



Acta Botanica
Mexicana

Ecología del género *Agave* (Asparagaceae) en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana

Ecology of the genus *Agave* (Asparagaceae) in the Sierra de Bahoruco National Park, Dominican Republic

Berleni Vianney Lebrón-Liriano^{1,2,5}, Edmundo García-Moya¹, Jorge Nieto-Sotelo^{1,3}
Mireya Burgos-Hernández¹, Humberto Vaquera-Huerta^{1,4}

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: El género *Agave* ha sido poco estudiado a nivel ecológico en Hispaniola y en la región del Caribe. Se han documentado aspectos de su hábitat, pero no se ha profundizado en ese tipo de investigaciones. Los objetivos de este estudio fueron describir el hábitat de *Agave* en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana, determinar las variables ambientales que influyen en su crecimiento y en su variación morfológica, y registrar la fenología de sus especies.

Métodos: Durante agosto y diciembre de 2023 se visitaron 12 localidades donde se registraron 24 variables ambientales. Se consideraron 46 variables morfológicas y se midieron 36 individuos en campo, complementando la información fenológica con especímenes de herbario. Se hicieron Análisis de Componentes Principales (ACP), Correlación de Spearman, pruebas de Kruskal-Wallis y de Dunn-Bonferroni y Coeficiente de Jaccard.

Resultados clave: Los parámetros ambientales que influyeron sobre los caracteres morfológicos fueron la temperatura del bulbo húmedo, el calcio, la temperatura máxima, el cobre, el hierro, la iluminancia, el potasio, la pendiente, la elevación, el magnesio, la precipitación, el nitrógeno, la temperatura mínima, la humedad relativa y el manganeso. Los caracteres afectados fueron, por mayor a menor número de variables ambientales: la longitud de la hoja, la forma de la hoja, el color de los dientes en el ápice, el color de la espina, la forma del fruto, la forma de los dientes, la longitud del escapo floral, la uniformidad en el tamaño de los dientes, el ancho del escapo floral, la cantidad de dientes, la altura de la planta, la inserción del filamento y el ancho del filamento. La vegetación predominante fue el bosque de *Pinus occidentalis*.

Conclusiones: Parte de la variación morfológica de los individuos de *Agave* en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco es influenciada por variables ambientales.

Palabras clave: clima, magueyes, Pedernales, suelo, variación morfológica.

Abstract:

Background and Aims: The genus *Agave* has been poorly studied at the ecological level in Hispaniola and in the Caribbean region. Aspects of its habitat have been reported, but this type of research has not been carried out in depth. The objectives of this research were to describe the habitat of *Agave* in the Sierra de Bahoruco National Park, Dominican Republic, to determine the environmental variables influencing their growth and morphological variation, and to register the phenology of its species.

Methods: During August and December 2023, 12 localities were visited and 24 environmental variables were registered. Also, 46 morphological variables were taken in account and 36 individuals were measured in the field, complementing the phenological information with herbarium specimens. Principal Components Analysis (PCA), Spearman Correlation Analysis, Kruskal-Wallis and Dunn-Bonferroni tests, and Jaccard Coefficient were performed.

Key results: The environmental parameters that affected the morphological traits were heat stress index, calcium, maximum temperature, copper, iron, light intensity, potassium, slope, elevation, magnesium, precipitation, nitrogen, minimum temperature, relative humidity and manganese. Affected morphological traits were, by highest to lowest number of environmental variables: leaf length, leaf shape, colour of teeth at the apex, colour of the spine, fruit shape, teeth shape, flower stalk length, uniformity in tooth size, flower stalk width, number of teeth, plant height, filament insertion, and filament width. The predominant vegetation type was *Pinus occidentalis* forest.

Conclusions: Part of the morphological variation of *Agave* individuals in the Sierra de Bahoruco National Park is influenced by environmental factors.

Key words: climate, magueyes, morphologic variation, Pedernales, soil.

¹Colegio de Postgraduados, Posgrado de Botánica, Montecillo, 56264 Estado de México, México.

²Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Herbario Dr. Henri Alain Liogier, Av. John F. Kennedy, 1423 Santo Domingo, República Dominicana.

³Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Ciudad Universitaria, 04510 Cd.Mx., México.

⁴Colegio de Postgraduados, Posgrado de Estadística, Montecillo, 56264 Estado de México, México.

⁵Autora para la correspondencia: blebron@unphu.edu.do

Recibido: 14 de mayo de 2025.

Revisado: 27 de julio de 2025.

Aceptado por Moisés Méndez-Toribio: 11 de noviembre de 2025.

Publicado Primero en línea: 3 de diciembre de 2025.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 132(2025).

