va a depender del ciclo de vida de su hospedante, por lo que tendrán a fuerza también estacionalidad.

En ambos casos, los depredadores y parasitoides, son reguladores de los herbívoros. Si la población de un herbívoro aumenta, la población de un enemigo natural que depende de ellos aumenta. Si la población del herbívoro disminuye, igual la población del depredador o parasitoide disminuye. De esta manera, se asegura un equilibrio dinámico.

## Coprófagos y Saprófagos, recicladores

Ya mencionados para la delimitación del ámbito de los bosques secos, los coprófagos dependen para su alimentación y ciclo de vida de la disponibilidad de excrementos de animales como mamíferos u ocasionalmente reptiles y anfibios. Como juego de dominó, los ciclos son interdependientes, en la estación seca escasea la grama (pasto) y el follaje; por lo tanto, los mamíferos tienen menos que comer y por lógica menos excremento es producido. El ciclo de vida de los coprófagos está organizado de tal manera que los adultos nuevos salen a final de mayo, junto con las primeras lluvias, que corresponderá a mayor abundancia de alimento para sus proveedores de excrementos; tendrán comida y reservas que enterrar para sus larvas, que se desarrollarán en el suelo, en su bolita de alimento para salir a su vez en el principio de la estación de lluvia siguiente.

Los saprófagos, al igual que los coprófagos son recicladores, limpiadores del ambiente. Moscas, pero también muchas familias de coleópteros se dedican a comer muchos productos desechados por otros animales o plantas. Los ciclos van a depender de la cantidad de material descartado y aun comestible. En estación húmeda, la producción vegetal es alta y el ambiente húmedo, muchas cosas se fermentan, se pudren y proveen alimento a los saprófagos.

En la estación seca, hay muy poca actividad en general y, por lo tanto, menos desperdicios, además de un ambiente seco que hace que no se facilite la fermentación o pudrición y más bien algunos desechos se sequen. Si existe alguna diferencia en el alineamiento de los ciclos, los necrófagos tendrán algo más de oportunidad si algunos animales no aguantan la sequía y se mueren. Estos son los servicios fúnebres de la naturaleza.

## Ciclo de vida, reproducción

Ya hemos mencionado que el ciclo de vida de los insectos en el bosque seco está asociado a la estacionalidad misma del bosque. Los ciclos de vida, tiempo de huevos a adultos pueden variar según la abundancia de alimento. En estación húmeda, las mariposas que se observan suelen ser frescas y sin daños; ya en estación seca se ven más opacas, en parte sin escamas y muchas veces las alas rotas, sea por daños de espinas o intento fallidos de ataques de aves. Esta sencilla observación se explica por el hecho de que las generaciones de estación húmeda pueden tardar un mes mientras las de estación

seca se alargan a dos o tres meses en la misma especie.

Ya hemos mencionado también la posibilidad de latencia o periodo de inactividad, que permite resistir la falta de comida y de humedad hasta la estación propicia siguiente. Allí vale la pena abrir un pequeño paréntesis, con el cambio climático. Si el periodo de sequía se alarga, la mortalidad en algunas especies va a aumentar mucho. En muchas especies, la salida de los adultos del estado de pupa va a corresponder al inicio de la estación de lluvia. Un poco de observación nos hace ver vuelos nupciales de los zompopos (*Attini*), llegadas masivas de escarabajos en las luces de las casas, cantos de las chicharras, aterrizaje masivo de alados de termitas (*papalomoyos*) y otros. Estas especies deben de cumplir sus estados inmaduros durante la estación de lluvia.

## Importancia agrícola

El clima del bosque tropical seco es al mismo tiempo un clima ideal para muchos cultivos, que requieren una estación seca para maduración de frutos o granos. El desarrollo agrícola, principalmente los monocultivos, fueron y siguen propicios al desarrollo de poblaciones altas de algunos insectos que de esta manera se vuelven “plagas”, término coloquial humano para denominar a sus competidores en la pirámide trófica.

Cuando más se parece el sistema agrícola a un ecosistema natural, más equilibrio vamos a conservar. El otro extremo, un monocultivo amplio va a favorecer insectos tantos polípagos como especialistas que pueden comer esta planta. Agregado a esto, el uso o sobreuso de insecticidas crean condiciones para el desarrollo de poblaciones altas de un insecto sin limitantes de crecimiento; la comida (cultivada) no es factor limitante y los enemigos naturales en gran parte son eliminados por los insecticidas.

La gran mayoría de los cultivos tienen plagas insectiles serias, que se mitigan un poco en fincas diversificadas o con uso adecuado de policultivos o cultivos mezclados. En la provincia donde hubo bosque seco, las reglas de estacionalidad quedan, los cultivos deben de adaptarse a los cambios de estación. En este caso, queda al agricultor la responsabilidad de fechas de siembra.

De igual manera, los insectos plagas tendrán que adaptarse a los ciclos agrícolas, que no son más que una adaptación de los ciclos estacionales de esta eco-región. Las especies de insectos mal llamadas “plagas” quedarán

en latencia durante el periodo seco; o si son polípagas, tal vez comerán el follaje de algún árbol que queda verde. En casos extremos de monocultivos asistidos con riego, la latencia no es necesario y el insecto puede tener ciclos de reproducción prácticamente todo el año, beneficiándose de una alimentación ilimitada en todo el año.

Es evidente que el modelo de desarrollo agropecuario es decidido por los productores, pero apoyado o inducido por el gobierno de turno. De fomentar un modelo agro-exportador, se fomenta al mismo tiempo monocultivos y uso, muchas veces excesivo, de insecticidas, así como la deforestación y cambio de micro-clima a nivel local, pudiendo llegar, con el tiempo, a la desertificación. De promover un modelo más dirigido a auto-consumo, sea autárquico o de producción para comercio local, la producción de las fincas será más diversificada y acompañada por árboles frutales, dando un paisaje un poco más cercano al paisaje de bosque de origen. La visión a largo plazo debe ayudar a cada país a decidir su futuro.

## Mal paga el humano por el uso del bosque tropical seco

Desde tiempos precolombinos los pobladores empezaron a deforestar para establecer cultivos. Con la invasión española, se aceleró el proceso, y a medida que aparecieron los cultivos de exportación se aumentó el área de siembra y las necesidades de pastos para ganadería.

La eco-región de bosque seco no es la única afectada, el café avanzó sobre la eco-región de bosques de neblina y otros cultivos, así como la ganadería están avanzando todavía rápidamente sobre lo que queda del bosque tropical húmedo en el atlántico. Pero la eco-región de bosque seco es la más afectada, quedando alrededor de 2 % de la superficie original de dichos bosques secos.

Los procesos de avance de frontera agrícola no permiten retorno fácil. Se deforesta, generalmente por quemas; se abren nuevas tierras para agricultura de subsistencia; el suelo pierde fertilidad por romper el ciclo de retorno de materia orgánica y después de 3 o 4 años las tierras ya con suelos empobrecidos se abandonan o se venden a ganaderos para ganadería extensiva.

Luego, ya sea por la agricultura o por la ganadería, año

tras año se quema para eliminación de malezas, de plagas o de garrapatas, proceso que tiende a acelerar el empobrecimiento del suelo. Grandes extensiones de tierras quedan en manos de ganaderos para ganadería extensiva, haciendo difícil el retorno a bosque, por las quemadas o por el paso continuo del ganado.

El uso indiscriminado de insecticidas crea además la desaparición de muchas especies y la creación de resistencia en insectos no deseados (los que se pretende controlar y otros). Se destruyen también los insectos benéficos, físicamente destruyendo los bosques o químicamente con insecticidas, dejando ventaja para los insectos plaga.

A escala mayor, a nivel de paisaje, el agua de lluvia escurre hacia el mar y con la poca infiltración de agua en el suelo se pierden fuentes y cursos de agua; además de desaparecer los insectos acuáticos asociados. A nivel mesoamericano la provincia del bosque tropical seco es la más degradada, poniendo en riesgo, a mediano plazo, además de la biodiversidad la propia sobrevivencia de sus pobladores, por la falta de agua y la pobre producción agrícola.

## Importancia para Control biológico

En la pirámide trófica, ya mencionamos depredadores y parasitoides y la presión de estacionalidad que deben sobrellevar. En el ambiente agrícola, a esta presión se debe agregar, en el caso del Pacífico de Nicaragua, el sobreuso de insecticidas. Cuando se ataca a una plaga con un insecticida, cada individuo recibe, en el mejor de los casos, una dosis de insecticida.

En caso de un depredador, si se come 10 insectos, potencialmente ingiere 10 dosis de insecticida, lo que resulta en una muerte mucho más segura que el insecto plaga con su única dosis. En caso de parasitoides, se suma a la dosis que recibe de manera directa, la muerte de su huésped por insecticida, resultando también en la muerte del parasitoide. Prácticamente el uso de insecticidas es mucho más letal para los depredadores y parasitoides que para las plagas.

En sistemas agropecuarios es más que deseable dejar parchecitos de bosque o de matorrales en la finca, una “burrina de monte” como lo llaman los productores de por allí. Este pedacito de ecosistema sigue funcionando con sus reglas propias, dejando sus cadenas tróficas funcionando por presión natural.

Uno de los ejemplos tal vez más claro de la importancia de los parches de bosques, es el caso del minador del cítrico, *Phyllocnistis citrella* STANTON (Lepidoptera: Gracillariidae), un micro-lepidóptero con larva minadora en la mayoría de los cítricos cultivados. Esta especie pasó a través de las mallas del sistema de cuarentena de Florida y se escapó e instaló en Florida en 1993 (Maes, 1994). En los dos años siguientes conquistó las Antillas mayores, México y Centroamérica, poniendo en riesgo toda la industria de cítricos de la región. De la nada, apareció una avispa, aún más diminuta que la larva del minador y en un año, prácticamente restableció el equilibrio, dejando casi desaparecida la plaga. El “de la nada” es exactamente los parches de bosques que quedan en las fincas y conservan muchas especies que desconocemos totalmente.

En este caso, la avispa era desconocida, fue descrita como *Galeopsomyia fausta* LASALLE, obteniendo muestras de varios países de la región (LaSalle & Peña, 1997). Además de desconocer la especie, desde luego se desconocía su ecología; por lógica taxonómica, atacaba una larva minadora similar a la del minador del cítrico; es todo lo que se puede deducir. Otras especies de *Galeopsomyia* atacan agallas hechas por Cecidomyiidae (Diptera) o Cynipidae (Hymenoptera), lo que supondría un cambio ecológico bastante grande para el *Galeopsomyia fausta*; el hecho de descubrir esta especie en varios países supone una gran capacidad de cambio de huésped (LaSalle & Peña, 1997). La próxima vez que reflexionemos sobre el valor de los parches de bosques o de matorrales en fincas, podemos recordar que de allí salió una avispa que salvo la industria de los cítricos, cultivo que representa mucho dinero en la región.

## Importancia médica

La eco-región de bosque tropical seco, a nivel de salud, por su estacionalidad, va a ser propicia para zancudos vectores de enfermedades como la malaria, el dengue y más recientemente chikunguña, zika y otras que van llegando.

Los zancudos no se reproducen bien cuando llueve fuerte; las corrientes de agua arrastran sus larvas; tampoco son exitosos en lugares secos, ya que requieren de agua para su etapa larval. En la eco-región de bosque seco, prácticamente se tiene repuntes poblacionales de zancudos en la entrada y salida de la estación húmeda y

en el veranillo. Si el invierno es muy inestable, también va a favorecer los zancudos.

La malaria, transmitida por *Anopheles*, es más periurbana. Las larvas de estos zancudos se crían más en charcas más o menos amplias.

El virus del dengue y otros virus son transmitidos por *Aedes*, que es más urbano, teniendo larvas que se crían en agua en recipientes pequeños hasta adentro de las casas.

El control de los *Anopheles*, puede hacerse por control del agua, mejorando el drenaje o por aplicaciones de insecticidas químicos o biológicos. A principio de los años ochenta, el Ministerio de Salud decidió atacar a los zancudos con insecticidas órgano-clorados, usados en la lucha contra el picudo del algodón. Sorpresa, estos zancudos resultaron parcialmente resistentes a dichos insecticidas (Rivera & López, 1991; Rivera, Delgado, Lugo, López, Valle & Espinoza, 1997), ya que estuvieron en contacto con el insecticida durante varios años por las fumigaciones aéreas de los campos de algodón. Efecto colateral de las fumigaciones desde las alturas, las casas de los pobladores y las charcas con larvas de zancudos eran también sometidas a los

químicos.

Los intentos de convencer al Ministerio de Salud de usar controladores biológicos fueron infructuosos. La Universidad Nacional, UNAN – León, hizo ensayos de uso de *Bacillus thuringiensis israelensis* (BTI) muy exitosos (Swezey & Salamanca, 1988). Más adelante, el Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud hizo ensayos de control con peces larvívoros y con insectos depredadores (Miranda, Mendoza, Guadamuz & Pérez, 1999) y a principio de los años noventa se hicieron ensayos de aspersión aérea con *Bacillus sphaericus* sobre la costa del Lago de Managua, igualmente exitosas (Rivera, Lugo, López, Valle, Delgado, López y Larios, 1997).

Nada pudo detener el MINSA de seguir comprando insecticidas. Es hasta recientemente, casi 40 años más tarde, que de repente surge la idea de usar BTI para control de zancudos a nivel urbano.

## Agradecimientos

Al Dr. Jose G. Palacios Vargas (U.N.A.M., México) y al Dr. Francisco Serna (UNAB, Universidad Nacional de Colombia) por la revisión de este capítulo.

## Referencias bibliográficas.

AUDUREAU, A. (2008) Contribution à la connaissance des Cerambycidae de la Reserve Privée Forestière de Domitila (Nicaragua). *Lambillionea*, CVIII(3) Supplément, 22 pp.

AUDUREAU, A. (2010) Complément a l'inventaire faunistique des Cerambycidae de la reserve privée forestière de Domitila (Nicaragua) avec description de nouvelles espèces (Coleoptera, Cerambycidae). *Les cahiers Magellanes*, 110: 1-10.

BINDER, U. (1997) *Manual de Leguminosas de Nicaragua*. PASOLAC, Estelí, Nicaragua. Tomos I y II. 528 pp.

CARRANZA, A., SARRIA, F. & MAES, J.M. (2019) Mariposas del Área Protegida Las Pilas – El Hoyo. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 169: 76 pp.

DEBRIX, A., SOZA, A.E. & MAES, J.M. (2014) Mariposas de la Reserva Natura. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 81: 113 pp.

