

Diversidad y estructura de las especies forestales en Sarazin, Departamento Centro, Haití

Diversity and structure of forest species in Sarazin, Center Department, Haiti

Valdimir Vincent

Instituto de Estudios Superiores de la Ciudad de México Rosario Castellanos, CDMX México.
Universidad Pública Central, Departamento Centro, Haití.
Ministerio de Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Departamento Oeste, Haití.

Fabiola Roja-García*

Instituto de Estudios Superiores de la Ciudad de México Rosario Castellanos, CDMX México.

Andy Barthelemy Nahum Lafleur

Ministerio de Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Departamento Oeste, Haití.

*Autor para correspondencia: fabiosxto1981@gmail.com

Resumen

El presente estudio realizado en bosques tropicales secundarios de Sarazin, 2ª sección comunal de Mirebalais, Haití tiene como objetivo describir la diversidad y la estructura de las especies forestales con el fin de promover su conservación. Se efectuó un muestreo sistemático conformado de cuatro transectos de 10,000 m de largo y 1,000 m de ancho, en cada uno se evaluaron cinco parcelas cuadradas (20 parcelas). La diversidad de especies forestales se caracterizó mediante el cálculo de índices de diversidad. La estructura de las especies forestales se describió a través de la distribución de individuos por clase diamétrica con una amplitud de 10 cm y por clase de altura con una amplitud de 5 m. Los levantamientos muestran que el área de estudio tiene una riqueza específica parcial de 40 especies divididas en 38 géneros y 23 familias. La familia Fabaceae fue la más representativa con 11 especies, y la especie más abundante *Prosopis juliflora*. Las perturbaciones naturales y humanas influyen en la estructura diametral y vertical. El análisis estructural mostró que, a pesar de existir un número razonable de especies, en la mayoría de los casos se trata de árboles en cantidades mínimas, de pequeñas dimensiones y distribuidos esporádicamente. A pesar de las perturbaciones correlacionadas con las actividades antropogénicas y los eventos meteorológicos extremos los bosques tropicales de Sarazin han mostrado cierta resiliencia.

Palabras clave: Bosque tropical haitiano, dasonomía, índice de diversidad, inventario, *Prosopis juliflora*.

Abstract

The present study carried out in secondary tropical forests of Sarazin, 2nd communal section of Mirebalais, Haiti aims to describe the diversity and structure of forest species to promote their conservation. A systematic sampling consisting of four transects of 10,000 m long and 1,000 m wide was carried out, in each one five square plots were evaluated (20 plots). The diversity of forest species was characterized by calculating diversity indices. The structure of the forest species was described through the distribution of individuals by diameter class with a width of 10 cm and by height class with a width of 5 m. The surveys show that the study area has a partial specific richness of 40 species divided into 38 genera and 23 families. The Fabaceae family was the most representative with 11 species, and the most abundant species was *Prosopis juliflora*. Natural and human disturbances influence the diametrical and vertical structure. The structural analysis showed that, despite the existence of a reasonable number of species, in most cases they are trees in minimal quantities, small and sporadically distributed. Despite disturbances correlated with anthropogenic activities and extreme weather events, Sarazin's tropical forests have shown some resilience.

Keywords: Diversity index, forestry, Haitian tropical forest, inventory, *Prosopis juliflora*.

Introducción

Los bosques tropicales juegan un papel central en los ciclos biogeoquímicos terrestres, con respecto a las reservas y los flujos de carbono (Bonan, 2008). Específicamente las reservas de carbono forestal están determinadas por las propiedades de las especies de árboles, las condiciones ambientales y las perturbaciones antrópicas (Venelli Pyles *et al.*, 2022).

Quizá en ninguna parte los desafíos que plantea el cambio climático son más desalentadores que en los bosques tropicales, que albergan la mayoría de las especies de la Tierra (Feeley *et al.*, 2012). Haití, el país más pobre del hemisferio occidental, es extremadamente vulnerable a los desastres naturales. Situado en el tercio occidental de la isla de La Española, el país sufre de forma regular importantes terremotos, huracanes, tormentas tropicales, sequías e inundaciones.