Citar como: Lebrón-Liriano, B. V., E. García-Moya, J. Nieto-Sotelo, M. Burgos-Hernández y H. Vaquera-Huerta. 2025. Ecología del género *Agave* (Asparagaceae) en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Acta Botanica Mexicana 132: e2472. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2472>

 Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

El género *Agave* L. es endémico de América y tiene alrededor de 277 especies descritas, de las cuales 219 ocurren en México (García-Mendoza, 2018; SEMARNAT, 2019), ocho en Centroamérica (Ramírez, 1936; Winters, 1964; Gentry, 1982; Ullrich, 1992; Smith y Steyn, 2003; Holtum y Winter, 2014; Smith y Figueiredo, 2017) y siete en Suramérica (Giraldo-Cañas, 2024). El Caribe tiene 43 especies de magueyes: ocho ocurren en Cuba, cuatro en Hispaniola (República Dominicana y Haití), tres en Jamaica, dos en Puerto Rico (Álvarez de Zayas, 1995; Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012; Thiede, 2020) y el resto en las Antillas Menores. Esta cantidad de especies tanto para América como para el Caribe aún permanece en información preliminar, ya que se continúan los estudios con la finalidad de conocer la correcta circunscripción de las especies, y en el caso del Caribe, no se cuenta con un estudio taxonómico actual. Las especies de Hispaniola son *Agave antillarum* Descourt., *A. brevipetala* Trel., *A. brevispina* Trel. y *A. intermixta* Trel.

Las especies de Hispaniola se pueden diferenciar principalmente por el largo y la forma de la hoja y por el largo y la forma de los dientes. En *A. antillarum* las hojas son largamente lanceoladas y decumbentes, hasta 1.5 m de largo con dientes mayormente triangulares y hasta 6 mm de largo. En *A. brevipetala* las hojas son lanceoladas y decumbentes, hasta 1 m de largo con dientes triangulares y curvos, y hasta 9 mm de largo. *Agave brevispina* posee hojas ovolanceoladas y erectas, hasta 1 m de largo con dientes mayormente rectos y hasta 3 mm de largo. *Agave intermixta* tiene hojas aovadas erectas, 0.5 m de largo en su mayoría con dientes curvos y hasta 10.6 mm de largo (Lebrón-Liriano et al., en prep.).

El género *Agave* es importante a nivel ecológico debido a su capacidad de retención de suelo, que evita la erosión y ayuda a la captura de grandes cantidades de carbono (Nobel, 1988; Esqueda et al., 2011). Su fisiología permite que estas especies puedan sobrevivir en ambientes extremos (Nobel, 2010) y puedan establecer asociaciones con especies de animales (colibríes, murciélagos, moluscos, roedores, reptiles e insectos), brindándoles comida y hábitat (Gentry, 1982; Núñez-Novas et al., 2019). De igual

forma, sirven de nodriza a otras especies vegetales (Encarnación, 2018). El suelo también juega un papel importante en la ecología de los agaves ya que suelen absorber mayor cantidad de nutrientes en suelos con mayor porcentaje de arena que de limo y arcilla (Nobel, 1988). En cuanto al clima, los agaves son especies adaptadas a bosques xerófilos principalmente, aunque en el Caribe también pueden encontrarse en bosques de pino (Álvarez de Zayas, 1995; García-Mendoza, 2007).

A nivel económico el cultivo de agave, principalmente en México, ha estado orientado a la producción de bebidas fermentadas (pulque) y destiladas (mezcal, tequila), extracción de fibras para confección de artefactos (morrales, sombreros, hamacas) y a la extracción de agavina y azúcares para venta comercial (Rico, 2018; López y Salomé-Abarca, 2024). Sus flores sirven como ingrediente en la cocina, sus hojas son usadas para hacer barbacoa y la cutícula de las hojas, para hacer mixiote (Vázquez et al., 2016).

Más de 70 aprovechamientos han sido documentados en México (Castetter et al., 1938), entre los que también se encuentran el ornamental y el medicinal en el Caribe para el tratamiento de infecciones y enfermedades cutáneas (Quílez-Guerrero, 1998; Roig y Mesa, 2017). En Hispaniola la raíz de los agaves es usada, en conjunto con otras plantas, para preparar un licuado llamado “botella” y así tratar la gonorrea, la sífilis y la infertilidad, mientras que las hojas son usadas en la preparación de té, en el tratamiento de la gripe, las úlceras, la bronquitis y las infecciones vaginales (Vandebroek 419) NY (2025).

Muchos de los estudios en los que se han determinado los requerimientos ecológicos para el crecimiento de diversas especies de *Agave* se han hecho bajo condiciones de cultivo con la finalidad de propagar los individuos para su aprovechamiento (Cabrera-Toledo et al., 2020). Pero también se han llevado a cabo investigaciones en poblaciones silvestres con el objetivo de correlacionar variación morfológica con el ambiente (Fragoso, 2011; Ascencio, 2018). En estos estudios se concluyó que entre las principales variables ambientales que pueden afectar el crecimiento y variación morfológica del género *Agave* se encuentran la elevación (Burgees, 1985; Sánchez-González et al., 2019), la temperatura (Pimienta-Barrios et al., 2005; López-Díaz et



al., 2022), la cobertura del dosel, y los niveles de arcilla y nitrógeno en el suelo (Reyes, 2011; Cervera-Herrera et al., 2018). Asimismo, se ha registrado que las variables morfológicas que mayor respuesta tienen a condiciones ambientales son la altura de la planta, ancho y largo de la hoja, ancho y largo de la espina, y ancho y largo de los dientes (Avendaño-Arrazate et al., 2015; Ascencio, 2018; Sánchez-González et al., 2019).