DEBRIX, A. & MAES, J.M. (2016) Mariposas de la cuenca baja del Rio Grande de Matagalpa, suplemento 1. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 108: 122 pp.

DEBRIX, A., SOZA, A.E. & MAES, J.M. (2017) Mariposas de la Reserva Natura (Managua, Nicaragua), suplemento. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 118: 47 pp.

DINERTSEIN, E., OLSON, D.M., GRAHAM, D.J., WEBSTER, A.L., PRIMM, S.A., BOOKBINDER, M.P. & LEDEC, G. (1995) *Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe*. World Bank, Washington D.C.

ERENLER, H.E., LEONARDI, R.K., GILLMAN, M.P., MAES, J.M. & TELLEZ, E. (2016) Butterfly Diversity at Lost Canyon Nature Reserve, Nicaragua, including a new country record. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 106: 80 pp.

ERM (2015). Canal de Nicaragua. Estudio de impacto ambiental y social. HKND Group. 14 volúmenes. <http://>

- hknd group.com/portal.php?mod=view&aid=293] [consultado el 31-X-2019].
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2018) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada Montibelli. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 133: 173 pp.
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2018) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada Concepción de María. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 134: 83 pp.
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2018) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada El Nisperal. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 140: 83 pp.
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2018) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada Egon Borucki in memoriam. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 141: 91 pp.
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2018) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada Toro Mixcal. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 142: 91 pp.
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2019) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada Estancia El Congo. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 143: 73 pp.
- GAUTHIER, K. & MAES, J.M.** (2019) Mariposas de la Reserva Silvestre Privada San Pedro. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 167: 82 pp.
- GILLMAN, M., ERENLER, H. & TELLEZ JIMENEZ, E.** (2012) Butterfly Diversity and Distribution in Masaya Volcano National Park, Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 72(suplemento 1): 28 pp.
- HARVEY, C.A. & SAENZ, J.C.** (2008) *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamerica*. INBio, Costa Rica, 620pp.
- HERNANDEZ, B., MAES, J.M. & SOLÍS, A.** (2020) Scarabaeinae (Scarabaeidae) de Cerro Jesús (Nueva Segovia, Nicaragua) y redescubrimiento de *Copris maesi* Ratcliffe. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 176: 48 pp.
- HERNANDEZ, B., MAES, J.M., HARVEY, C.A., VILCHEZ, S., MEDINA, A. & SANCHEZ, D.** (2003) Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas; Nicaragua. *Agroforesteria en las Américas*; 10(39-40):93-102.
- JANZEN, D.H.** (1983) *Costa Rican Natural History*. The University of Chicago Press, 816 pp.
- JANZEN, D.H.** (1984) Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, Vol. I: 85-140, 4 pls.
- KOHLMANN, B. ARRIAGA-JIMENEZ, A. & ROS, M.** (2018) Dung beetle vicariant speciation in the mountains of Oaxaca, Mexico, with a description of a new species of *Phanaeus* (Coleoptera, Geotrupidae, Scarabaeidae). *ZooKeys*, 743:67-93.
- LASALLE, J. & PEÑA, J.E.** (1997) A new species of *Galeopsomyia* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae): a fortuitous parasitoid of the Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Florida Entomologist*, 80(4): 461-470.
- MAES, J.M. & HERNÁNDEZ, B.** (2016) Mariposas de la cuenca baja del Rio Grande de Matagalpa. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 104: 309 pp.
- MAES, J.M. & WATSON, L.** (2016) *Nicaragua, Crónicas del micromundo del Bosque Tropical Seco de Domitila*. Museo Entomológico de León, Nicaragua. 267 pp.
- MAES, J.M.** (1994) *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) plaga nueva de los cítricos en Centro America. *CATIE (Costa Rica), Boletín Informativo MIP*, 33:3.
- MAES, J.M.** (2014) **Hamadryas** (Lepidoptera: Nymphalidae): dos extensiones de rango de distribución geográfica para Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 80: 10 pp.
- MAES, J.M.** (2017) Mariposas de la cuenca baja del Rio Grande de Matagalpa, suplemento 2. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 116: 284 pp.
- MAES, J.M.** (2019) Mariposas del Área Protegida Volcán Casita. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 170: 284 pp.
- MAES, J.M., GARMENDIA, G. & MORALES, E.** (2020) Mariposas de la Reserva Ecológica El Bajo. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 190: 427 pp.
- MAES, J.M., GAUTHIER, K. & HERNANDEZ, B.** (2019) Mariposas de las Reservas Silvestres Privadas La Tigra, La Conga y Las Guacamayas. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 168: 182 pp.
- MAES, J.M., REYES, J., LOAISIGA, M. & TAYLOR, S.** (2015) *Canal de Nicaragua. Environmental and Social Impact Assesment. Volumen 10 Apéndices. Línea de base de Biodiversidad*. Insectos. HKND Group,

ERM, Vol. 10, pp. 208-268.

**MIRANDA, M. M., MENDOZA, C., GUADAMUZ, J. & PÉREZ, R.** (1999) Valoración de la capacidad depredadora de varios géneros de peces larvívoros, y su uso en el control de la fase acuática de los vectores del dengue y de la malaria, agosto 1996 – septiembre 1998. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 50:47-52.

**MORRONE, J.J.** (2001) Biogeografía de América Latina y el Caribe. *Manuales & Tesis. Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3:148 pp.

**PADILLA-GIL, D.N. & HALFFTER, G.** (2007) Biogeography of the areas and Canthonini (Coleoptera: Scarabaeidae) of dry tropical forests in Mesoamerica and Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 23(1):73-108.

**RIVERA, P. & LOPEZ, M.** (1991) Ecology and Biology of *Anopheles albimanus* in a locality of the of the pacific coast of Nicaragua. Abstract en Mosquito Vector Control and Biology in Latin America – A Symposium. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 7:635.

**RIVERA, P. LUGO, E., LÓPEZ, M., VALLE, S., DELGADO, M., LÓPEZ, D. & LARIOS, F.** (1997) Evaluación de la efectividad biolarvívica y residualidad de *Bacillus sphaericus* (cepa-2362) para el control de *Anopheles albimanus* en la costa del lago Xolotlan, Managua, Nicaragua, 1995. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 42:7-14.

**RIVERA, P., DELGADO, M., LUGO, E., LÓPEZ, M., LÓPEZ, D., VALLE, S. & ESPINOZA, P.** (1997) Estado actual de la resistencia de *Anopheles albimanus* a los insecticidas en Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 42:1-6.

**SWEZEY, S.L. & SALAMANCA, M.L.** (1988) Pruebas de *Bacillus thuringiensis* var. israelensis (H-14) para el control de larvas de *Anopheles albimanus* Wiedemann, en el departamento de León, Nicaragua, 1982. *Revista Nicaragüense de Entomología*, 4:11-28.

**WWF** (2019) Tropical and subtropical dry broadleaf forests. Central América: Patches scattered through México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua and Costa Rica. <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0209> (consultado 25-X-2019).

# CAPITULO X

## MANEJO FORESTAL EN LA ECORREGIÓN DEL BOSQUE TROPICAL SECO: BREVE HISTORIA Y USO ACTUAL, AMENAZAS Y ALGUNAS EXPERIENCIAS DE CONSERVACIÓN

Ivania Andrea Cornejo\*

“La tierra no es una herencia de nuestros padres,  
sino un préstamo de nuestros hijos”  
(Proverbio indio)

### Un poco de historia de uso de la tierra y uso actual en la ecorregión del bosque seco

La ecorregión del bosque tropical seco (Dinerstein et al. 2017) para Nicaragua cubre la mayor parte de la región geográfica del Pacífico y parte de la zona norcentral. Estas son áreas de gran riqueza morfológica, hídrica y cultural entre las que se encuentran importantes acuíferos, la cordillera volcánica de los Maribios con 21 volcanes, varias lagunas cratéricas y una importante biodiversidad de flora y fauna.

Los suelos fértiles de los valles del pacífico, la disponibilidad de agua y un clima favorable probablemente fueron los motivos para que siglos atrás se establecieran poblaciones humanas en esta región, entre ellos las etnias que hoy conocemos como Chorotegas, Nagrandanos (“gente de las llanuras”), Subtiavas.

Desde hace siglos el uso principal que las poblaciones humanas han dado a los suelos ha sido para la agricultura. En los tiempos antes de la llegada de los colonizadores ya los pueblos indígenas habían empezado a transformar estos paisajes y luego con la llegada de éstos aumentaron los procesos de cambio en el uso de suelos.

El trabajo de Newson (2021) da cuenta de los principales cultivos durante el período colonial y la distribución de las poblaciones con anterioridad a la llegada de los colonizadores. En lo que hoy es Nicaragua, existía una división de los grupos indígenas en dos categorías principales: los cacicazgos (con una jerarquía organizacional más compleja) y las tribus. La línea que dividía estos grupos caía a lo largo de la depresión lacustre que separa las tierras bajas del pacífico y las regiones montañosas centrales y del caribe. En tierras bajas las poblaciones dependían de cultivos y alimentos silvestres, que obtenían de los ecosistemas inmediatos.

En esta *época precolombina*, se cree que los indígenas asentados en la planicie de León y Chinandega –una de las zonas con los suelos más fértiles– utilizaban el agua de los ríos “que corrían hacia abajo por las laderas de los volcanes” y los asentados más hacia el sur en zonas cercanas a mil metros probablemente hacían uso de pozos (Newton, 2021).

En este período de dominancia indígena la caza era una práctica común (por ejemplo, de saínos o venados) gracias a los abundantes bosques. Sin

\* Tropical Forestry and Environmental Management iandracornejo@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9980-0726>



Bosque seco del p acico de Nicaragua. fotografía   Milton Ubeda

embargo, la actividad principal de subsistencia siempre fue la agricultura, complementada con la caza, pesca y recolección. De hecho, según la clasificación mejorada de Steward (1949) citado por Newton (2021) los grupos existentes en las zonas del pacífico pertenecían al grupo de agricultores boscosos tropicales (*tropical forest tribes*).

El principal cultivo durante esta época era el maíz y también revestían importancia el algodón, cacao, tabaco y coca (Bauer, 2019; Newton, 2021). Para el siglo XVI según los apuntes del obispo de Nicaragua el cultivo de maíz y algodón era “el único empleo de los indios” (Newton, 2021).

Probablemente el sistema más utilizado era de cultivos semipermanentes. Maíz, frijoles, yuca o papas eran sembrados en parcelas limpias, mientras el cacao y el algodón requerían una preparación de parcelas diferente.

El cacao se cultivaba en las zonas ribereñas para aprovechar la irrigación natural de las crecidas de los ríos. Resulta interesante que los indígenas mantenían además huertos caseros donde cultivaban especies frutales, especias y hasta plantas de tinturas.

En la *época colonial*, los colonos se establecieron en zonas de reservas minerales o mayores poblaciones indígenas sedentarias (que servirían de mano de obra). Es en estas zonas donde se dieron los cambios sociales y económicos más grandes (Newson, 2021).

Díaz (2019) recuenta que con la colonización se dieron transformaciones aún más profundas de los ecosistemas, que fueron vistos como proveedores de materias primas para la economía europea y que por supuesto trajeron consigo un desequilibrio ecológico que habría de continuar hasta nuestros días. Las regiones por excelencia dedicadas a la explotación forestal para suplir a las potencias desde el Siglo 16 hasta el Siglo 19 estaban también situadas en el pacífico. Se exportaban por ejemplo la brea y el alquitrán de los bosques de pino y se exportaban vía el puerto de El Realejo (Chinandega). Ya en el siglo 19 con la independencia, el país y demás vecinos de Centroamérica se enfocaron en las actividades ganaderas, la minería y la explotación de maderas preciosas y otros productos forestales como el hule. La producción de añil que había tenido mucho auge decayó en esta época.

Ya la mayor parte del bosque explotado entre el siglo 18 y la primera mitad del 19 no puede considerarse primario. El bosque secundario avanzó desde el periodo colonial hasta finales del siglo 17. En general, la conversión de los bosques durante la colonia se dio primero por la explotación de madera para suplir a los países demandantes de Europa y luego Norteamérica y al mismo tiempo para desarrollar la ganadería y cultivos comerciales como cacao, café, tabaco.

Goebel (2019) también aduce que los bosques de Centroamérica fueron manejados, explotados y diezmados obedeciendo a las necesidades de crecimiento de la monarquía española y luego por la demanda del mercado mundial sobre estos recursos. Sobre todo, esto último se dio a partir del último tercio del siglo 19, que en parte obedecía a que varios países (ej.: Gran Bretaña, Rusia, Canadá y Estados Unidos de América, especialmente luego de 1850) habían reducido drásticamente sus propios recursos forestales. La madera era usada para fabricación de variedad de bienes, pero quizás más importante funcionaba como recurso estratégico para la construcción y el transporte, así como insumo energético principal de los centros capitalistas de la época.

En el siglo 20 se habla de una fase agroindustrial a partir de 1940 donde se ampliaron estas actividades agropecuarias a costa del cambio de ecosistemas que alteraron la ecología de la región pacífico (incluyendo el clima o el ciclo hidrológico). Si bien alrededor de 1960, la mayor contribución a la economía centroamericana provenía de la ganadería (pastizales) y los cultivos como café, banano, caña de azúcar, en Nicaragua aún la mayor de la tierra estaba ocupada por bosques (Díaz, 2019).

Los mayores motores de la deforestación para Centroamérica en este siglo fueron la expansión urbana asociada al crecimiento demográfico y la colonización agrícola con agricultura y ganadería extensivas. Pero hacia mediados de ese siglo y a pesar de estos procesos, aún se encontraba una cobertura forestal considerable.

De hecho, se calculó que solamente un 6.8% de la superficie de Centroamérica estaba ocupada por los cultivos permanentes incluidos los cultivos comerciales como café y banano (Díaz, 2019).

Recientes estudios estiman que dos tercios de los bosques de Centroamérica (incluidos los bosques

secos) desaparecieron entre 1940 y 1990, siendo la deforestación en estas décadas mayor que la que había ocurrido en los 5 siglos anteriores (Díaz, 2019; Goebel, 2019).