El impacto de estos eventos se ha agravado además por la deforestación que ha dejado áreas urbanas y rurales, donde vive el segmento más pobre de la población, expuestas a deslizamientos de tierra tras las lluvias torrenciales. Cada nuevo desastre tiene consecuencias en la economía haitiana y dificulta aún más su desarrollo sostenible (Sjaavik, 2017).

La deforestación afecta a todas las ciudades de Haití, país donde más de la mitad de las tierras tienen pendientes superiores al 40%, la tala de árboles y las malas prácticas agrícolas acentúan el fenómeno de la erosión que conduce a la desertización del suelo. Cada año Haití pierde 43 millones de m³ de tierra cultivable (MARNDR, 2010).

Sarazin, 2^a sección comunal de Mirebalais no se libra de esta situación, ya que la excesiva explotación de la madera a través de la tala descontrolada, unida a la escasez de lluvias, provoca una baja productividad de los cultivos y, en consecuencia, la población recurre a la tala de árboles para su supervivencia. La destrucción del patrimonio y la tala selectiva conduce a una disminución de la cubierta vegetal que, a su vez, debilita la capacidad de recuperación de los ecosistemas de la sección.

Por esta razón una evaluación de los recursos leñosos es más que necesaria, de ahí que el objetivo de este estudio fue describir la diversidad

Materiales y Métodos

Área de estudio

Sarazin es la 2^a sección de las cuatro secciones comunales de Mirebalais, ubicada en el Departamento Centro de Haití. Limita al norte con Bayes (2^a sección comunal de Boucan-carré), al sureste con Juampas (2^a sección comunal de Lascahobas), al suroeste con el núcleo urbano de Mirebalais y al este con Crête-Brulée. Tiene una superficie de 93.4 km², y ocupa el 0.33% del territorio nacional (Figura 1). Las precipitaciones actuales son de 1300 mm al año. La temperatura media es de 26.2 °C. La evapotranspiración potencial es de 173 mm/mes en julio y 13 mm/mes en enero (Pacombe, 2013).

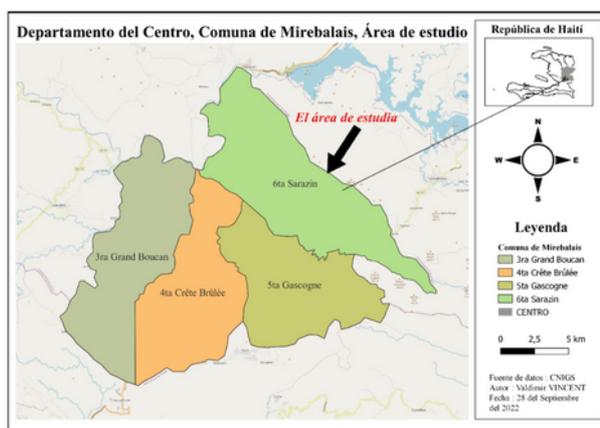


Figura 1. Área de estudio Sarazin, 2^a sección comunal de Mirebalais.

Inventario forestal

Se establecieron cuatro transectos de 10,000 m de longitud y 1.000 m de anchura. Los transectos se espaciaron cada 2,000 m a lo largo de un gradiente de antropización urbano-rural que permite evaluar las relaciones espaciales de intervención. A lo largo de cada transecto se dispusieron parcelas cuadradas (100 m x 100 m (10,000 m²)). Se evaluaron en total 20 parcelas (cinco parcelas por transecto).

Esto corresponde a una superficie total de 40 km², que también representa el 42.82% de la superficie de la sección. Al interior de las parcelas se registró la especie del árbol, el diámetro normal (DN) de todos los árboles ≥ 5 cm, altura total (HT, m). En el caso de los arbustos se registró el diámetro a 30 cm del suelo. Los diámetros inferiores a 5 cm se consideraron de regeneración (Morou *et al.*, 2016).

Se estimó la densidad real de los árboles (D_r), mediante la relación de la superficie de 1 ha y el cuadrado de la distancia media entre árboles (Mahamat *et al.*, 2014). También se estimó la densidad de regeneración (N_r) que se expresa en tallos por hectárea (Boubacar *et al.*, 2014).