Este tipo de trabajos para el Caribe y Hispaniola son escasos. Las especies del género *Agave* en las Antillas Mayores pueden encontrarse hasta 2200 m s.n.m. en sitios abiertos y en bosques de pino, espinosos, matorrales xerófilos, en zonas costeras y asociados a rocas metamórficas y calizas (Asprey y Robbins, 1953; Álvarez de Zayas, 1980; Judd, 1987; Santiago-Valentín et al., 2016). Sin embargo,

no se han llevado a cabo estudios ecológicos con enfoque en las diferencias ambientales entre los sitios donde se encuentran los agaves, o con enfoque de correlación entre variación morfológica y ambiente. Los objetivos de este estudio fueron: a) describir el hábitat de las especies de *Agave* en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana, b) determinar las variables ambientales que tienen mayor influencia en su crecimiento y en su variación morfológica, y c) registrar la fenología de las especies de *Agave*.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El Parque Nacional Sierra de Bahoruco (PNSB) se ubica en la Región Sur de la República Dominicana, entre las provincias de Pedernales, Barahona e Independencia (Fig. 1). Fue

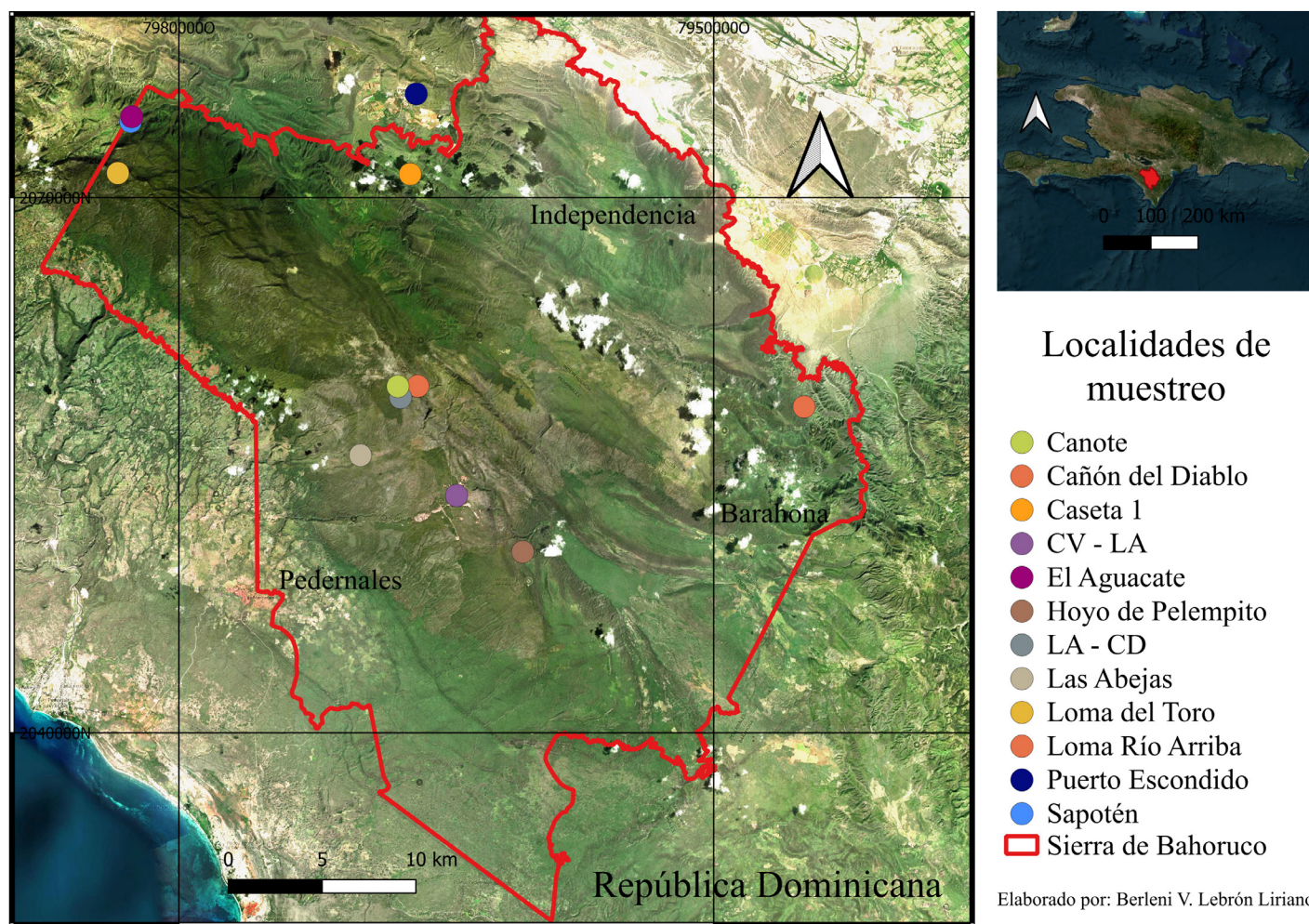


Figura 1: Ubicación del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Elaborado por Berleni V. Lebrón Liriano.

declarado área protegida en 1983, pero sus límites fueron establecidos en 2004 con una superficie aproximada de 1126 km² (CNRD, 2004). Esta sierra es uno de los sistemas montañosos más importantes del país y de la región del Caribe, ya que su flora representa 34% de nivel de endemismo de toda la isla (Cano-Ortiz et al., 2015).