El cultivo del algodón en la región del Pacífico fue crucial para la economía del país en este siglo, siendo el principal producto agrícola para la exportación (hasta representar el 40%), pero prácticas asociadas a este cultivo dejaron graves impactos en las tierras del pacífico. El boom o auge del algodón comenzó en la década de 1950 y se extendió hasta la década de 1970. En la década de los 80s decayó completamente, y para el año 1989 ya no se incluyó en las estadísticas nacionales. Durante este período, entre los años de 1952 y 1967, el uso de la tierra para este cultivo se cuadruplicó (Swezey & Faber, 1991). La labranza mecanizada de las tierras causó graves pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica, que se estima que llegó a ser hasta de unas 175 toneladas por hectárea para un solo año en sitios con pendientes de 9%. Además de la pérdida de suelos, la aplicación –exagerada– de plaguicidas contribuiría a la contaminación de las aguas subterráneas, obligando a cerrar varios pozos y por supuesto causando afectaciones a la salud humana (Juárez & Molina, 2016). Por ejemplo, según registros la aplicación de plaguicidas en casi 30% de las áreas de cultivo aumentó más del triple (356%) en 1989 respecto a la década pasada y esto ni siquiera supuso una mejora significativa sino más bien mínima en el rendimiento del cultivo (Juárez & Molina, 2016).

A inicios del siglo 21, los suelos de la región del pacífico eran dedicados a la ganadería extensiva, y a los cultivos de sorgo, caña de azúcar y café y un poco solamente al tabaco y algodón. El uso de suelo para este último, ha sido sustancialmente reducido desde su auge en las décadas anteriores de los 60s y 70s). Además, aquí se concentraban las industrias agropecuarias, alimenticias y las maquilas. En este momento se estimaba que quedaba un 20% de bosque (Roldán, 2001).

Las quemadas anuales como parte de las prácticas agrícolas ya representaban una de las principales amenazas para la degradación de los suelos, la conversión y la conservación de la biodiversidad. Otras amenazas se consideraban: el avance de la frontera agrícola, la sobreexplotación de recursos y cacería sin control. El uso de leña prevalecía en el 55% de la población para uso doméstico. Los bosques secos seguían convirtiéndose en potreros, matorrales y fincas

de ganado (Roldán, 2001).

Para tener un panorama de los usos contemporáneos de la tierra en la ecorregión de bosque seco de Nicaragua y Centroamérica podemos tomar tres fuentes de información que incluyen estudios nacionales o regionales. Estos son: (a) el uso de suelos por departamento según el Atlas de Cobertura forestal y deforestación en Nicaragua 1969-2015 (MARENA, 2018) en los departamentos de la región con mayor presencia de bosque seco (mayormente la región pacífico); (b) el mapa elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) donde se categoriza el uso de la tierra en el corredor seco de Centroamérica (FAO, 2012) cuyas áreas están superpuestas en su mayoría con la ecorregión y (c) el mapa de INETER (2016) de áreas de producción agrícola, donde se observa el nivel de cobertura de los cultivos agrícolas.

Según estos datos, uso actual de la tierra en la ecorregión del bosque tropical seco está dado mayormente para las actividades agropecuarias, es decir cultivos y pasturas para la ganadería de entre 50 a 70 por ciento. Las actividades económicas en la región corresponden en gran medida con el desarrollo de estas actividades, aunque también se presentan otras como turismo, maquilas, áreas industriales, comercio y por supuesto áreas que corresponden a asentamientos humanos urbanos y rurales.

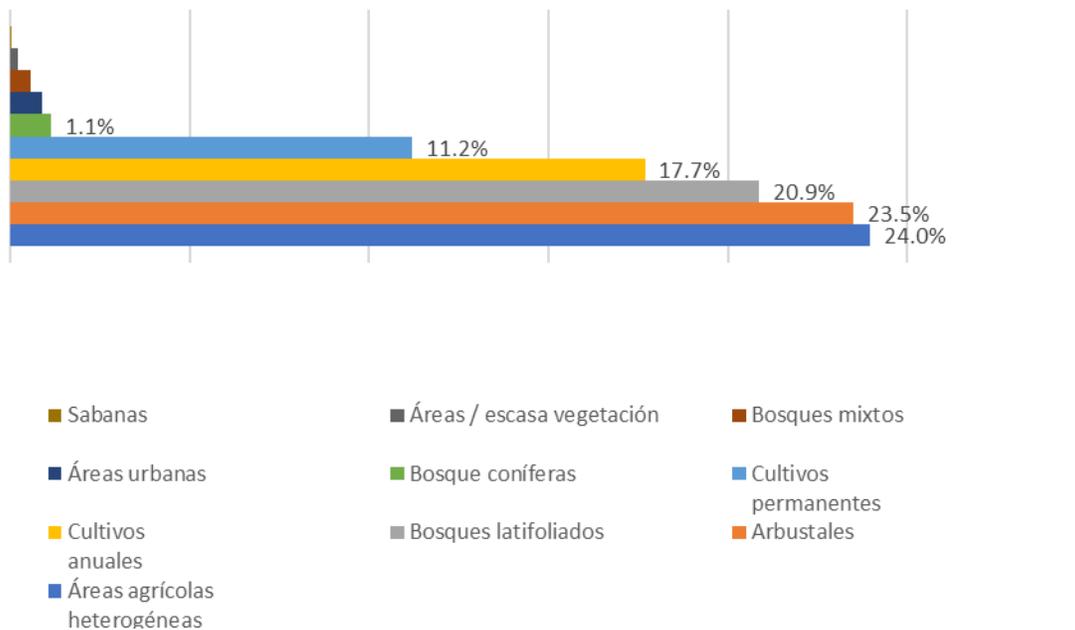
Se ha visto que el dominio de las actividades agropecuarias en la zona del pacífico y del corredor seco cuyas áreas se sobreponen con la ecorregión bosque seco se debe a que históricamente ésta ha sido la región con las condiciones más convenientes para desarrollar la agricultura debido a la fertilidad de los suelos de origen volcánico y la topografía relativamente plana, de bajas altitudes y pocas pendientes, y una abundante disponibilidad de agua proveniente de acuíferos.

Tomando los datos del Atlas de Cobertura Forestal y Deforestación en Nicaragua (MARENA, 2018, con datos de INETER, 2015), si se toma la región del Pacífico, es decir, los departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Granada, Carazo, Rivas, se observa que el mayor uso de suelo es para pasturas (34%), vegetación arbustiva más herbáceas y sabanas (22%), y cultivos perennes y anuales (18%), mientras el área reportada para bosques y manglares es de 18% (En este cálculo se excluyen las categorías de áreas

cubiertas por agua y áreas sujetas a inundación, que juntas equivalen a un 3% del total).

El Estudio de Caracterización del Corredor Seco Centroamericano (FAO, 2012) es uno de los estudios

más completos sobre la zona que comprende el bosque tropical seco con información sobre el uso de la tierra. Éste fue un estudio enfocado alrededor de los riesgos climáticos en esta zona compartida entre Nicaragua y los países de Honduras, El Salvador y Guatemala.



**Figura 1.** Uso de la tierra en el corredor seco. Adaptado de FAO (2012)

Si bien el término “corredor seco” usado en el estudio hace referencia a áreas de Centroamérica que son más susceptibles a daños por los efectos de las sequías, el término tiene un origen ecológico, precisamente en la ecorregión del bosque seco (FAO, 2012 p. 8).

En Nicaragua la mayor parte del corredor seco comprende departamentos de la región del pacífico, aunque se incluyen algunos municipios de la región centro-norte.

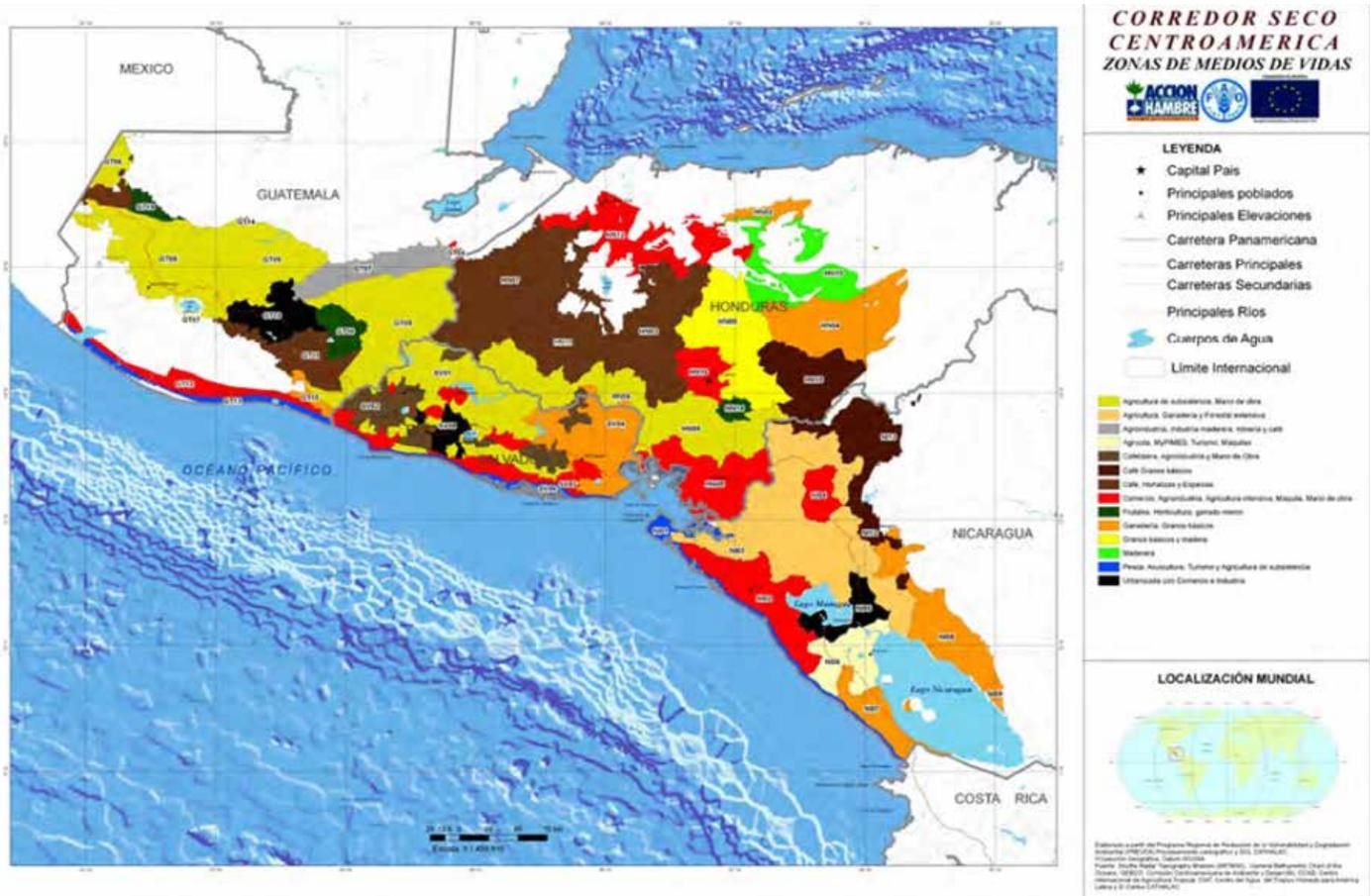
En este estudio de FAO (2012) se encontró que la zona del corredor seco usada para cultivos agrícolas y pastos es de casi 1.5 millones de hectáreas en total, el equivalente a un 58% de las tierras clasificadas en zona del corredor seco y un 22.5% en bosques en su mayor parte latifoliado, pero también presentan bosque de coníferas y bosque mixto (ambos suman menos de 2%).

La distribución en porcentajes según uso de la tierra se presenta en el siguiente gráfico.

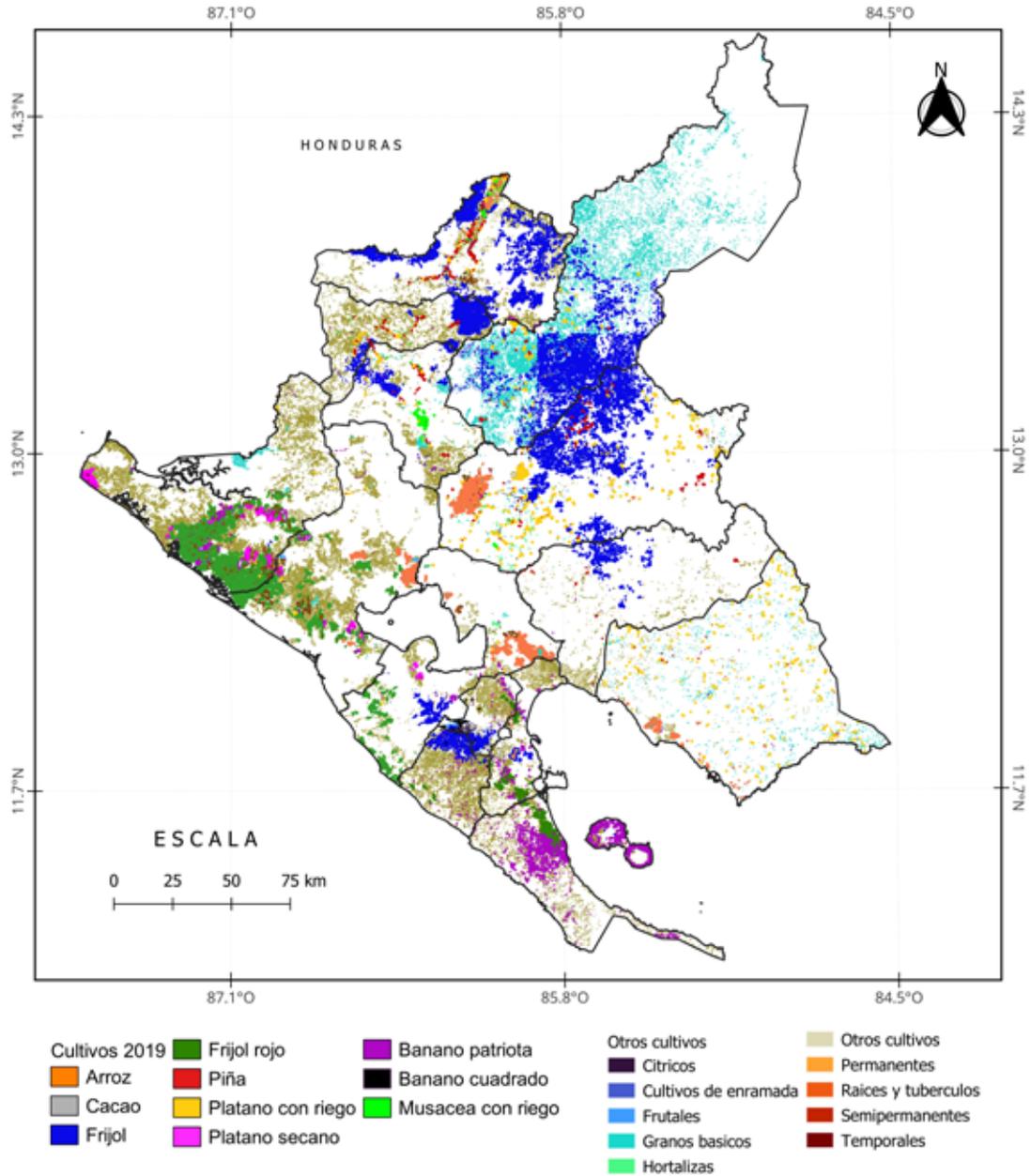
En estas áreas es ilustrativo observar el detalle de las actividades económicas desarrolladas las cuales fueron segregadas en zonas de medios de vida, resultando a simple vista la mayor parte en agricultura, ganadería y forestaría extensivas, siguiendo la agricultura intensiva, agroindustria y maquilas.