Análisis de diversidad

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon (H') para medir la heterogeneidad de la diversidad específica del área de estudio, y la equidad de Pielou (J') permitió apreciar mejor la diversidad y la composición de las comunidades vegetales al medir la probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie.

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

Donde:

S= Número de especies

p_i = Proporción de individuos de cada especie respecto al total: n_i/N

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número de individuos de todas las especies

H' = Resultado de la ecuación que normalmente varía entre 0,5 y 5. Menor a 2 es bajo y superior a 3 es alto en relación -con la biodiversidad.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (2)$$

Donde:

J' = resultado del cociente de la diversidad observada (H') y la máxima diversidad expresada (H'_{max}), donde $H'_{max} = \ln(S)$.

También se calculó el índice de Sorensen para evaluar la similitud entre los cuatro transectos. Se calcularon sobre la base de la presencia/ausencia de especies.

$$IS_s = \left[\frac{2c}{(A+B)} \right] 100 \quad (3)$$

Donde:

IS_s = Índice de semejanza de Sorensen, sus valores varían de 0 a 100 y un valor cercano a 100 indica una alta similitud entre los transectos (Molles, 2016).

C = Número de especies comunes

A = Número total de especies presentes en la comunidad A

B = Número total de especies presentes en la comunidad B.

Análisis estructural

Los individuos se dividieron en 10 clases de diámetro. Las clases son 5-15 cm, 15-25 cm, 25-35 cm, 35-45 cm, 45-55 cm, 55-65 cm, 65-75 cm, 75-85 cm, 85-95 cm. Los individuos mayores de 0.5 m se categorizaron en clases de altura con un rango de 5 m (Morou *et al.*, 2016). Se utilizó XLSTAT para realizar un ANOVA de una vía para comprobar si había una diferencia significativa entre las medias de los diámetros y las alturas de los árboles de los cuatro transectos.

Resultados y discusión

América Latina y el Caribe contienen más bosques tropicales de alta biodiversidad que las áreas restantes del planeta combinadas, pero experimentaron más de un tercio de la deforestación mundial durante la primera década del siglo XXI (López-Carr *et al.*, 2022). En las islas del Caribe, incluida Guadalupe donde se localiza Haití, las condiciones pedoclimáticas muy diversas en áreas pequeñas sustentan conjuntos florísticos complejos (Acevedo-Rodríguez y Strong, 2008).

Los datos florísticos de las 20 parcelas de Sarazin mostraron que el bosque tropical tiene una riqueza específica de 40 especies agrupadas 23 familias. El Cuadro 1 muestra que la familia más representada es Fabaceae con 11 especies (27.5% del total), las Meliaceae con cuatro especies, las Anacardiaceae, Bignoniaceae, Malvaceae y Myrtaceae con dos especies.

Las especies inventariadas cubren un amplio espectro ecológico (Cuadro 1), la mayoría de estas tienen una distribución geográfica que se extiende más allá del territorio del Caribe y siguen siendo relevantes en un contexto neotropical más amplio (Mira *et al.*, 2022).

La especie que presenta mayor abundancia en Sarazin es *Prosopis juliflora* (Sw.) DC, coincide con los resultados de Felker *et al.* (1993), que explican que al ser una especie fijadora de nitrógeno adaptada a las zonas áridas rebrota del tocón, puede soportar el abuso de los leñadores haitianos y las frecuentes sequías que ocurren en gran parte de Haití. Los árboles de *Prosopis* revisten una enorme importancia histórica como fuente energética, uso que prevalece en operación

Cuadro 1. Familias y especies botánicas en los individuos leñosos de Sarazin.