La vegetación de la Sierra de Bahoruco está dominada por extensos bosques de *Pinus occidentalis* Sw. (Pinaceae) y bosques de *Magnolia hamorii* R.A. Howard (Magnoliaceae) (Hager y Zanoni, 1993), con presencia de especies endémicas como *Goodyera hispaniolae* Dod (Orchidaceae) (Dod, 1986), *Arcoa gonavensis* Urb. (Caesalpiniaceae) (Zanoni y Mejía, 1989), *Lepanthes urbaniana* Mansf. (Orchidaceae) (Hespenheide y Dod, 1990), *Phialanthus hispaniolae* Alain y R.G. García (Rubiaceae) (Lio-gier, 1994) y *Melocactus pedernalensis* M.M. Mejía y R.G. García (Cactaceae) (Mejía y García, 1997), entre otras. La pluviometría promedio anual, registrada en la estación meteorológica más cercana, varía entre 57.7 y 300.6 mm, mientras que la temperatura promedio anual, entre 20 y 23.8 °C (ONAMET, 2023).

La composición geológica del PNSB es muy variada. En la provincia Pedernales dominan varios tipos de rocas calizas (bioclásticas cremas, blancas arrecifales, amarillas y rosadas) que datan del Mioceno Inferior, del Holoceno, Plioceno Superior y Pleistoceno (SGN, 2023). En la provincia Independencia dominan las rocas calizas arrecifales del Mioceno, mientras que en la provincia Barahona, las calizas son nodulosas rojas y masivas del Mioceno y Plioceno (SGN, 2023). La sierra posee tres ríos: río Pedernales, y su afluente el Mulito, río Arriba y río Las Damas, los cuales tienen un caudal inferior a los 3 m³/s (SEMARENA, 2005).

Muestreo en campo

Los muestreos en campo se hicieron en agosto y diciembre de 2023. Los muestreos se realizaron en 12 localidades del PNSB donde con anterioridad se registraron las especies de *Agave* (Fisher-Meerow y Judd, 1989; García et al., 2001): Loma del Toro (LT), Las Abejas (LA), Canote (C), Caseta 1 (C1), Puerto Escondido (PE), Hoyo de Pelepito (HP), Cañón del Diablo (CD), El Aguacate (EA), Sapotén (S), tramo del Centro de Visitantes hacia Las Abejas (CV-

LA), tramo de Las Abejas hacia Cañón del Diablo (LA-CD) y Loma Río Arriba (LRA) (Fig. 1). En el Cuadro 1 se muestran las variables ambientales y la vegetación predominante de las cuatro especies de *Agave* del Parque Nacional Sierra de Bahoruco de acuerdo con las localidades donde fueron registradas como referencia de las características bióticas y abióticas de los sitios de muestreo. Solo se tomaron en cuenta los individuos en floración o fructificación al momento de muestreo.

Con la finalidad de registrar las variables morfológicas, un total de 36 individuos fueron muestreados en campo: nueve de *A. antillarum*, 16 de *A. brevispina* y 11 de *A. intermixta*. *Agave brevipetala* no fue encontrada con flores o frutos durante el muestreo. Los ejemplares de *Agave* recolectados fueron depositados en los herbarios CHAPA, HUNPHU, JBSD y MEXU (acrónimos de acuerdo con Thiers, 2025).

Las especies vegetales en cada localidad fueron identificadas *in situ* y por comparación de especímenes en el herbario JBSD, donde fueron depositados los ejemplares. Los nombres de los taxones fueron curados de acuerdo con las bases de datos de Taxonomic Name Resolution Service v 5.3.1 (TNRS, 2025) y Tropicos (2025). Los autores de las especies se citaron de acuerdo con la base de datos de International Plant Names Index (IPNI, 2025). Asimismo, se revisó el Catalogue of Seed Plants of the West Indies (Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012), para documentar la distribución de las especies. Con las cifras de las especies determinadas se realizaron los análisis de similitud florística entre los sitios de muestreo. Finalmente se revisaron la Lista Roja Nacional de la República Dominicana (García et al., 2016) y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2024) con el fin de registrar el estado de conservación de la flora asociada al género *Agave*.