El mapa (Figura 3), basado en datos de INETER (2019) si bien tiene detalle de la extensión, ofrece un detalle del tipo de cultivos en Nicaragua y se observa que en la región del pacífico (gran parte de la ecorregión del bosque seco) resaltan los cultivos de granos básicos, caña de azúcar, maní y musáceas.

Las cifras disponibles de estos estudios (FAO, 2012 y MARENA, 2018) lamentablemente no son comparables ya que toman diferentes áreas de referencia (corredor seco versus departamentos) y metodologías, pero nos dan una idea de los usos actuales en la ecorregión y su alcance en extensión o cobertura.



**Figura 2.** Mapa de Zonas de medios de vida en corredor seco (área de bosque seco) (FAO, 2012). Clasificación de colores del mapa: Rojo: agricultura intensiva, agroindustria, maquila; Negro: áreas urbanas, industria y comercio; Azul: Pesquería, acuicultura, turismo agricultura de subsistencia; Amarillo claro: agricultura, MIPYMES, maquila and turismo; Amarillo medio: Agricultura, ganadería y forestería (extensivas); Anaranjado; Ganadería y granos básicos; Café: café y granos básicos.



**Figura 3.** Áreas cultivadas en el periodo 2019 (Retomado de WMS INETER, elaborado por J. Araque P.).

## Estado de conservación y amenazas

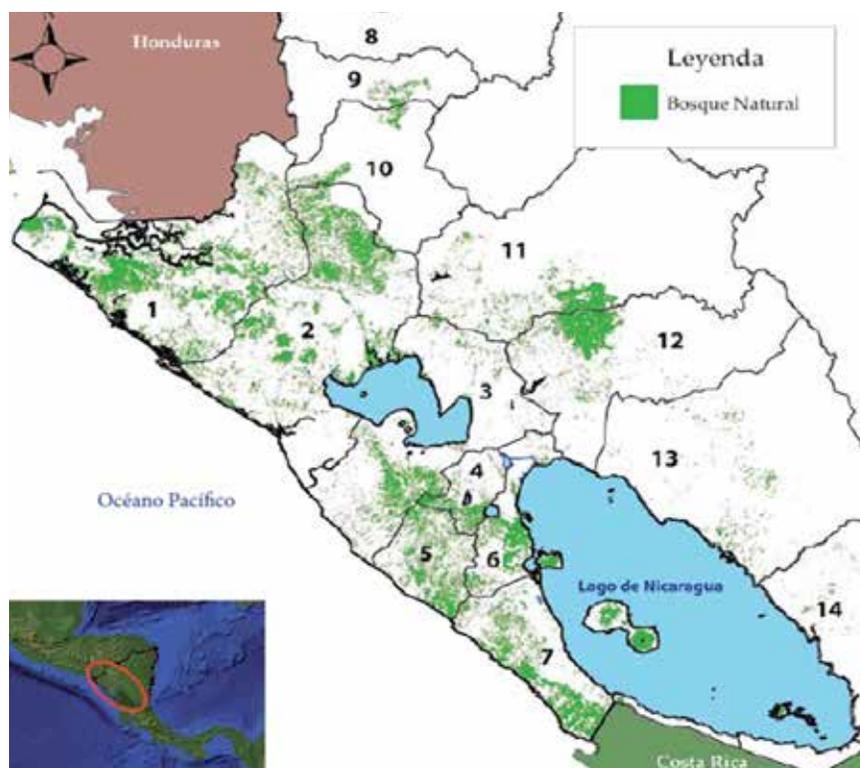
El estado de conservación de los bosques tropicales secos se clasifica como “en peligro”. La categoría de conservación “en peligro” (EN-endangered) de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (UICN) se asigna de acuerdo a 5 criterios: reducción de la distribución geográfica de área, reducción en el tiempo, degradación ambiental, disrupción de los procesos bióticos, tiempo estimado para el colapso o desaparición de una parte del ecosistema. El colapso de un ecosistema se da cuando éste se transforma, pierde su identidad y es reemplazado por un ecosistema diferente (Bland et al., 2017). A nivel global estos bosques han desaparecido a gran velocidad, y están gravemente amenazados por los cambios de uso de suelo y el cambio climático. Se ha previsto una probabilidad de colapso de más de una quinta parte de su extensión dentro de los próximos 50 años (Portillo-Quintero, C.A. & Sánchez-Azofeifa, G.A., 2010). En Nicaragua el ecosistema de bosque tropical seco también es uno de los más amenazados del país (MARENA, 2011).

De hecho, entre los años 1700 a 2000 donde se estima se perdió el 80% de los bosques tropicales secos, éste fue

el ecosistema más afectado entre los otros ecosistemas tropicales del continente americano, según un estudio de 2019 donde se aplicaron los criterios de la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN (Ferrer\_Paris et al., 2019).

El alto grado de fragmentación es uno de los problemas más evidentes para la ecorregión de los bosques secos de Centroamérica. Para esta región se ha estimado que los remanentes de bosque seco corresponden apenas a un 2% del área original (Janzen, 1988). En Nicaragua es notorio el alto grado de fragmentación (Figura 4).

Es posible que se haya experimentado una mínima recuperación de cobertura forestal en algunas áreas de bosque seco de Nicaragua. Según los datos de cobertura forestal 2015 se ha tenido una ganancia neta de 114 mil hectáreas de cobertura forestal respecto a 2005 en la región del pacífico (MARENA, 2018) la cual podría atribuirse a la regeneración natural de pastizales abandonados o parcialmente a los esfuerzos de los programas de reforestación nacionales. Aunque algunos especialistas creen que esta puede ser una sobreestimación si se sabe que algunas áreas se han recuperado debido a las causas mencionadas.



**Figura 4.** Áreas de bosque seco por departamento (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011). Clave para departamentos: 1: Chinandega, 2: León, 3: Managua, 4: Masaya, 5: Carazo, 6: Granada, 7: Rivas, 8: Nueva Segovia, 9: Madriz, 10: Estelí, 11: Matagalpa, 12: Boaco, 13: Chontales, 14: Nueva Guinea.

En Nicaragua de las 406,813.89 hectáreas que se tienen de bosque seco, apenas un 14% están en áreas protegidas (ANBS, 2011; MARENA, 2011). Los remanentes de bosque seco quizás mejor conservados están en áreas protegidas de administración pública o privada que en su mayoría corresponden a sitios de interés eco-turístico como: Delta del Estero-Real, Complejo Volcánico San Cristóbal-Casitas, Reserva Natural Volcán Cosigüina (MARENA, 2016; Red de Reservas Silvestres Privadas, 2017).

Las amenazas a la conservación de estas áreas en Nicaragua son muy similares a las de la región centroamericana. Estas se pueden clasificar en amenazas de tipo antropogénicas (causadas directamente por actividades humana) y naturales (relacionados a eventos o desastres naturales). Las amenazas incluyen: cambio de uso de suelo por la agricultura extensiva o intensiva, monocultivos o agroindustrias, la extracción insostenible de leña, la cacería ilegal, la expansión urbana (todas estas de tipo antropogénico); los incendios, sequías, inundaciones y cambio climático (“naturales”, si bien el cambio climático que tiene una raíz indiscutiblemente antropogénica incide en una mayor frecuencia de estos fenómenos naturales).

Debido a la fertilidad de suelos y fácil acceso para las labores agrícolas la zona del pacífico, en especial la zona de occidente ha sido sujeta a la agricultura y ganadería extensiva e intensiva, en forma de monocultivos los cuales han ido cambiando, transformando y degradando las áreas de bosque seco: desde el cultivo del algodón hace unas décadas, pasando por la caña de azúcar y más recientemente el cultivo de maní donde aún se aplican prácticas inadecuadas de gestión de suelos.

Estos usos han conducido a la pérdida de los suelos por erosión, disminución de fertilidad y degradación de suelos por sobreutilización. Según informes –Uso actual del Suelo 2011, Uso potencial del suelo 2010 y confrontación de usos en Nicaragua en la Macro región del Pacífico– un 44.2% de los suelos están sujetos a sobreuso de acuerdo a su potencial (MARENA – INAFOR – MAG, 2015).

La extracción insostenible de leña constituye una amenaza que debe ser abordada desde una perspectiva ambiental pero también social. Un 60% de la población aún hace uso de la leña principalmente para la cocina doméstica y también pequeños negocios a nivel

nacional según la Estrategia de leña y carbón vegetal (MEM-INAFOR-MARENA-MAGFOR, 2011). Esta amenaza se clasificó como alta en departamentos como Chinandega, León y Managua (ANBS, 2011).

La cacería ilegal y la expansión urbana también tienen un impacto negativo en la conservación del bosque tropical seco. Por ejemplo, es bien conocido el caso de la cacería de garrobos asociado a los incendios. Esta actividad tiene un doble impacto: para la biodiversidad directamente porque amenaza la conservación de esta especie y en la degradación del bosque seco por causa de los incendios provocados.

Las amenazas mencionadas aumentan el riesgo de degradación y fragmentación del bosque seco con lo que se pone en peligro la biodiversidad y el equilibrio de estos ecosistemas.

De acuerdo a la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, Nicaragua posee unas 12 especies de animales y 7 especies de plantas en diferentes categorías de amenaza que se encuentran en los ecosistemas de bosques secos (IUCN, 2019). En la publicación de la Lista Roja de Nicaragua donde un grupo de especialistas nicaragüenses realizó una evaluación para las especies vertebradas se encontraron otras 6 especies. Insectos y moluscos, ambos de los grupos más diversos biológicamente, no han sido aún sujetos a análisis de amenazas. Una lista total para fauna sería de 18 especies amenazadas en la ecorregión del bosque seco, entre ellas el mono aullador (*Ateles geoffroyi*), chancho de monte (*Tayassu pecari*), el tapir o danto (*Tapirus bairdii*), o el charralero cejiblanco (*Thyrothorus ludovicianus*) por mencionar algunos que se encuentran en categorías de conservación: vulnerable (VU), en peligro (EN) o en peligro crítico (CR) (Manzanarez et al. (Eds.), 2018).

Además del impacto a la biodiversidad, la degradación del bosque seco también tiene un impacto en la seguridad alimentaria de las poblaciones y el acceso al agua para consumo humano, uso doméstico y riego (Capítulo II). En muchas zonas de la región del bosque seco se constata empíricamente una profundización del nivel del agua subterránea, haciendo más caro o inaccesible el agua para la población (para profundizar pozos, comprar agua de otro lugar).

La conservación, manejo sostenible y restauración del bosque seco tendría un impacto positivo no solamente para el medio ambiente sino para las comunidades locales, aportando beneficios relacionados a los

aspectos de salud y nutrición.

El cambio climático, manejo ineficiente de los suelos y del agua son desafíos globales (FAO, 2019) que también constituyen retos importantes para nuestro país particularmente vulnerable al cambio climático y con poblaciones vulnerables ante la escasez o el acceso adecuado y continuo al agua (Inter-American Network of Academies of Sciences & UNESCO, 2015).

## Experiencias de conservación

Debido a la situación crítica de los bosques secos, urgen medidas para su conservación y restauración. Ferrer-Paris et al., 2019, por ejemplo, han recomendado una combinación de estrategias enfocadas en reducir la deforestación, gestionar el uso adecuado de los recursos, y realizar restauración de bosques y protección del agua, en este orden de importancia.

Algunos ejemplos regionales podrían tenerse en cuenta. En la región mesoamericana se han implementado programas con enfoque de “conservación mediante uso” es decir una conservación basada en la percepción de utilidad de los recursos de este ecosistema con un impacto directo en las comunidades. En los países de México y Honduras (Barrance, A., Schreckenber, K. & Gordon, J., 2009), así como en comunidades de Guatemala se ha promovido la gestión sostenible de la leña incluyendo tecnologías que permiten reducir el consumo, una reducción de la tala del bosque seco (GIZ, s.f). En Honduras se ha trabajado con propietarios de fincas ganaderas para mejorar sus técnicas y contribuir a la conservación de especies de avifauna (ASIDE-Honduras, 2021) y en Ecuador la restauración de bosque tropical seco a través de la reforestación con especies nativas en las cuencas altas ayudó en la conservación de ojos de agua, esenciales para la vida de las comunidades (ISTF, 2016).

Localmente, algunos ejemplos de conservación y restauración de bosque seco en el país son los de Reserva Natura en Villa El Carmen y el programa de bosque seco de la organización Paso Pacífico en el departamento de Rivas.

Reserva Natura es un área de 434 hectáreas de tenencia privada que nació como un proyecto de restauración en la ecorregión del bosque seco y que se mantiene gracias a un modelo de alianza público-privada. Para la restauración se seleccionaron unas 33 especies nativas de bosque seco. La reserva cuenta con 2 lagos

artificiales y en ella se realizan diversas actividades de educación ambiental e investigación con participación de empresas, comunidad, escuelas y universidades como la Universidad Centroamericana y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. En el Capítulo XI se encuentra una descripción actualizada y detallada de esta experiencia.

El programa de Paso Pacífico consiste en apoyar y trabajar con dueños de fincas de Rivas para que éstos implementen acciones de conservación y restauración (como la adopción de cercas vivas) procurando la conectividad ecológica entre las fincas y a la vez apoyen actividades de investigación enfocados en las especies o el ecosistema de bosque tropical seco (Dorgay et al., 2016; Sotelo, M. comunicación personal, 2019).

El cerro Guásara en Mozonte, Nueva Segovia, con presencia de bosques de pino, corresponde también con una de las zonas más secas del país, con bajos niveles de precipitación. El Cerro Guásara se ha constituido como una reserva comunitaria de gran valor cultural y espiritual.