Familia	Nombre científico	Nombre común local
Anacardiaceae	<i>Comocladia glabra</i> (Schult.)	Brésillet
	<i>Spondias purpurea</i> L.	Mombin
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana citrifolia</i> L.	Bois lait
Arecaceae	<i>Roystonea borinquena</i> O.F. Cook	La Palmiste
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	La Calebasse
	<i>Macrocalpa longissima</i> (Jacq.)	Le Chêne
Bombaceae	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam)	Le Coton fleur ou mahaudème
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Le Gommier
Calophyllaceae	<i>Calophyllum callaba</i> L.	La Dalle marie
Capparaceae	<i>Capparis cynophallophora</i> L.	Le Bois caca
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Le bois pin d'Australie
Celasteraceae	<i>Schaefferia frutescens</i> Jacq	Le bois capable
Clusiaceae	<i>Clusia rosea</i> Jacq.	Le Figuier maudit
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	Le Sablier
Fabaceae	<i>Acacia scleroxyla</i> Tuss	L'Acacia
	<i>Albizzia lebeck</i> (L.) Benth.	Le Tcha-tcha
	<i>Brya buxifolia</i> (Urb.)	Galle galle
	<i>Cassia siamea</i> Lam.	Le Casse
	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf.	Le Flamboyant
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	Lilas étranger
	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Le Campêche
	<i>Inga vera</i> Willd	Le Sucrin ou pois doux
	<i>Leuceana leucophala</i> (Lam)	Le Leuceana
	<i>Leuceana glauca</i> (L.) Benth.	La graine de lin
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	La Bayahonde
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Le Bois d'orme
	<i>Thespesia populnea</i> L.	Le Gros mahaut
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Le neem
	<i>Cedrela oradata</i> L.	Le Cèdre
	<i>Swietenia mahogani</i> Jacq.	L'Acajou
	<i>Trichilia hirta</i> L.	Le Mombin bâtard
Moraceae	<i>Ficus trigonata</i> L.	Le Figuier
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	L'Eucalyptus
	<i>Eugenia fragrans</i> (Sw.) Willd	Le Bois d'Inde
Rhamnaceae	<i>Colubrina reclinata</i> (L'Hér.) Brongn.	Le Bois pelé
Salicaceae	<i>Samyda rosea</i> Sims	Le Casser sec
Sapinadaceae	<i>Cupania americana</i> L.	Le Bois de satanier
Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i> DC.	Le Frêne
Sterculiaceae	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	Le Pistache des indes
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	La Trompette

en Haití hoy en día, esto incluye la producción de carbón vegetal en parcelas forestales rurales administradas por agricultores, a partir de monte bajo, la cosecha en ciclos de rotación cortos y luego es transportado por tierra y mar para consumo en zonas urbanas (Tarter, 2022).

Las especies más frecuentes en la zona de estudio son: *Prosopis juliflora*, *Macrocatappa longissima* (Jacq.), *Cassia siamea* Lam., *Haematoxylon campechilanum* L., *Cedrela oradata* L. y *Colubrina arborescens* (L'Hér.) Brongn. Estas dominancias pueden explicarse desde un punto de vista económico, ya que cuando el árbol está maduro, es posible obtener más dinero que si se corta a una edad temprana, especialmente en el caso de la *Macrocatappa longissima*, cuya madera es muy apreciada en los muebles haitianos.

La diversidad de una comunidad se evalúa mediante índices que consideran el número total de especies en combinación con la distribución de sus abundancias (Cultid-Medina y Escobar, 2019). Esta diversidad suele evaluarse con índices basados en entropía, como el índice Shannon, índice de Margalef, entre otros; sin embargo, estos índices no ofrecen una descripción intuitiva de la diversidad de la comunidad debido a que sus unidades no pueden ser interpretadas de forma directa en términos biológicos o ecológicos (Ángeles-García *et al.*, 2021). El Cuadro 2 presenta los resultados de los índices de diversidad y equidad de Sarazin.

El índice de Shannon para el área de estudio es de 4.05, mientras que a nivel de los cuatro transectos se puede observar que este índice es débil. Cuando H' es alto ($H' > 3.5$), significa una alta diversidad de especies dentro de la vegetación leñosa. Sin embargo, H' es bajo ($H' < 2.6$ bits), entonces unas pocas especies son más abundantes en la vegetación leñosa. Cuando $2.6 < H' < 3.5$, la diversidad de especies de la vegetación leñosa es media (Cultid-Medina y Escobar, 2019).