Variables morfológicas

Un total de 46 caracteres morfológicos fueron seleccionados, considerando las propuestas de Gentry (1982), Álvarez de Zayas (1995) y Thiede (2020): 11 cualitativos y 35 cuantitativos (Apéndice 1). Para los caracteres cualitativos color de las hojas (CH), color de los dientes en la base (CDB),



Cuadro 1: Cuadro comparativo del hábitat de las cuatro especies de *Agave* L. del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Pend=Pendiente, Tprom=Temperatura promedio, Tmin=Temperatura mínima, Tmax=Temperatura máxima, HR=Humedad relativa, TBH=Temperatura del bulbo húmedo, PB=Presión barométrica, IL=Intensidad luminosa, TS=Textura del suelo, CE=Conductividad eléctrica, ICE=Intercambio catiónico efectivo, MO=Materia orgánica.

Variables	<i>Agave antillarum</i> Descourt.	<i>Agave brevipetala</i> Trel.	<i>Agave brevispina</i> Trel.	<i>Agave intermixta</i> Trel.
Pend (%)	20-68	38	29-52	20-92
Tprom (°C)	25.47-26.62	26.01	25.62-26.24	25.47-26.24
Tmin (°C)	16.4-20.3	16.4	16.4-20.4	16.4-20.4
Tmax (°C)	29.87-35.4	35.4	31.9-35.4	31.9-35.4
HR (%)	69.76-81.39	71.31	69.76-75.73	69.76-81.39
TBH (°C)	22.03-23.56	22.66	22.03-23.56	22.03-23.56
PB (inHg)	25-28	29	23-26	24-25
Elevación (m s.n.m.)	535-1570	400	1315-2345	1500-1885
Vegetación predominante	<i>Sideroxylon anomalum</i> (Urb.) T. D. Penn., <i>Coccoloba subcordata</i> (DC.) Lindau, <i>Garcia delia mejiae</i> Jestrow & Jiménez Rodr., <i>Calliandra haematomma</i> (DC.) Benth.	<i>Bursera simaruba</i> Sarg., <i>Parasenegalia skleroxyla</i> (Tussac) Seigler & Ebinger, <i>Croton discolor</i> Willd., <i>Helicteres</i> sp.	<i>Fuchsia pringsheimii</i> Urb., <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunh, <i>Pseudognaphalium domingense</i> (Lam.) Anderb., <i>Rhytidophyllum auriculatum</i> Hook.	<i>Salvia selleana</i> Urb., <i>Gesneria pulverulenta</i> Alain, <i>Stevensia minutifolia</i> Alain, <i>Miconia ferruginea</i> DC.
IL (μmol/m ² /s)	215-1340	1455	125-1715	125-1340
TS	Franco arenosa	Franco arenosa	Arenosa	Arenosa y areno franca
CE (uS/cm)	231-1404	351	398-697	79-697
ICE (mEq/100g)	16-176	120	16-123	12-133
MO (%)	2-3	3	3	3
pH	5.8-7.8	7.6	5.8-7.5	5.2-7.4

color de los dientes en el ápice (CDA), color de la espina (CEsp) y color del fruto (CFr) se utilizó una tabla de colores marca Pixel Perfect (Washington, EUA). Los demás caracteres cualitativos tomados en cuenta fueron forma de la hoja (FH), forma de los dientes (FD), forma de la espina (FEsp), uniformidad en el tamaño de los dientes (UTD), tipo de inflorescencia (TInf) y forma del fruto (FFr), de acuerdo con los estados de carácter propuestos por los autores ya mencionados.

Para los caracteres cuantitativos fueron registradas tres medidas en campo, en tres diferentes partes del mismo individuo y para cada carácter, con la finalidad de obtener la variación individual y un valor promedio. Se usó un vernier digital de la marca iMooKyo (Washington, EUA), para medir los siguientes caracteres: grosor de la hoja (GH) (mm), distancia entre dientes (DD) (mm), longitud de los dientes (LD) (mm), ancho de los dientes (AD)

(mm), longitud de la espina (LEsp) (mm), ancho de la espina (AEsp) (mm), grosor del escapo floral (GEF) (mm), longitud del pedicelo (LP) (mm), longitud del botón floral (LBF) (mm), ancho del botón floral (ABF) (mm), longitud de las flores (LF) (mm), ancho de las flores (AF) (mm), longitud de la antera (LA) (mm), ancho de la antera (AA) (mm), inserción del filamento (IFil) (mm), longitud del filamento (LFil) (mm), ancho del filamento (AFil) (mm), longitud del estilo (LEst) (mm), ancho del estilo (AEst) (mm), longitud del ovario (LO) (mm), ancho del ovario (AO) (mm), longitud del fruto (LFr) (mm), ancho del fruto (AFr) (mm), longitud de las semillas (LS) (mm) y el ancho de las semillas (AS) (mm). Los caracteres de longitud de la hoja (LH) (m), diámetro de la roseta (DR) (m), ancho de la hoja (AH) (m) y ancho del escapo floral (AEF) (cm) fueron medidos con una cinta métrica. La altura de la planta (AP) (m) y la longitud del escapo floral (LEF) (m) fueron medidos



con un relascope de Bitterlich, marca Spiegel (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana). Las cantidades de hoja por filotaxia (CHF), de dientes (CD), de flores por umbela (FU) y de semillas (CS) fueron contadas visualmente (Apéndice 1).