Miembros del Pueblo Indígena de Mozonte (PIM) han dado cuenta de su experiencia de conservación, resultado de campañas contra los incendios agrícolas, que por mucho tiempo fueron parte de sus tradiciones como pueblo indígena, y de su esfuerzo comunitario para proteger los recursos forestales que sirven a varias comunidades aledañas al cerro. Esto ha sido conocido a través de testimonios de líderes y miembros del PIM en 2022 durante talleres que fueron parte de un trabajo de tesis de Maestría sobre las condiciones para la restauración de paisajes forestales en Mozonte según una perspectiva comunitaria.

## Mensajes finales y recomendaciones de este capítulo

Como hemos visto en este capítulo las prácticas asociadas a la agricultura y ganadería extensivas y la expansión urbana sin planificación adecuada (no tomando en cuenta la preservación de los ecosistemas) han sido causas importantes de la fragmentación y deforestación en la ecorregión del bosque tropical seco de Nicaragua, al punto que lo que queda de este bosque según los últimos estudios nacionales es un área mínima (aproximadamente un 2%) comparada con la cobertura original estimada (ANBS, 2011).

Siendo tan poco lo que queda de bosque seco, la conservación, el manejo sostenible y la restauración,

deberían guiar las políticas y planes relacionados con este ecosistema: conservar de forma efectiva los remanentes de bosque que aún quedan, manejar sosteniblemente las zonas productivas y restaurar zonas de bosque seco empezando por las áreas que se definen como prioritarias. La educación ambiental es necesaria como herramienta de apoyo para estos objetivos.

En la restauración del bosque seco deben perseguirse objetivos no solo ambientales sino también sociales, tomando en cuenta que la ecorregión tiene una alta densidad poblacional y donde también se encuentran las zonas más vulnerables a la sequía con toda la inseguridad y vulnerabilidad social que eso implica para las poblaciones que viven y dependen de estas áreas. Estos tres ejes –conservación, manejo sostenible y restauración –deben y pueden insertarse también en la planificación urbana y el ordenamiento territorial en tono con las necesidades productivas y de servicios ecosistémicos. Algunas señales de reintroducir el componente de conservación a nivel urbano se han visto en el Plan de Acción Managua Sostenible (BID, 2014), parte de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles patrocinada por el Banco Interamericano de Desarrollo, el cual incluye la creación de una serie de corredores biológicos urbanos en la ciudad de Managua.

Siendo Latinoamérica la región la más urbanizada del mundo, se espera que los centros urbanos sigan creciendo y Nicaragua parece no escapar a esta tendencia (ONU-Habitat, 2012), pero este crecimiento de las ciudades en el siglo XXI no debería producirse sin tomar en cuenta la importancia de los remanentes de bosque urbanos o peri-urbanos. El llamado que tenemos es a transformar las ciudades de forma sostenible, poniendo atención en la conservación de los recursos naturales, usando soluciones basadas en la naturaleza. Nuevas tendencias en arquitectura y urbanismo (techos o paredes verdes, edificios climáticamente inteligentes) pueden ayudar a enfrentar los desafíos de ciudades que continúan creciendo en un contexto de cambio climático.

Promover ciudades verdaderamente sostenibles, implementando soluciones basadas en la naturaleza o infraestructuras verdes, representa una oportunidad para mejorar la calidad de vida de todos y todas al tiempo que se reducen costos relacionados al suministro eléctrico, la atención a desastres o la salud, por ejemplo. La conservación o restauración de bosques y/o los corredores biológicos a lo interno de

la ciudad contribuirían a regular el clima, facilitarían la recarga de los acuíferos, aumentarían la infiltración disminuyendo los riesgos de inundaciones y mejorarían la calidad del aire urbano. Todo ello implica impactos positivos directos e indirectos en nuestra calidad de vida, nuestra salud y la economía local.

Respecto al tema del ordenamiento territorial, una de las grandes tareas es controlar la expansión agrícola, especialmente de monocultivos en áreas cercanas a remanentes de bosque y de mayor importancia para los acuíferos que sirven como fuentes de consumo y riego.

Algunas de las prácticas agrícolas asociadas al maní, caña de azúcar, y otros cultivos degradan la calidad de los suelos y suponen una amenaza al equilibrio ambiental. Teniendo en cuenta mayores riesgos de sequías, productores, autoridades de gobierno y resto de la población deben organizarse a fin de implementar mejores prácticas para conservar los suelos y evitar la expansión agrícola. Promover la inclusión del componente arbóreo como parte de sistemas agroforestales y de conservación de agua no solamente aportaría a la salud ambiental sino al mismo rendimiento económico de las actividades productivas en el largo y mediano plazo.

Otro aspecto mencionado tiene que ver con la educación ambiental y su influencia en las prácticas individuales y sectoriales. Promover una educación ambiental a nivel de las escuelas, universidades, sectores económicos y como suele decirse a la “población de a pie” puede tener un efecto positivo en la conservación del bosque si es acompañada de políticas y acciones que faciliten las decisiones individuales adecuadas. La educación ambiental cae en saco roto, si el sistema dominante perpetúa las desigualdades sociales y la pobreza, pues la conservación es difícilmente una opción cuando la prioridad es “llevar los frijoles a la mesa”.

La academia y los especialistas tienen un papel importante como comunicadores(as) y aliados(as) en estos objetivos. En la región mesoamericana la mayoría de las investigaciones relativas al ecosistema de bosque seco por ejemplo pertenecen a los países como México, Costa Rica y Brasil (Stan, K. & Sanchez Azofeifa, A., 2019). Por ello es importante que los esfuerzos de conservación sean acompañados y sistematizados para una divulgación entre el público en general y por supuesto entre la comunidad científica.

Los especialistas que han colaborado en esta publicación

continuamos haciendo el llamado a la conservación, promoviendo la educación ambiental de forma amplia (hacia los diversos sectores sociales) y aspiramos a colaborar de forma más directa con las comunidades,

el sector privado y la administración pública para guiar las estrategias económicas y de manejo territorial hacia escenarios más sustentables y justos.

## Referencias bibliográficas.

- ALIANZA NACIONAL DEL BOSQUE SECO** (2011). Programa Nacional para la Conservación, Restauración y Manejo del Ecosistema de Bosque Seco en Nicaragua. GIZ.
- ASIDE Honduras** (2021). Proyecto Conservación del hábitat del Bosque Seco a través del mejoramiento de las técnicas en la ganadería en el Valle de Agalta, Honduras. <https://asidehonduras.org/conservacion-del-habitat-del-bosque-seco-tropical/>
- Barrance, A., Schreckenber, K. & Gordon, J.** (2009). Conservación mediante el uso: Lecciones aprendidas en el bosque seco tropical mesoamericano. [https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi\\_assets/publications-opinion-files/4428.pdf](https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi_assets/publications-opinion-files/4428.pdf)
- Bland, L.M., Keith, D.A., Miller, R.M, Murray, N.J & Rodríguez, J.P. (Eds.)** (2017). Guidelines for the application of the IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria. Version 1.1. Gland, Switzerland: IUCN.
- Bauer, I.** (2019). Travel medicine, coca and cocaine: Demystifying and rehabilitating *Erythroxylum* – a comprehensive review. *Tropical Diseases, Travel Medicine and Vaccines*, 5. <https://doi.org/10.1186/s40794-019-0095-7>
- BID - Banco Interamericano de Desarrollo** (2014). Plan de Acción Managua Sostenible. <https://silo.tips/download/plan-de-accion-managua-sostenible-managua>
- Díaz, E.** (2019). El corredor seco centroamericano en perspectiva histórica. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7273863>.
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N.D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., Noss, R., Hansen, M., Locke, H., Ellis, E.C., Jones, B., Barber, C.V., Hayes, R., Kormos, C., Martin, V., Crist, E., Sechrest, W., Price, L., Baillie, J.E.M., Weeden, D., Suckling, K., Davis, C., Sizer, N., Moore, R., Thau, D., Birch, T., Potapov, P., Turubanova, S., Tyukavina, A., de Souza, N., Pinte, L., Brito, J.C., Llewellyn, O.A., Miller, A.G., Patzelt, A., Ghazanfar, S.A., Timberlake, J., Klöser, H., Shennan-Farpón, Y., Kindt, R., Barnekow Lillesø, J.-P., van Breugel, P., Graudal, L., Voge, M., Al-Shammari, K.F. & Saleem, M.** (2017). An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm, *BioScience*, Volume 67, Issue 6, June 2017, Pages 534–545, <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
- Dorgay, E., Muelle, R. & Klooster, A.** (2016). *Exploring Possibilities for Reforestation in Southwestern Nicaragua: The Social and Ecological Dimensions of Living Fence Rows*. 95. <https://pasopacifico.org/wp-content/uploads/2019/09/2016-Exploring-Possibilities-for-Reforestation-in-Southwestern-Nicaragua.pdf>
- Ferrer-Paris, J.R., Zager, I., Keith, D.A., Oliveira-Miranda, M.A., Rodríguez, J.P., Josse, C., Gonzalez-Gil, M., Miller, R.M., Zambrana-Torrel, C. & Barrow, E.** (2019). An ecosystem risk assessment of temperate and tropical forests of the Americas with an outlook on future conservation strategies. *Conservation Letters*, 12(2). doi: 10.1111/conl.12623. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/conl.12623>
- Food and Agriculture Organization – FAO** (2012). Estudio de Caracterización del corredor seco centroamericano. Tomo I. Honduras. <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo~i~corredor~seco.pdf>
- Food and Agriculture Organization - FAO** (2019). Trees, forests and land use in drylands: the first global assessment – Full report. FAO Forestry Paper No. 184. Rome. <http://www.fao.org/3/ca7148en/CA7148EN.pdf>
- FUNDENIC - Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Sostenible** (2020). Reserva Natura. Disponible en: <https://fundenic.org/reserva-natura.html>
- FUNDENIC - Fundación Nicaragüense para el**

- Desarrollo Sostenible** (2020). Reserva Natura. Disponible en: <https://fundenic.org/reserva-natura.html>
- GIZ - Agencia Alemana de Cooperación Internacional** (2016-2018) Protección y manejo sostenible de los bosques secos. <https://www.giz.de/en/worldwide/74707.html>
- Goebel-McDermott, A.** (2019). Exportando bosques, importando insustentabilidad. Comercio forestal y transformaciones socio-ambientales en Centroamérica: una aproximación desde la historia global, siglos XVIII al XX. *Diálogos* 23(1). [http://dx.doi.org/10.4025.dialogos.v23i1.46149](http://dx.doi.org/10.4025/dialogos.v23i1.46149)
- International Society of Tropical Foresters - ISTF** (2016). Restoration in Tropical Forests for Sustainable Development: Shaping Our Future with Knowledge from the Field. International Society for Tropical Foresters. [https://istfyale.edu/sites/default/files/files/ISTF%20Policy%20Paper\\_final.pdf](https://istfyale.edu/sites/default/files/files/ISTF%20Policy%20Paper_final.pdf)
- Inter-American Network of Academies of Sciences - IANAS & Unesco** (2015). Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias. [https://ianas.org/wp-content/uploads/2021/03/agua\\_urbana\\_210315.pdf](https://ianas.org/wp-content/uploads/2021/03/agua_urbana_210315.pdf)
- IUCN** 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-3. <http://www.iucnredlist.org>
- Janzen, D.H.** (1988). Tropical Dry Forests: *The Most Endangered Major Tropical Ecosystem*. En: Wilson, E.O. (Ed.) Biodiversity, 130-137. National Academy Press, Washington DC, the United States.
- Manzanarez, R., Tórrez, M.A., Gutiérrez, A., Manzanarez, J. & Gutiérrez, Z. (Eds.)** (2018). Lista Roja (2da edición): *Especies vertebradas en riesgo de extinción de Nicaragua. Jóvenes Ambientalistas, Managua, Nicaragua*.
- Ministerio de Energía y Minas - MEM, Instituto Nacional Forestal - INAFOR, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales - MARENA y Ministerio Agropecuario y Forestal - MAGFOR** (2011). *Estrategia Nacional de Leña y carbón vegetal 2011 2021*. <https://studylib.es/doc/4819950/estrategia-nacional-de-leña-y-carbón-vegetal-de-nicaragua>.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales - MARENA** (2011). *Estudio de ecosistemas y biodiversidad de Nicaragua y su representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. MARENA. 1a ed., Managua, Embajada de Dinamarca. 81 p.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales - MARENA** (2016). *Áreas protegidas*. [http://www.marena.gob.ni/index.php/macregion\\_pacifico/delegacion-granada?task=view&id=17](http://www.marena.gob.ni/index.php/macregion_pacifico/delegacion-granada?task=view&id=17)
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales - MARENA** (2018). *Atlas de Cobertura Forestal y Deforestación en Nicaragua 1969 - 2015. 1ª edición*. Managua
- MARENA - INAFOR - MAG** (2015). Uso actual del suelo 2011, uso potencial del suelo 2010 y confrontación de usos Nicaragua. Disponible en: [http://www.tortillaconsal.com/analisis\\_uso\\_suelo\\_1.pdf](http://www.tortillaconsal.com/analisis_uso_suelo_1.pdf)
- Newson, L.A.** (2021). Supervivencia indígena en la Nicaragua colonial. Humanities Digital Library. <https://humanities.digital.library.org/index.php/hdl/catalog/view/supervivencia-indigena/194/385-1>
- ONU - Habitat Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos** (2012). Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una transición urbana. [https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Estado de las Ciudades de América.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Estado%20de%20las%20Ciudades%20de%20América.pdf)
- Portillo-Quintero, C.A. & Sánchez-Azofeifa, G.A.** (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biodiversity Conservation* (143) 144-155. doi:10.1016/j.biocon.2009.09.020
- Red de Reservas Silvestres Privadas** (2017). Red de Reservas Silvestres Privadas. <http://www.reservasilvestres.com/component/content/article/1-red-rsp/50-mapa-rsp>
- Juárez, D.J. & Molina, L.R.** (2016). Algodón y externalidades ambientales en Nicaragua. REICE: *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 4(7): 13-42. <https://doi.org/10.5377/reice.v4i7.2819>
- Roldan, H.** (2001). *Recursos Forestales y Cambios en el Uso de la Tierra, Republica de Nicaragua*. Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América latina. FAO & EC. Santiago, Chile.
- Stan, K. & Sanchez-Azofeifa, A.** (2019). Tropical Dry Forest Diversity, Climatic Response, and Resilience in a Changing Climate. *Forests*, 10(5), 443. <https://doi.org/10.3390/f10050443>

**Swezey, S. & Faber, D.** (1991). La acumulación desarticulada, las exportaciones agrarias y la crisis ecológica en Nicaragua: el ejemplo del algodón. *Ecología Política*, 1:19-31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6812673>

**World Wide Fund for Nature - WWF** (sin fecha). Tropical and subtropical dry broadleaf forests. Central America: Patches scattered through Mexico, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, and Costa Rica. <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0209>

---

# CAPITULO XI

## EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN EN LA RESERVA NATURA

Lic. Rosario Sáenz Ruiz, M.Sc. Fabio Buitrago Vannini, M.Sc. Jaime Incer Barquero & M.Sc. Gustavo Martinez Cardenas

---

### Introducción

En la segunda mitad del siglo XX, la ecorregión del bosque tropical seco se extendía como un continuo cinturón en las áreas bajas y premontanas, desde los 0-800 msnm por toda la costa pacífica, desde el suroeste de México, (Sur de Chiapas), a través de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua y el Noroeste de Costa Rica (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011).