La equidad de un ecosistema o una formación vegetal de Pielou, al ser mayor al 70%, implica que la competencia entre especies es relativamente baja. Este umbral refiere que no hay dominancia entre las especies forestales. El índice para el área de estudio es de 0.91. El transecto cuatro presenta el índice de Shannon más alto mientras que el TS2 tiene el índice de equidad de Pielou más bajo (Molles, 2016).

Cuadro 2. Índices de diversidad y equidad en Sarazin, Haití.

	Riqueza específica	Índice de Shannon-Weaver H'	Equidad de Pielou J'
Sarazin	40	4.05	0.91
TS1	19	2.4	0.71
TS2	25	2.7	0.69
TS3	20	3.0	0.79
TS4	28	3.5	0.80

El Cuadro 3 muestra los resultados del índice de similitud entre transectos es baja. Este índice reveló una disimilitud a nivel de transecto, es decir, los transectos están muy diversificados. Se encontró que el valor de similitud más alto se encuentra entre TS2 y TS4 y la similitud más baja se encuentra entre TS1 y TS2.

Cuadro 3. Índice de similitud de Sorensen en Sarazin.

	TS1	TS2	TS3	TS4
TS1				
TS2	20.4			
TS3	30.5	26.4		
TS4	24.5	30.8	22.9	

Los transectos evaluados en Sarazin, Haití oscilaban entre 20 y 95 árboles por hectárea. Se observó que el TS1 tenía una mayor D_r que los otros transectos. Por otro lado, la N_r varío entre 0.025 y 0.70, en donde el TS3 tiene una mejor densidad de regeneración Cuadro 4.

Cuadro 4. Densidad de especies forestales en cuatro transectos de Sarazin.

Variable	TS1	TS2	TS3	TS4
D_r	75 a 95	94 a 64	20 a 44	25 a 50
N_r	0.025 a 0.030	0.16 a 0.20	0.40 a 0.64	0.50 a 0.70

Donde, D_r = la densidad real; N_r = densidad de regeneración

Las especies de leguminosas en las islas del Caribe han presentado una alta germinación y por tanto alta regeneración (Mira *et al.*, 2022). La baja densidad de árboles por hectárea observada ya sea real o de regeneración, puede explicarse por factores antropogénicos como los incendios forestales, la agricultura, la ganadería, la tala, la quema de carbón vegetal y las perturbaciones naturales como la sequía.

La agricultura y la tala de árboles contribuyen de forma drástica a la reducción de la cubierta vegetal (Tarter, 2022). Las fabáceas son especies de rápido crecimiento y

tienen la particularidad de vivir en simbiosis con bacterias instaladas en los nódulos de las raíces y facilitar la asimilación del nitrógeno atmosférico, debido a esta propiedad, las fabáceas pueden sobrevivir y competir eficazmente en suelos pobres en nitrógeno (Berrabah y Chemissa, 2017). Las características estructurales y de composición de un bosque natural son las principales variables que se deben tomar en cuenta en el manejo de los recursos forestales, con el fin de realizar un aprovechamiento sustentable del recurso (López Hernández *et al.*, 2017).

La estructura horizontal en el TS1 mostró que los árboles con diámetros superiores a 95 cm están presentes en más del 50%, seguidos por los árboles con diámetros de la clase 5-15 cm, y que los árboles de las clases 65-75, 75-85 y 85-95 cm están poco representados (Figura 2). La representación de las especies forestales en el TS2 muestra que los árboles con diámetros entre 15-25 cm están mejor representados con más del 25% de los árboles registrados, seguidos por aquellos con diámetros en el rango de 35-45 cm.

Las clases 75-85 y ≥ 95 cm son inferiores al 4%. En el TS3 los árboles con diámetros de 25-35 y 45-55 están mejor representados y la última clase de diámetro se representó con menos del 2%. El TS4 presentó un 24% de individuos con un diámetro de 25-35 cm, y los que tienen un diámetro de 45-55 representan más del 18%, y no se encontraron individuos mayores a 95 cm de diámetro.

Se encontró que la variable DN mostró diferencias significativas entre los cuatro transectos ($F = 5.26$; $g.l. = 203$; $p < 0.0001$). Estos resultados, pueden explicarse a la elevada presión de tala de árboles, las sequías acumuladas y las perturbaciones que provocan cambios en las características estructurales de las masas forestales. Es probable que los regímenes de perturbaciones, incluidos sequías y huracanes, influyan en los bosques tropicales, pero la comprensión de los efectos combinados con actividades antrópicas es extremadamente limitada (Smith-Martin *et al.*, 2022).