Variables ambientales

Se tomaron en cuenta 24 variables ambientales con base en lo propuesto por Nobel (1988): ocho climáticas, dos topográficas y catorce edáficas. Las dos variables topográficas fueron elevación (Elev) (m s.n.m.) y pendiente (Pend) (%), mientras que las ocho climáticas fueron humedad relativa promedio anual (HR) (%), temperatura de bulbo húmedo a 2 m de altura (TBH) (°C), precipitación promedio anual (Precip) (mm³), temperatura promedio anual (Tprom) (°C), temperatura máxima promedio anual (Tmax) (°C), temperatura mínima promedio anual (Tmin) (°C), iluminancia promedio (IL) (μmol/m²/s) y presión barométrica (PB) (inHg). La información de las primeras seis variables fue obtenida a partir de los datos climáticos disponibles en línea de NASA Power (2025), de los años 1981-2022. Mientras que los datos de IL fueron obtenidos de la base de datos de NASA MERRA (2025) y los datos de la PB fueron obtenidos en campo con un medidor de clima digital marca Kestrel 3500 FW Pro (Washington, EUA). En cada localidad fueron colectadas tres submuestras de suelo a una profundidad de 5 cm. Esta profundidad se consideró teniendo en cuenta que el sistema radical de varias especies de agaves se concentra en la capa superficial del suelo en donde ocurre la captación rápida y eficiente de los nutrientes (Nobel y Sander-son, 1984; Nobel, 1988). Posteriormente, fueron llevadas al Laboratorio Agroempresarial Dominicano (LAD), en Santo Domingo, República Dominicana, en donde fueron analizadas. Las variables edáficas de acuerdo con lo propuesto por Nobel (1988) fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), intercambio catiónico efectivo (ICE), materia orgánica (MO) y nutrimentos totales (N, P, Ca, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na).

Registro fenológico

La información fenológica de las especies se obtuvo en campo y se complementó con la revisión de 158 especímenes albergados en 17 herbarios: B (3), DES (1), FLAS (11), G (1),

GA (1), GH (4), HUNPHU (5), ILL (12), JBSD (42), MEXU (4), MO (12), NY (18), P (6), POM (1), S (5), US (31) y USD (1) (acrónimos de acuerdo con Thiers, 2025).

Análisis estadísticos

Se construyeron dos matrices, una con los datos ambientales y otra con los datos morfológicos. De estos datos, se obtuvo la estadística descriptiva de las variables cuantitativas. Se llevaron a cabo las pruebas Keiser-Meyer-Olkin (KMO) y de esfericidad de Bartlett, con la finalidad de conocer si los datos cumplen con los criterios para llevar a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Bartlett, 1950; Kaiser, 1974). El ACP se hizo para eliminar colinealidad, reducir la dimensionalidad de los datos y conocer las variables que más aportan a la varianza total (Lozares Colina y López Rol-dán, 1991). Este análisis fue hecho para las variables numéricas, tanto ambientales como morfológicas.

Con los resultados obtenidos del ACP, se llevó a cabo un Análisis de Correlación de Spearman (ACS) con la finalidad de conocer la respuesta de las variables morfológicas frente a las ambientales y documentar posibles asociaciones. La prueba de Kruskal-Wallis se hizo con el fin de registrar diferencias estadísticas significativas entre las variables morfológicas cualitativas respecto a las variables ambientales. Además, se llevó a cabo la prueba *post hoc* de Dunn con ajuste de Bonferroni (Dunn, 1961), para saber si hubo diferencias significativas entre las categorías de las variables nominales.

Los análisis fueron hechos en RStudio Team (2020). Finalmente, se hizo el cálculo del Coeficiente de Jaccard con el objetivo de conocer la semejanza florística entre las localidades muestreadas del PNSB. Este análisis fue hecho en PAST v. 4 (Hammer et al., 2001).

Resultados

Descripción del hábitat de *Agave* en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco

Las especies de *Agave* pueden crecer y desarrollarse en pendientes semiplanas y muy inclinadas (20-92%), sobre roca caliza o en suelo franco arenoso (82% arena, 12% limo y 6% arcilla) y con déficit o exceso de algunos nutrimentos. Los niveles de Ca (>31 mEq/100g) y Mn (>36 mg/kg)



registrados en estos suelos fueron excedentes, mientras que los niveles de K (<0.29 mEq/100g), Mg (<0.9 mEq/100g) y Zn (<3 mg/kg) fueron deficientes. Son suelos que soportan grandes cantidades de sales, variando desde 79.3 uS/cm hasta 1404 uS/cm, y tienen una alta capacidad de retención de nutrimentos (ICE de hasta 176 mEq/100g). La MO se encuentra dentro del intervalo normal (2-3%) y el pH del suelo varió de ligeramente ácido a ligeramente alcalino (5.2-7.8).