En la actualidad, se estima que, en el mundo, queda menos del 1% de ese tipo de vegetación y prácticamente no se localiza en estado natural, caracterizándose por presentar pequeñas áreas de bosque fragmentado, semejante a islas o parches boscosos (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011).

En ese contexto, el enfoque en el manejo y administración de la Reserva Natura (en adelante “La Reserva” o “RN”), representa la posibilidad de conservar los parches de bosque tropical seco que

existen, para ir reforzando la conectividad biológica y mejorar el hábitat de las especies asociadas a este ecosistema.

Reserva Natura es un área de 434 hectáreas administrada actualmente por la empresa Eco Development Nic; RN es un área de tenencia privada que nació como un programa de compensación hídrica basado en la restauración del bosque seco; se mantiene desde hace quince(15) años gracias a un modelo de alianza público-privada entre la Corporación Montelimar dueña de plantaciones de caña de azúcar y la empresa.

Según estudios preliminares realizados a la fecha, el bosque caducifolio de la Reserva Natura, tiene un alto potencial como banco genético para la conservación de especies forestales en peligro de extinción, se ubica en el municipio de San Rafael del Sur a 54.5 km de Managua en la zona de la costa pacífico del país.

---

<sup>1</sup> rosariosaenzruiz1962@gmail.com

<sup>2</sup> fabiob@bu.edu

<sup>3</sup> incerjaime@gmail.com

<sup>4</sup> gustmart10@gmail.com



Rana de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) fotografía © Milton Ubeda



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la Reserva Natural.

## Establecimiento de la Reserva Natural - restauración del bosque Visión

Durante el proceso de definición del plan estratégico de manejo de la Reserva, se realizó el reconocimiento de las especies existentes en el área de manera que sirviera como base para las acciones de restauración ecológica necesarias.

En el proceso estratégico de restauración ecológica de la Reserva han participado cerca de 40 profesionales de distintas especialidades de la conservación ambiental en el país. En un primer momento el equipo técnico bajo el liderazgo del Dr. Jaime Incer Barquero se propusieron como misión:

*“La conservación y desarrollo del bosque para incrementar la infiltración del agua a favor de los embalses en la Reserva Natural. Transformar el sitio en un área de referencia y entrenamiento nacional en el manejo y conservación de los bienes y servicios ambientales del bosque seco. Su manejo demuestra que la conservación del bosque es económica, social y ecológicamente sostenible; que se pueden diseñar políticas públicas viables sobre la base de la información científico técnica generada, e incrementar capacidades en varias generaciones de profesionales forestales, agrónomos, economistas, biólogos, ecólogos, hidrólogos, entre otros”* (Fundenic.org)

- a) Crear un modelo de manejo productivo teniendo en cuenta las condiciones ecológicas y sustentables de la Reserva Natural y que el mismo sirva de modelo a futuras iniciativas como parte de la Responsabilidad Social Empresarial de otras empresas en el país.
- b) Asegurar la disponibilidad de agua para abastecer la producción de caña de azúcar a través del manejo y restauración de las microcuencas.
- c) Desarrollar un nuevo modelo replicable de manejo del ecosistema del bosque seco que incida en la definición de políticas públicas forestales, ambientales y agropecuarias, así como en el diseño de estrategias sectoriales de la empresa privada nacional.
- d) Constituirse en la Escuela Nacional de la Conservación del país, entrenando, capacitando y educando a varias generaciones de profesionales forestales, ambientales y agropecuarios en alianza con universidades nacionales e internacionales.
- e) Servir de modelo para aquellas empresas que en sus procesos de producción requieren de los servicios ambientales como base para su actividad económica, permitiéndoles de esta manera garantizar la sostenibilidad de sus inversiones de cara a la mitigación de los efectos del cambio climático.

## Producción de Plantas

La Reserva cuenta desde el año 2008 con un vivero tecnificado apto para la producción sostenida de 120

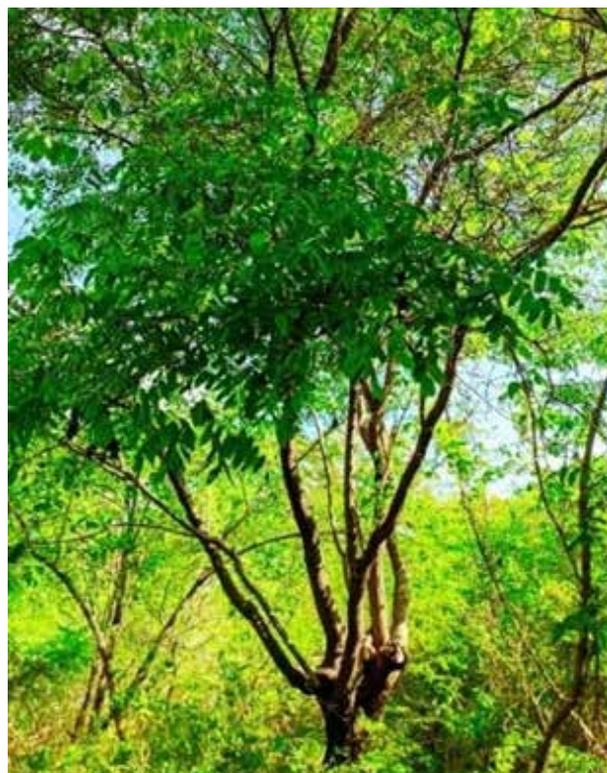
mil plantas. En 15 años se han producido cerca de un millón de plantas aproximadamente siendo las especies forestales del bosque seco las de mayor volumen de producción.



**Figura 2, 3 y 4:** Vivero de Reserva Natural, producción de especies forestales del bosque seco 2021.

El material genético del que se nutre el vivero proviene en un 80% de la misma Reserva; sin embargo algunas especies como Ñambar o Granadillo (*Dalbergia retusa*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Ojoche (*Brosimum alicastrum*), Caoba (*Swietenia humilis*), Cedro Real (*Cedrela odorata*), Nacasclo (*Caesalpinia coriaria*) son de las especies que, aunque tienen presencia en la Reserva no tienen buena calidad en la producción de semillas debido a que los árboles aún no han alcanzado la edad promedio para producir semillas de gran calidad.

Las especies que presentan mejor regeneración natural son: Cortes (*Handroanthus chrysanthus*), Poro Poro (*Cochlospermum vitifolium*), Chocuabo (*Caesalpinia violacea*), Roble (*Tabebuia rosea*), Gavilán (*Albizia guachapele*), Guanacaste Negro (*Enterolobium cyclocarpum*), Mangle de Río (*Bravaisia intergerrima*), Laurel Negro (*Cordia alliodora*), Genízaro (*Albizia saman*), Guarumo (*Cecropia peltata*) y Capulín (*Trema micranta*).



**Figura 5:** Ñambar (*Dalbergia retusa*).

Las plantas producidas en el vivero de la Reserva se destinan para cuatro diferentes fines: Primero, se utilizan para el enriquecimiento de la misma Reserva sobre todo aquellas especies con menos presencia identificadas en la caracterización de la Flórula de la RN, (Rueda et al, 2012) y de especies en peligro de extinción; el segundo destino son las fincas de producción de caña de azúcar del Ingenio Montelimar los que año con año enriquecen

las zonas de conservación identificadas en cada finca.

Asimismo, una porción de la producción es entregada como donación a propietarios de fincas comprometidas con la restauración de sus tierras y finalmente parte de las plantas del vivero suministran programas institucionales impulsados por el MARENA, INAFOR y Alcaldías locales.



**Figura 6:** Floración de Cortes (*Handroanthus chrysanthus*) en la Reserva Natura.



**Figura 6:** Niños, niñas y adolescentes acompañando a sus padres del Grupo Terra, en reforestación de la Reserva Natura.

## Producción de agua

Gracias a la permanencia y enriquecimiento del bosque se ha logrado la recolección de 3.6 millones de metros cúbicos de agua anuales que equivalen a 950 millones de galones de agua. Esta fuente hídrica se encuentra

en la vertiente del Pacífico en la subcuenca Río Jesús perteneciente a la Cuenca del Pacífico (9533) Nivel 4. La subcuenca es exorreica caracterizada por una circulación y expulsión del flujo de agua hacia el Océano Pacífico.



**Figura 8:** Imagen de las Sierras de Managua (fotografía: equipo técnico del programa Agua Neutralidad).

El agua se recolecta a través de dos lagos artificiales uno de ellos denominados “La Cerceta” localizados en la parte sureste de San Cayetano con un área irregular de 0.29 km<sup>2</sup> y un perímetro de 8.03 km; tiene dos formas de recarga: la precipitación y escorrentía superficial y se conecta con el otro lago conocido como “El Lagarto” con un área de 0.33 km<sup>2</sup> y un perímetro de 12 km, que se alimenta de cuatro fuentes: escorrentía,

precipitación, lo que se escurre del lago La Cerceta y finalmente el trasvase de agua de 0.46 m<sup>3</sup>/s proveniente del río Jesús durante los meses de septiembre y octubre con un recorrido de 2.71 km de distancia. Se calcula que gracias a la cobertura forestal se mantiene una infiltración de cerca de 1 millón de metros cúbicos de agua anuales (López, 2020).



**Figura 9:** Foto aérea de los lagos El Lagarto y Las Cercetas.

## Biodiversidad

A casi 15 años de manejo se cuenta con un inventario de 404 especies de flora, 13 de hongos, 210 aves, 160 mariposas, 50 reptiles, 43 mamíferos, 11 anfibios y 6 peces.

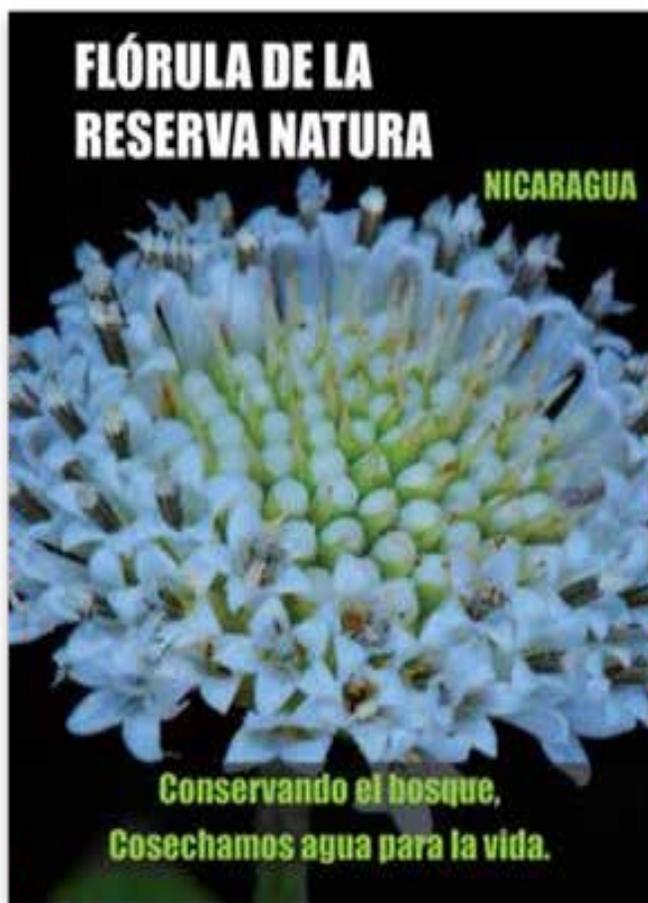
## Flora

Un primer estudio se realizó en el año 2010 denominado Flórula de la Reserva Natural; la flora estaba representada por 303 especies de plantas (5% del total de las especies de flora de Nicaragua, las cuales se agrupan en 85 familias (33% de las familias de la flora) y 240 géneros (13% de los géneros reportados para el país). Del total de especies identificadas 291 son nativas y 12 se reportan como introducidas (Rueda et al., 2012).

En la categoría de especies forestales nativas se encuentra la Randia o Cruceto (*Randia nicaraguensis*), que es uno de los iconos de conservación de la Reserva

Natura ya que es una especie endémica de Nicaragua. El estudio se llevó a cabo a través de giras de campo durante la estación seca y lluviosa. Para el 2021, como resultado de la conservación del ecosistema, los datos han variado incrementándose en casi 100 nuevas especies reportadas (en proceso de documentación por el Herbario de la UNAN-León), lo cual es un indicador del estado de conservación del bosque.

Durante el proceso de definición del modelo de manejo se establecieron varias estrategias de restauración del bosque; por un lado, la regeneración natural pasiva, por otro la regeneración natural asistida y plantaciones de enriquecimiento; el criterio que se usa para aplicar los diferentes modelos está en concordancia con la abundancia, capacidad de regeneración o escases de especies. Anualmente el equipo técnico planifica las acciones de manejo a desarrollar y evalúa el comportamiento ecológico del bosque en base a indicadores biológicos y físicos.