Las especies que presentaron diámetros pequeños fueron *Macropcatalpa longissima*, *Swietenia mahagoni*, *Albizia lebbek*, *Colubrina arborescens*, *Bursera simarouba*, *Leuceana glauca*, *leuceana leucopha*, *Heamtoxyton campechianum*, que tienen cierto valor económico. Los árboles de gran diámetro

ubicados en el TS1 no tienen un alto valor económico en la sección como *Clusia rosea*, *Sterculia apetala*, *Delonix regia*.

La Figura 3 describe que en el TS1 las clases de altura con mayor porcentaje son 10-15 y 35-40 m (18%). En el TS2 la clase de altura entre 15-20 m está mejor representada con más del 30% de los árboles registrados, sin embargo, no se encontraron árboles de más de 40 m de altura. El TS3 presentó el mayor porcentaje de individuos en la clase de 15-20 m (28%) y tampoco se encontraron árboles de más de 40 m. El TS4 mostró que los árboles de la clase 30-35 m están representados con 23% y la clase 10-15 m con un 20%, en este transecto si se ubicaron árboles de más de 50 m de altura (3%).

Se observa que los árboles están poco representados por encima de los 40 m. La escasa presencia de árboles altos podría deberse a las perturbaciones antropogénicas y al empobrecimiento de los agricultores de la sección. Se encontró que la HT de los árboles presentes en Sarazin difirió significativamente entre transectos ($F = 5.77$; $g.l. = 203$; $p < 0.0001$).

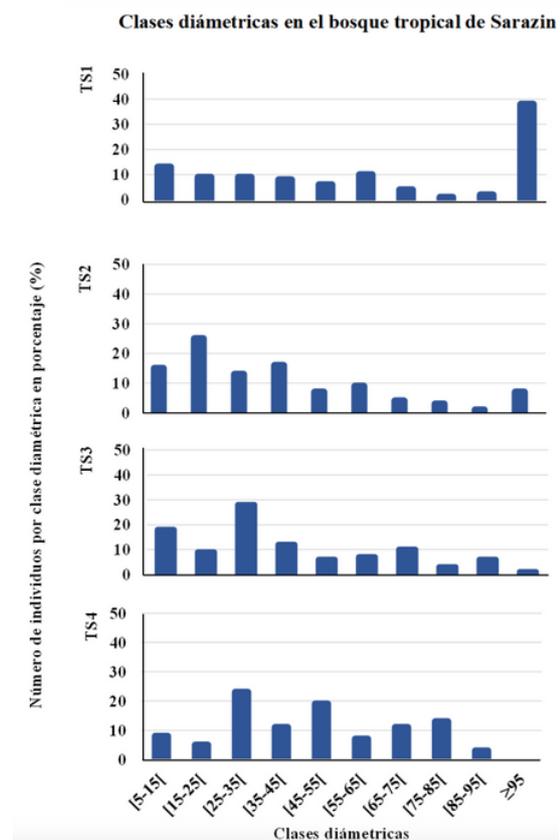


Figura 2. Estructura horizontal de cuatro transectos del bosque tropical de Sarazin