Los individuos de agaves en el PNSB pueden recibir varias intensidades de luz (IL de 128 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ hasta 1700 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). La temperatura promedio varió entre 25.4 y 26.6 °C, y los valores de las temperaturas mínima y máxima fueron 16.4-20.4 y 29.8-35.4 °C. La TBH promedio varió entre 22 y 23.6 °C. La precipitación se registró con valores 107.8-290 mm³ con una HR fluctuante entre 69.7-81.3%. La PB registrada fue de 23-28.5 inHg, lo que corresponde a elevaciones entre 400-2345 m.

Los resultados de Jaccard muestran que los agaves del PNSB crecen en tres tipos de bosques: bosque de pino (LT, HP, LA-CD, EA, LA, CV-LA, C y CD), bosque transicional (S) y bosque seco (PE, C1 y LRA) (Fig. 2). Los índices de semejanza florística entre las localidades fluctuaron entre 0 y 37% (Cuadro 2). La mayoría son bosques secundarios perturbados por incendios, por derriba de árboles para la siembra de frutales y por daños debidos al pastoreo de bovino.

La especie *A. antillarum* (Fig. 3A) fue registrada en las localidades LA, C1, HP, EA y LRA. *Agave brevipetala* (Fig. 3B) solo se encontró en la localidad PE. *Agave brevispina* (Fig. 3C) se registró en LA-CD, CV-LA, C, LA y LT, mientras que *A. intermixta* (Fig. 3D), en las localidades LT, LA, HP, CD, S, CV-LA y LA-CD.

La flora asociada al género *Agave* en el PNSB en mayor proporción es *Ageratina havanensis* (Kunth) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae), *Chamaecrista glandulosa* Greene