**Figura 10.** Portada del libro Flórula de la Reserva Natural. Rueda, Coronado y Holt (2012).



**Figura 11.** Randia (*Randia nicaraguensis*) en Reserva Natural.

Durante el proceso de definición del modelo de manejo se establecieron varias estrategias de restauración del bosque; por un lado, la regeneración natural pasiva, por otro la regeneración natural asistida y plantaciones de enriquecimiento; el criterio que se usa para aplicar los diferentes modelos está en concordancia con la abundancia, capacidad de regeneración o escases de especies. Anualmente el equipo técnico planifica las acciones de manejo a desarrollar y evalúa el comportamiento ecológico del bosque en base a indicadores biológicos y físicos

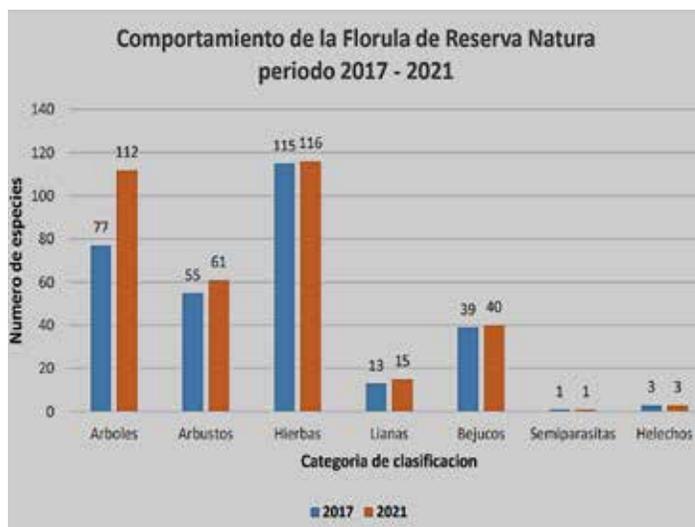
## Hongos

Los hongos comúnmente conocidos como setas, suelen desarrollarse en los bosques nicaragüenses, principalmente durante la estación lluviosa, creciendo sobre el suelo, madera en descomposición, tocones y cercos. Sobre estos sustratos se desarrollan un grupo reducido de hongos, comestibles y medicinales, ricos en vitaminas y minerales, que actúan como antioxidantes, anticancerígeno y antibióticos naturales que contribuyen a la salud humana.

En la Reserva Natura se han logrado documentar la presencia de 35 especies de hongos comestibles y medicinales de gran potencial farmacéutico y nutricional; la mayoría de los cuales son Basidiomycotas macroscópicos (Ubau, 2014). Para determinar la diversidad biológica de Macrohongos se realizaron transectos de 100x10m sobre los senderos; los individuos encontrados fueron colectados extraídos con parte del sustrato y trasladados a las oficinas; allí se procedió a la caracterización morfológica macroscópica y microscópica haciendo uso de claves dicotómicas para la identificación de los individuos catalogándolos en grupos o taxones.



**Figura 12.** Regeneración natural del Cortés (*Handroanthus chrysanthus*).



**Figura 13.** Comportamiento de la Flórua de Reserva Natura (Período 2017-2021).



**Figura 14.** Hongo Moneda Dorada (*Cyptotrampa chrysopepla*).



**Figura 15.** *Coprinus micaceus* en Reserva Natura.

## Fauna

### Aves

Al 2008 la presencia de incendios, cacería de aves migratorias, mamíferos y reptiles, así como la pesca ilegal incidió en que el primer inventario de aves realizado por especialistas fuera de 47 especies; a 15 años de esfuerzos sostenidos de conservación la ocurrencia del avistamiento de aves en la zona ha ido en ascenso registrando en este momento un total de 210 especies; de estas hay unas 56 especies migratorias que vienen a Nicaragua de Estados Unidos, Canadá y el sur del continente a inicios de octubre y permanecen en estas tierras neotropicales hasta finales de marzo o inicios de abril, los meses cuando retornan al sitio donde se reproducen. Dentro de estas especies migratorias al menos unas 7 especies de aves son rapaces que vienen del norte y bajan hasta el polo sur y de éstas 4 especies migran en bandadas de miles, siendo uno de los espectáculos más interesantes de la naturaleza en cuanto a migración de aves se refiere. Una de las especies que migran en estas bandadas es el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*), que recorre una ruta que inicia en Chile, pasando por la región pacífica de Nicaragua hasta llegar a Canadá, donde anidan. Estas

aves se encuentran debidamente documentadas en la plataforma e-Bird como indicador de eliminación de las amenazas antropogénicas.

Además, en el sitio se han reportado varias especies de loros y chocoyos, entre los que se destaca la lora Nuca Amarilla (*Amazona auropalliata*) y Pato Silvestre (*Cairina moschata*) que está en el apéndice I del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Este apéndice incluye a todas las especies de fauna y flora, sobre las que se cierne el mayor grado de peligro de extinción. Además, hay presencia de otras especies que se encuentran en estado vulnerable dentro de la Lista Roja de Especies de Nicaragua, como son la Chachalaca Vientre Blanco (*Ortalis leucogastra*) y el Colibrí Gorjirubí (*Archilochus colubris*). Otras especies de aves reportadas son la Urraca Copetona (*Calocitta formosa*) y el Saltarín Toledo (*Chiroxiphia linearis*), que de acuerdo con los criterios del organismo especialista en ornitología Bird Life International (Statters-eld, et al, 1998), están restringidas al bioma de las tierras secas del Pacífico de Mesoamérica. Este hecho conforma el potencial avifaunístico de la Reserva, tanto para investigación y educación ambiental como para aviturismo.



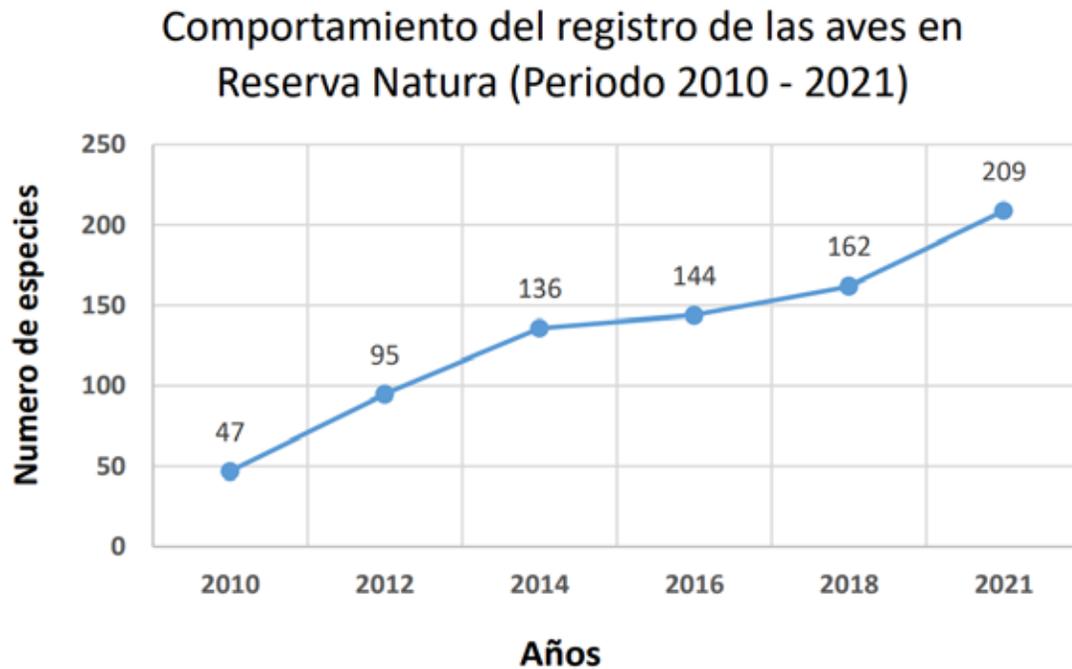
**Figura 16.** Pájaro Estaca (*Nyctibius jamaicensis*).



**Figura 17.** Chachalaca del Pacífico (*Ortalis leucogastra*).



**Figura 11.** Colubri Gorgirubi (*Archiluchus colubris*).



**Figura 19.** Comportamiento del registro de las aves en Reserva Natura (periodo 2010-2021).

La Reserva Natura ha participado en la plataforma E-Bird para observación de aves en el departamento de Managua.



**Figura 20.** Captura de la Plataforma e-Bird 14/10/2021 (<https://bit.ly/3GnQksG>).

## Anfibios y Reptiles

Con la restauración del bosque tropical seco en la Reserva Natura se están mejorando las condiciones del hábitat para beneficio de las especies de anfibios y reptiles, que juegan un papel importante como controladores biológicos de roedores e insectos y otras especies que sin ese control podrían resultar dañinos para el ser humano, otras especies y eventualmente para los cultivos.

Las especies de reptiles y anfibios son bioindicadores de la salud y calidad de los ecosistemas porque están vinculados al medio terrestre y acuático y son muy sensibles a las alteraciones locales del hábitat. También son fuertemente amenazadas por la cacería para usos comestibles, medicinales y para la elaboración de artesanías.

La desaparición de los bosques para convertirlos en potreros, campos agrícolas y urbanizaciones les afecta en sus procesos biológicos, porque el hábitat se reduce y pierde calidad, haciéndolos más vulnerables a procesos de extinción.

La recuperación del bosque en el área y la acumulación de agua en los lagos permite obtener un registro de 50 especies de reptiles dentro de los cuales tenemos 2 de gran importancia ecológica como el Lagarto (*Crocodylus acutus*) y Cuajipal (*Caiman crocodilus*).

Se reportan 13 anfibios dentro de los cuales se destacan dos: la ranita de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) y el sapo borracho (*Rhinophrynus dorsalis*) por ser especies sombrilla indicadora de bienestar del ecosistema.



**Figura 20.** Cocodrilo (*Crocodylus acutus*) en Reserva Natura.

## Mariposas

Las mariposas de La Reserva están representadas por 160 especies. Las mariposas son un grupo de insectos de suma relevancia, ya que han sido sugeridas como indicadores útiles de los cambios a nivel del paisaje, debido a su visibilidad, fácil identificación, rápida reproducción, su estrecha relación con factores físicos y su sensibilidad a los cambios ambientales. Además, cumplen con la mayoría de los criterios que debe tener un taxón para ser considerado un indicador del estado de preservación o alteración de los bosques y la biodiversidad de los ecosistemas. Dentro de estos se incluyen: la diversidad y distribución; son relativamente

fáciles de muestrear; existen guías de campo accesibles para su identificación; su taxonomía es relativamente estable y son abundantes y diversas en muchos ecosistemas (Maes, informe interno).

En este hábitat las mariposas se alimentan, reproducen, migran y algunas especies depositan huevos, razón para utilizar este grupo como bioindicador del estado de conservación del ecosistema. Se calcula que en el país existen un aproximado de 300 especies de mariposas (Maes, informe interno). El estudio de las mariposas en RN se realizó en tiempo diurno y nocturno y por un espacio aproximado de 15 días y en ambas estaciones del año entre 2013 y 2014 (Debrix, Soza & Maes, 2014 y 2017).



**Figura 22.** Chacalaca del Pacífico (*Ortalis leucogastra*).



**Figura 23.** Chacalaca del Pacífico (*Ortalis leucogastra*).

## Mamíferos

Las especies de mamíferos son muy importantes para mantener el equilibrio ecológico en los ecosistemas. Son dispersores de semillas y facilitan la germinación, procesos necesarios para la regeneración y restauración del bosque. También son depredadores y controladores de otras especies que podrían convertirse en plagas. La presencia de algunas especies, indica el grado de mantenimiento del ecosistema y por eso hay mamíferos que son indicadores de la calidad del hábitat.

Entre las especies de mamíferos observadas en la Reserva existen los siguientes: Coyote (*Canis latrans*) y el Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*), especies cuya población se ha reducido en el país por la cacería y pérdida de hábitat.

A través de los estudios preliminares también se reportan el Mapache (*Procyon lotor*), Comadrejazorro (*Caluromys derbianus*), Pizote (*Nasua narica*), Conejos (*Oryctolagus cuniculus*), Cusuco (*Dasybus novemcinctus*), Ardilla del Pacífico (*Sciurus variegatoides*), Zorro cola pelada (*Didelphis marsupialis*), Gato Ostoche (*Urocyon cinereoargenteus*), Guatusa (*Dasyprocta punctata*), Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), Ratón de monte (*Reithodontomys graciles*), Zorrillo manchado (*Spilogale putorius*), Zorro hediondo (*Mephitis macroura*), Zorrillo hediondo (*Conepatus semistriatus*), León breñero o Yaguarundí (*Herpailurus yaguarondi*), Zorra Gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el Puerco espín (*Sphiggurus mexicanus*).



**Figura 24.** Guatusa (*Dasyprocta punctata*)



**Figura 25.** Zorrgris (*Urocyon cinereoargenteus*).



**Figura 26.** Yaguarundí (*Herpailurus yagouaroundi*).

## Murciélagos

En diciembre del año 2018, se contabilizaron 51 individuos agrupados en cuatro familias y 13 especies que representan el 12% del total de especies de murciélagos (111) documentadas para el país (Lista roja mamíferos de Nicaragua, 2018).

Las familias más representativas en cuanto al número de especies son Phyllostomidae, murciélagos lanceros con nueve especies (69%) y 76% de individuos (39);

en este grupo destaca *Artibeus jamaicensis* con el mayor número de registros (14); los *Mormoopidae*, murciélagos bigotudos con dos especies (15%), los *Emballonuridae*, murciélagos de sacos y *Noctilionidae*, murciélagos pescadores comparten una especie (8%). Durante el conteo se registró en la RN, la presencia del segundo murciélago más grande de Nicaragua que corresponde a la especie conocida como murciélago de nariz lanceolada (*Phyllostomus hastatus*), (Saldaña, 2018).



**Figura 27.** Murciélago Lancero gigante (*Phyllostomus hastatus*).



**Figura 28.** Murciélago Pescador (*Noctilio leporinus*).

### Sitio Ideal para Investigaciones

La Reserva Natura es un área con gran potencial para el desarrollo de investigaciones sobre distintos temas; en ese sentido ha contribuido con cerca de 50 estudios, tesis, reportes técnicos de fauna y flora e hidrológicos; también se han realizado a base de inventarios de especies de flora y fauna, estudios comparativos entre el ecosistema acuático y terrestre; indicadores de calidad del agua, monitoreo del enriquecimiento del bosque, establecimiento de parcelas experimentales

con especies forestales para valorar su dinámica de crecimiento, ecosistemas versus el cambio climático, especies invasoras, entre otros. La recuperación del bosque, la biodiversidad y el modelo de cosecha de agua genera interés en estudiantes e investigadores por analizar el comportamiento del bosque. Hasta la fecha se han realizado diversos estudios de interés para la ciencia y ha dado paso para que muchos estudiantes de diferentes colegios y universidades realicen sus trabajos de tesis y estudios complementarios en campo de tal forma que puedan enriquecer y poner en práctica sus conocimientos técnicos.



**Figura 29.** Equipo de guardaparques de Reserva Natura, realizando conteo de aves en Lago El Lagarto.

## Modelo Replicable para las Empresas y Propietarios Privados

El manejo de la Reserva Natura, representa una oportunidad única para incidir en replicar el modelo en otras empresas agroindustriales que basan su producción en el uso intensivo del recurso hídrico independientemente de la escala de usos.