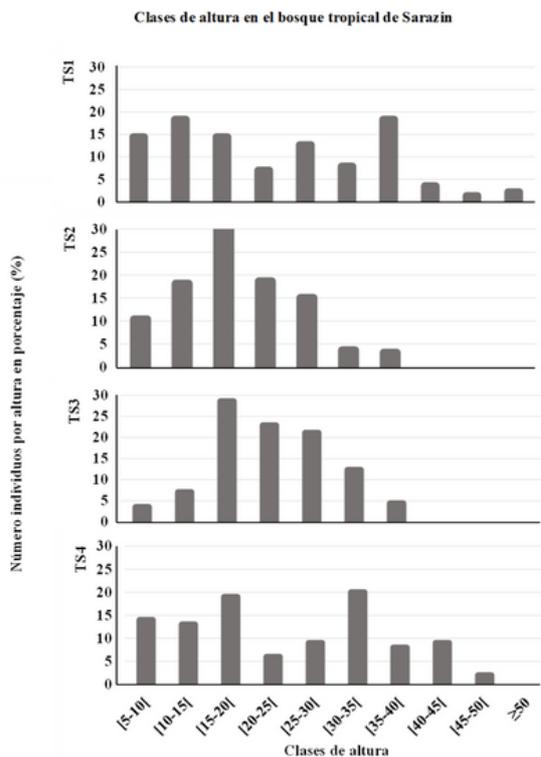


Figura 3. Estructura vertical de cuatro transectos del bosque tropical de Sarazin

Los índices de estructura y diversidad contribuyen en la toma de decisiones respecto al manejo de los bosques, además permiten detectar procesos de sucesión natural y efectos antropogénicos (López Hernández *et al.*, 2017). Bellande (2015) refiere que, en Haití, los árboles son un ahorro permanente al desempeñar un papel similar al del ganado al proporcionar ingresos ocasionales para gastos importantes, así como combustible para el consumo familiar o para la venta.

Se recomienda desarrollar estudios complementarios al presente, como los efectos de la deforestación, los turnos de crecimiento y potencial de almacenamiento de carbono (Koch y Kaplan, 2022), para proponer proyectos de reforestación con especies de rápido crecimiento y persistentes a suelos pobres en nutrientes como los observados en Haití, resultado de los eventos climáticos extremos (Sjaavik, 2017).

Conclusiones

Los resultados obtenidos del presente estudio servirán para tener una referencia de los cambios que experimenta el bosque tropical de Sarazin a través del tiempo que incluyan la relación especies-ambiente desde el punto de vista climático y edáfico, como base

para entender la dinámica de estas comunidades vegetales.

La riqueza florística de especies leñosas en la 2ª sección comunal de Mirebalais es de 40 especies divididas en 38 géneros y 23 familias. La familia Fabaceae fue la más representativa con 11 especies, y la especie más abundante *Prosopis juliflora*.

Las perturbaciones naturales y humanas influyen en la estructura diametral y vertical. El análisis estructural horizontal mostró que los individuos de diámetro pequeño son mayoritarios y la estructura vertical mostró que los árboles altos son escasos. Esto significa que, a pesar de existir un número razonable de especies, en la mayoría de los casos se trata de árboles en cantidades mínimas, de pequeñas dimensiones y distribuidos esporádicamente. La comparación de los transectos mostró que no tienen ninguna similitud y la correlación es muy baja, pero que las especies forestales presentes han desarrollado cierta capacidad de recuperación.

Es necesario desarrollar estudios complementarios como los efectos de la deforestación, los turnos de crecimiento y potencial de almacenamiento de carbono para proponer especies de rápido crecimiento y persistentes a suelos pobres en nutrientes para poder integrarlas en los proyectos de reforestación.