La RN ha atraído la atención de múltiples organizaciones e instituciones durante los 12 años de su manejo. Su enfoque no ha sido precisamente el turismo, sino más bien servir como un sitio de aprendizaje y educación donde es posible demostrar “*que sin bosque no hay agua y sin agua no hay vida*” lema acuñado a lo largo de la vida del equipo promotor y administrador de la iniciativa el cual ha sido la guía sobre la que se basa la atención a todas las personas que llegan a experimentar una experiencia única de aprendizaje.

La RN ha sido visitada por 45 Instituciones públicas, 40 ONGs, 34 Universidades y 37 colegios de primaria y secundaria; y tiene un promedio anual de 2500 visitantes.

En ese sentido RN sirve como escuela de aprendizaje de los colaboradores de todas empresas del país para la adopción de nuevos valores y al cambio de actitud, incidiendo además en su núcleo familiar y comunidad, para garantizar su mejor calidad de vida a través de prácticas amigables con su entorno. Bajo este esquema 106 empresas han visitado la RN con sus colaboradores usando una metodología que incluye charlas sobre la importancia del bosque tropical seco y la cosecha de agua, así como la reforestación de un área definida de antemano por el equipo técnico de RN.

El alto índice de conservación del bosque permite ser un área representativa para los municipios de San Rafael de Sur y Villa el Carmen y un modelo ecológico a seguir, posicionándose geográficamente en el área límite de ambos municipios.

A nivel privado conocemos de tres experiencias que en este momento se encuentran replicando el modelo con la variante productiva; las tres experiencias se ubican en el bosque tropical seco y coinciden en ser fincas con altos niveles de degradación, poca vegetación y deficiencia en la producción de agua. Estos tres elementos son los factores comunes que han motivado a sus propietarios a replicar a escala menor la experiencia, combinando bosque con otras especies que puedan contribuir a la

sostenibilidad económica de las unidades productivas. En la RN hemos proveído el material genético para la restauración de estas fincas y realizados intercambios de experiencias sobre la viabilidad o no de la siembra de algunas especies. Las unidades de manejo van desde las 15 manzanas hasta las 160.

## Educación Ambiental

En la Reserva Natura hemos comprendido que la educación ambiental es el medio más eficaz para garantizar la sostenibilidad ecológica, económica y social de los nicaragüenses. Nuestro programa de educación ambiental apunta al reencuentro con la naturaleza a través del fomento del trabajo en equipo y competitividad, adquirir conciencia sobre el respeto a la naturaleza y el medio ambiente de manera que se puede construir una sociedad más comprometida y con valores sociales.

Constantemente en RN el equipo técnico y los líderes de la Organización, realizan diferentes modelos de enseñanza y aprendizaje para compartir con los niños; el modelo se denomina Eco-escuela y se da en 2 modalidades: en aulas de clase y/o en campo en la RN. Somos convencidos que los niños son los mejores receptores de conocimiento; de manera que se han dirigido grandes esfuerzos en promover visitas de los colegios y de colaboradores de las empresas con sus familias. La RN ha sido visitada por aproximadamente 35 colegios de primaria y secundaria y una población de niños de aproximadamente cinco mil entre niños y niñas.

El programa Eco-escuela incluye la realización de actividades como campamentos, juegos infantiles, siembra de plantas, caminatas, identificación de aves y animales propios del ecosistema. Todas las actividades lúdicas realizadas colocan al niño, niña y adolescente como protagonista de su proceso de aprendizaje, maximizando sus capacidades y desarrollando el espíritu de exploración.

## Objetivos de la Educación Ambiental

- a) Favorecer, mediante las actividades propuestas, el conocimiento del mundo natural, el proceso productivo de la naturaleza y la comprensión del universo.
- b) Hacer ver a los/as participantes qué los valores como: la solidaridad y la cooperación, son fundamentales para una excelente integración

social.

- c) Realizar juegos y actividades deportivas en contacto directo con la naturaleza interactuando correcta y activamente en ella.

## Metodología

Todas estas actividades son dirigidas por guardaparques y especialistas en aves, mariposas, murciélagos, mamíferos, reptiles y recursos acuáticos, los cuales son los responsables de infundir entusiasmo en las tareas que se realizan, estimular la curiosidad de los niños, provocar el dialogo y el trabajo en equipo, siendo esto último indudablemente una de las características primordiales para alcanzar el éxito en el mundo moderno.

## Equipamiento para contribución a la información climática

A partir del 2021, Reserva Natura se encuentra equipada con dos instrumentos para medir el comportamiento climático que contribuya a dotar de información para la toma de decisiones tanto en el nivel local para manejo de la Reserva y sus componentes, así como para aportar información a otras plataformas que miden el comportamiento del clima a nivel mundial.

La primera estación es un equipo denominado *Hobo-Clima* (ONSET RG3-M Y Data logger MX2302A) que está equipada para medir: temperatura, humedad y precipitación.

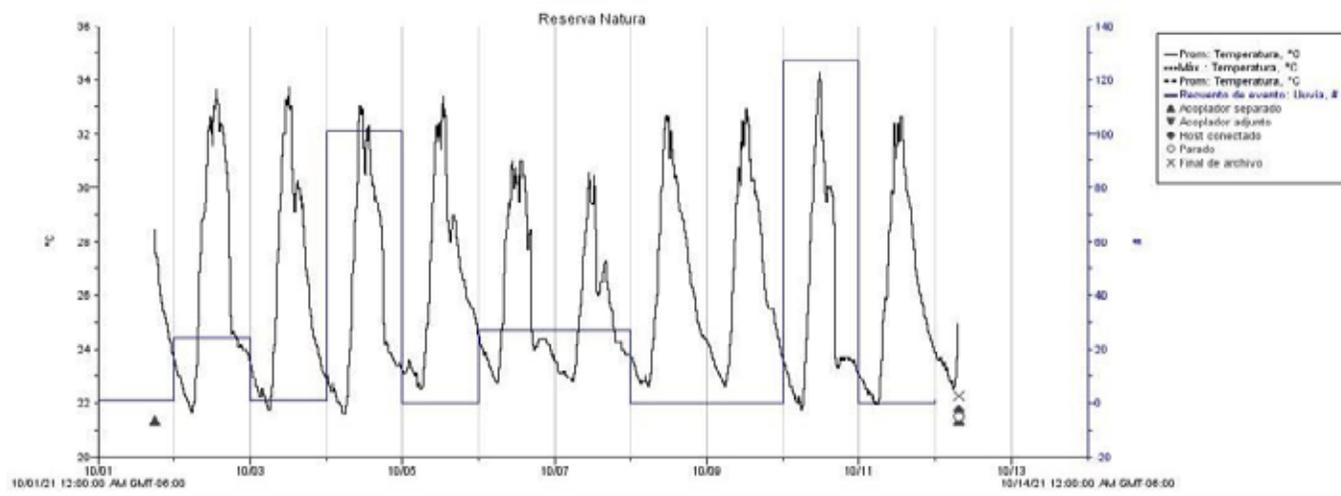
El uso de datos es posible bajando la información a un

programa instalado en una computadora y luego se procesa para hacer más accesible los datos que suministra para su análisis.

El resultado de los datos que arroja se estará compartiendo a través de distintas plataformas para la toma de decisiones a nivel mundial y en el nivel local.



**Figura 30.** Hobo-clima ONSET RG3-M



**Figura 31.** Procesamiento del Lector de Temperatura.

## Principales Amenazas

La RN cuenta con un equipo permanente y capaz de garantizar las operaciones de investigación, regulación y control; pese a esto las amenazas que sufren los recursos naturales continúan siendo un desafío para el equipo que trabaja los 365 días del año. Las incursiones ilegales para extracción de fauna silvestre, la pesca, los incendios forestales, la incidencia permanente de ganado mayor.

A diario el personal se ve enfrentado a acciones provocadas por la incursión de ganado mayor; en promedio se sacan entre 15 a 20 animales por día lo que generan otros problemas adicionales como daños en los cercos, pérdida de vegetación arbustiva o de plántulas en estado de crecimiento y generan claros en áreas destruyendo las especies nuevas en desarrollo.

Todos los años en la estación seca la ocurrencia de los incendios es una amenaza permanente los que son provocados por cazadores de garrobos que aprovechan la época de reproducción de la especie para su captura. Los incendios tienen su origen por la actividad agrícola con la práctica de roza y quema de los vecinos, quema de potreros y los cazadores; otro factor que incide en la quema es que la mayoría de las fincas se encuentran en abandono por parte de sus propietarios los que dificulta generalmente las acciones de coordinación y de cooperación para sofocar los incendios; gracias a las acciones desarrolladas la RN ha tenido poco daño por incendios con una pérdida aproximada de 50 h. en total.

El personal de la RN, se auxilia de voluntarios de las comunidades, personal de Ingenio Montelimar y brigadas institucionales que en algunas ocasiones acompañan la jornada de control de los incendios sin ninguna participación de los propietarios donde se originan los incendios.

## Conclusiones

- a) A 15 años de manejo se puede demostrar que es factible la restauración ecológica.
- b) Tenemos más conocimiento de la ecología forestal y mejor entendimiento de como los cambios del clima inciden en la restauración del bosque y sus componentes.
- c) **Es una experiencia única en el país de una finca dedicada exclusivamente a la producción de agua basado en la restauración y manejo forestal. Gracias a eso se puede decir que ha servido de modelo para**

**ser replicado en diferentes escalas.**

- d) El compromiso a nivel de las máximas autoridades de la Corporación Montelimar sin duda constituyen un elemento a destacar y que hace la diferencia en cuanto al manejo del concepto de la Responsabilidad Ambiental Empresarial constituyéndose en un esfuerzo verdaderamente legítimo y creíble frente a otros esfuerzos de conservación.
- e) Se a logrado posicionar a RN en las instituciones del sector público vinculado a la gestión ambiental del país, de manera que anualmente es frecuente recibir visitas de funcionarios interesados en la experiencia de manejo.
- f) Otro elemento a destacar es que RN es la única área del país donde año con año diferentes empresas privadas desarrollan sus programas de sostenibilidad ambiental o responsabilidad social ambiental, a través de diferentes acciones de manejo como: siembra de semillas en viveros, enriquecimiento del bosque a partir de la siembra en suelo de plantas, apoyo en el mantenimiento de infraestructura y senderos. Sin duda RN se a colocado en el imaginario del sector privado como un modelo necesario para que sus colaboradores tengan una interacción-aprendizaje con la naturaleza
- g) Sin duda el equipo técnico y de guardaparques representan un factor humano determinante para el logro de los resultados, sobre todo en un país donde la conservación no es vista como una actividad atractiva. Pasaron casi 6 años hasta que el equipo se ha consolidado y hoy día cuenta con un personal entrenado en las acciones de manejo de los diferentes grupos taxonómicos y el bosque en su totalidad.

## Agradecimientos

Nuestros agradecimientos a los colegas que aceptaron revisar algún capítulo de este libro: Dr. Alvaro Noguera, Prof. Salvador Montenegro Guillén, Dr. Daniel Corrales-Cores, Dra. Lillian Ferrufino, Prof. Milagro Mata, M.Sc. Gloriana Chaverri, Dra. Mariamar Gutierrez, Luís Ernesto Sánchez Osorio, Mario A. González T., Francisco Javier Serna-Cardona, Dr. Jose G. Palacios Vargas.

La gratitud de los autores por las ilustraciones de viñetas Cony Gomez y los mapas de Joxual Araque.

## Referencias bibliográficas.

- Alianza Nacional del Bosque Seco** (2011). Programa Nacional para la Conservación, Restauración y Manejo del Ecosistema de Bosque Seco en Nicaragua. <https://bit.ly/3CqXWZ2>
- Debrix, A., Soza, A.E. & Maes, J.M.** (2014) Mariposas de la Reserva Natura. *Revista nicaragüense de Entomología*, 81: 113 pp.
- Debrix, A., Soza, A.E. & Maes, J.M.** (2017) Mariposas de la Reserva Natura (Managua, Nicaragua), suplemento. *Revista nicaragüense de Entomología*, 118: 47 pp.
- López Rodríguez, E.B.** (2020). Diagnóstico del Potencial Hidrológico para aprovechamiento y manejo sostenible en la microcuenca los cajones. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua] Repositorio Institucional, RIUMA. <https://bit.ly/3CuXMj4>
- Rueda, R., Coronado, I. & Holt, S.** (2012). Flórula de la Reserva Natura, Nicaragua. Fundenic, SOS. <https://bit.ly/3vWEwss>
- Stattersfield, A., Crosby, M., Long, A. & Wege, D.** (1998). Endemic birds' areas of the world. Priorities for biodiversity conservation. Bird Life Conservation. Cambridge.
- Ubau, N.** (2014). Macro hongos y hongos comestibles de la Reserva Natura.
-

***La Revista Nicaragüense de Biodiversidad (ISSN 2413-337X)*** es una publicación de la Asociación Nicaragüense de Entomología, aperiódica, con numeración consecutiva. Publica trabajos de investigación originales e inéditos, síntesis o ensayos, notas científicas y revisiones de libros que traten sobre cualquier aspecto de la Biodiversidad de Nicaragua, aunque también se aceptan trabajos de otras partes del mundo. No tiene límites de extensión de páginas y puede incluir cuantas ilustraciones sean necesarias para el entendimiento más fácil del trabajo.

***The Revista Nicaragüense de Biodiversidad (ISSN 2413-337X)*** is a journal of the Nicaraguan Entomology Society (Entomology Museum), published in consecutive numeration, but not periodical. RNB publishes original research, monographs, and taxonomic revisions, of any length. RNB publishes original scientific research, review articles, brief communications, and book reviews on all matters of Biodiversity in Nicaragua, but research from other countries are also considered. Color illustrations are welcome as a better way to understand the publication.

**Todo manuscrito para RNB debe enviarse en versión electrónica a:**

(Manuscripts must be submitted in electronic version to RNB editor):

**Dr. Jean Michel Maes (Editor General, RNB)**

Museo Entomológico

Morpho Residency

De hielera CELSA media cuadra arriba

21000 León, NICARAGUA

Teléfono (505) 7791-2686

jmmaes@yahoo.com

También se puede remitir a los miembros del comité editorial de la revista.

#### **Costos de publicación y sobretiros.**

La publicación de un artículo es completamente gratis.

Los autores recibirán una versión PDF de su publicación para distribución.