Literatura citada

- Acevedo-Rodríguez, P. y Strong, M. T. (2008). Floristic Richness and Affinities in the West Indies. *The Botanical Review* 74, 5-36. <https://doi.org/10.1007/s12229-008-9000-1>
- Ángeles-García, A. Y., Suárez-Torres, J. J., Carrillo-Reyes, P., Peña-Joya, K. E. y Quijas Fonseca, S. (2021). Diversidad de plantas leñosas en el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio de Sierra de Vallejo, Nayarit, México. *Botanical Sciences*, 100, 2-27. <https://doi.org/10.17129/botsci.2770>
- Bellande, A. (2015). *Haïti deforestée et paysages remodelés*. Les éditions CIDICHA. 363 p.
- Berrabah, S. y Chemissa, M. (2017). Aperçu ethnobotanique et chimique des Fabacées Université Mohamed Boudiaf de M'sila]. <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/handle/123456789/1477>
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444-1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
- Boubacar, M. M., Innoussa, M. M., Ambouta, J. K., Mahamane, A., Jorgen, A. A., Harissou, Y. y Rabiou, H. (2014). Caractérisation de la végétation ligneuse et des organisations pelliculaires de surface des agroécosystèmes à différents stades de dégradation de la Commune rurale de Simiri (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5). <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.15>
- Cultid-Medina, C. y Escobar, F. (2019). Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica. In C. E. Moreno (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex. 384 p.
- Feeley, K. J., Rehm, E. M. y Machovina, B. (2012). The responses of tropical forest species to global climate change: acclimate, adapt, migrate, or go extinct? *Frontiers of Biogeography*, 4(2), 69-84. <https://doi.org/10.21425/f5fbg12621>
- Felker, P., Russell, E. J. y Bengé, M. D. (1993). Cloning of erect, thornless, non-browsed nitrogen fixing trees of Haiti's principal fuelwood species (*Prosopis juliflora*). *Agroforestry Systems*, 21(3), 293-300. <http://www.bashanfoundation.org/contributions/Felker-P/felkerjuliflora.pdf>
- Koch, A. y Kaplan, J. O. (2022). Tropical forest restoration under future climate change. *Nature Climate Change*, 12(3), 279-283. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01289-6>
- López-Carr, D., Ryan, S. J. y Clark, M. L. (2022). Global Economic and Diet Transitions Drive Latin American and Caribbean Forest Change during the First Decade of the Century: A Multi-Scale Analysis of Socioeconomic, Demographic, and Environmental Drivers of Local Forest Cover Change. *Land*, 11(3), 1-11. <https://doi.org/10.3390/land11030326>
- López Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez Gonzalez, J. C., González-Tagle, M. A. y Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39-51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Mahamat, S. M., Diallo, A., Ousmane, N., Faye, M. N. y Guisse, A. (2014). Caractérisation des peuplements ligneux de la zone Cayor Baol (Thiès-Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5), 2117-2132. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.28>
- MARNDR. (2010). Haïti : Plan national d'investissement agricole. Ministère de L'agriculture, Des Ressources Naturelles et du Developpement Rural. Retrieved 23 de septiembre de 2022 from <http://agriculture.gouv.ht/view/01/IMG/pdf/Planinvestissementdusecteuragricolenouvelleversion1.pdf>
- Mira, E., Rousteau, A., Tournebize, R., Labbouz, L., Robert, M. y Evette, A. (2022). The Conservation and Restoration of Riparian Forests along Caribbean Riverbanks Using Legume Trees. *Sustainability*, 14(7), 3709-3724. <https://doi.org/10.3390/su14073709>

- Molles, M. C. (2016). *Ecology Concepts and Applications* (7a ed.). McGraw-Hill Education. 567 p.
- Morou, B., Ounani, H., Amadou Oumani, A., Diouf, A., Guero, C. y Mahamane, A. (2016). Caractérisation de la structure démographique des ligneux dans les parcs agroforestiers du terroir de Dan Saga (Aguié, Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(3), 1295-1311. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.31>
- Pacombe, J. (2013). *Diagnostic technico-économique de la filière mangue madame francisque (Mangifera indica, L.) dans la commune de Mirebalais Université Episcopale d'Haiti*. Haití. 62 p.
- Sjaavik, L. (2017). Servicios climáticos para reducir la vulnerabilidad en Haití. *Bulletin of the World Meteorological Organization*, 66(2). <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/climate-services-reduce-vulnerability-haiti>
- Smith-Martin, C. M., Muscarella, R., Ankori-Karlinsky, R., Delzon, S., Farrar, S. L., Salva-Sauri, M., . . . Uriarte, M. (2022). Hurricanes increase tropical forest vulnerability to drought. *New Phytol*, 235(3), 1005-1017. <https://doi.org/10.1111/nph.18175>
- Tarter, A. (2022). The evolution of *Prosopis* management in Haiti. In M. C. Puppo. y P. Felker (Eds.), *Prosopis as a Heat Tolerant Nitrogen Fixing Desert Food Legume* (pp. 83-93). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2020-0-00062-9>
- Venelli Pyles, M., Silva Magnago, L. F., Andrade Maia, V., Pinho, B. X., Pitta, G., de Gasper, A. L., . . . Lima, R. (2022). Human impacts as the main driver of tropical forest carbon. *Science Advances*, 8(24), 1-11. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abl7968>