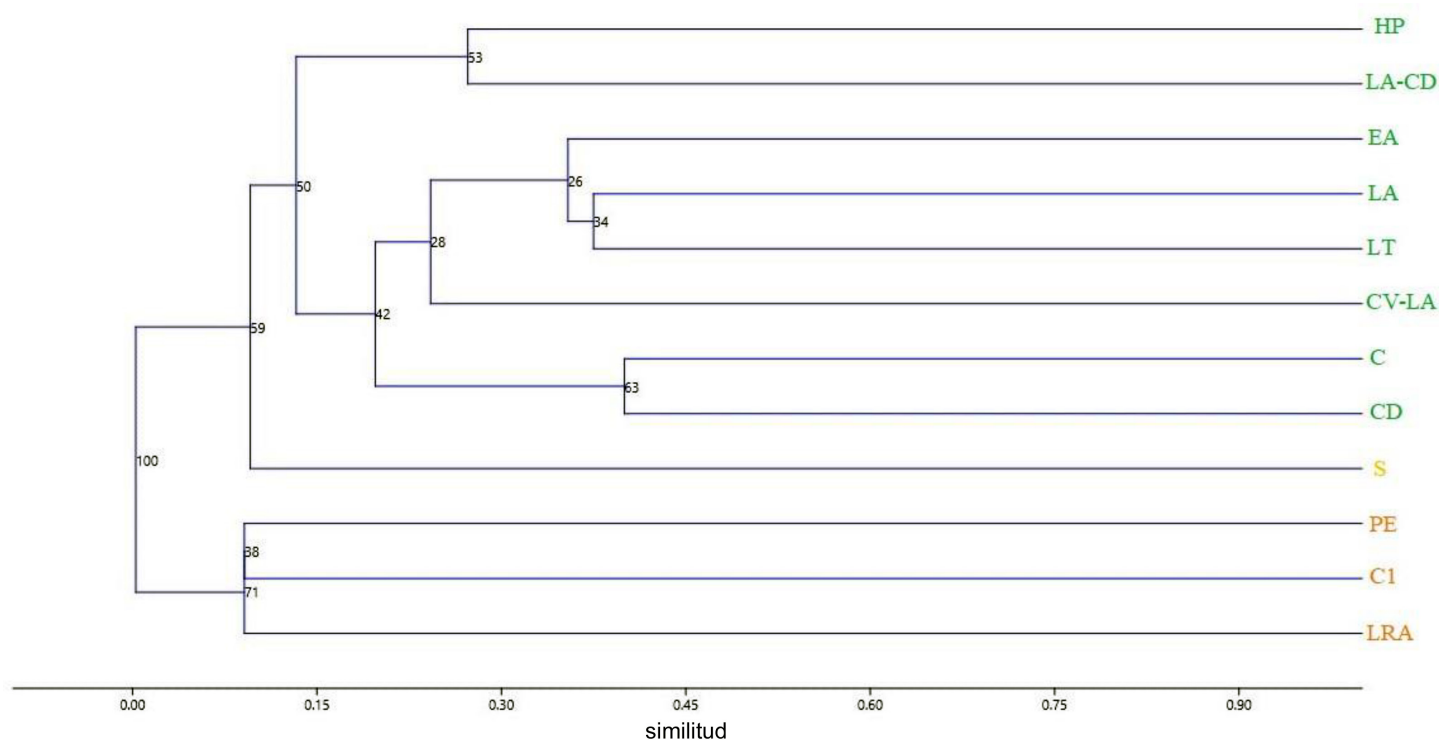


Figura 2: Dendrograma del Coeficiente de semejanza de Jaccard realizado con las especies de flora predominante en cada localidad del Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Las localidades con bosque húmedo se representan con color verde, la localidad con bosque transicional, con color amarillo y las de bosque seco con color anaranjado. Localidades: Canote=C, Cañón del Diablo=CD, Caseta 1=C1, tramo del Centro de Visitantes hacia Las Abejas=CV-LA, El Aguacate=EA, Hoyo de Pelempito=HP, tramo de Las Abejas hacia Cañón del Diablo=LA-CD, Las Abejas=LA, Loma del Toro=LT, Loma Río Arriba=LRA, Puerto Escondido=PE, Sapotén=S.



Cuadro 2: Valores del Coeficiente de Jaccard de la vegetación predominante en las localidades muestreadas en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. Localidades: Canote=C, Cañón del Diablo=CD, Caseta 1=C1, tramo del Centro de Visitantes hacia Las Abejas=CV-LA, El Aguacate=EA, Hoyo de Pelempito=HP, tramo de Las Abejas hacia Cañón del Diablo=LA-CD, Las Abejas=LA, Loma del Toro=LT, Loma Río Arriba=LRA, Puerto Escondido=PE, Sapotén=S.

	LT	LA	C	PE	C1	HP	CD	EA	S	CV - LA	LA - CD	LRA
LT	1	0.37	0.33	0	0	0.07	0.16	0.33	0.1	0.27	0.1	0
LA		1	0.22	0	0	0.16	0.18	0.37	0.11	0.18	0.25	0
C			1	0	0	0.07	0.4	0.2	0.1	0.16	0.1	0
PE				1	0.09	0	0	0	0	0	0	0.09
C1					1	0	0	0	0	0	0	0.09
HP						1	0.13	0.15	0.07	0.06	0.27	0.07
CD							1	0.16	0.08	0.14	0.18	0
EA								1	0.1	0.27	0.22	0
S									1	0.08	0.11	0
CV - LA										1	0.08	0
LA - CD											1	0
LRA												1

(Fabaceae), *Garrya fadyenii* Hook. (Garryaceae), *Pinus occidentalis* (Pinaceae) y *Sideroxylon repens* (Urb. & Ekman) T.D. Penn. (Sapotaceae). En menor proporción se encuentran *Coccoloba subcordata* (DC.) Lindau (Polygonaceae), *Croton origanifolius* Lam. (Euphorbiaceae), *Elekmania barahonensis* (Urb.) B. Nord. (Asteraceae), *Guaiaecum sanctum* L. (Zygophyllaceae), *Myrcia picardae* Krug. & Urb. (Myrtaceae), *Plumeria subsessilis* A. DC. (Apocynaceae) y *Pteridium aquilinum* (L.) Kunh (Dennstaedtiaceae). Aunque la vegetación asociada a tres de las especies estuvo dominada por *P. occidentalis*, se encontraron otras especies asociadas a los agaves del PNSB, como *Garcia delia mejiae* Jestrow & Jiménez Rodr. (Euphorbiaceae), *Fuchsia pringsheimii* Urb. (Onagraceae), *Salvia selleana* Urb. (Lamiaceae), *Bursera simaruba* Sarg. (Burseraceae) y *Gesneria pulverulenta* Alain (Gesneriaceae), entre otras (Apéndice 2).

Son especies nativas 87.5% y de estas, 43.75% son endémicas de la República Dominicana. El hábito predominante fue el arbustivo. De las 48 especies registradas como vegetación predominante, 28 se encuentran en la Lista Roja Nacional (García et al., 2016) y en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2024) (Apéndice 2).

Agave antillarum fue la especie que mostró mayor amplitud de valores en las variables de Tprom, Tmax, Elev, CE, ICE y MO. Mientras que *A. brevispina* mostró mayor amplitud en la variable de IL, y *A. intermixta* en Pend (Cuadro 1). Estos resultados posicionan a *A. antillarum* como la especie mejor adaptada a diferentes microambientes dentro del PNSB.

Influencia de las variables ambientales en el crecimiento y variación morfológica de *Agave*

La prueba KMO arrojó por resultado un valor p de 0.5, mientras que la prueba de esfericidad de Bartlett, uno de 0 en todos los casos, por lo que se procedió con el ACP. El ACP llevado a cabo con las variables ambientales donde se encontró el género *Agave* mostró que los primeros tres componentes principales (CP) explicaron 66% de la varianza total de las localidades estudiadas en el PNSB, siendo Fe (-0.33), Elev (-0.33), Precip (-0.39) y N (0.38) las variables que más aportan a los tres primeros CP, respectivamente. Sin embargo, para las localidades donde se distribuyó *A. antillarum*, dos CP explican 72% de la varianza total, y las variables que mayor carga poseen son Elev (-0.29) y Tmin (0.37). Para *A. brevispina*, dos CP explican 66%, siendo



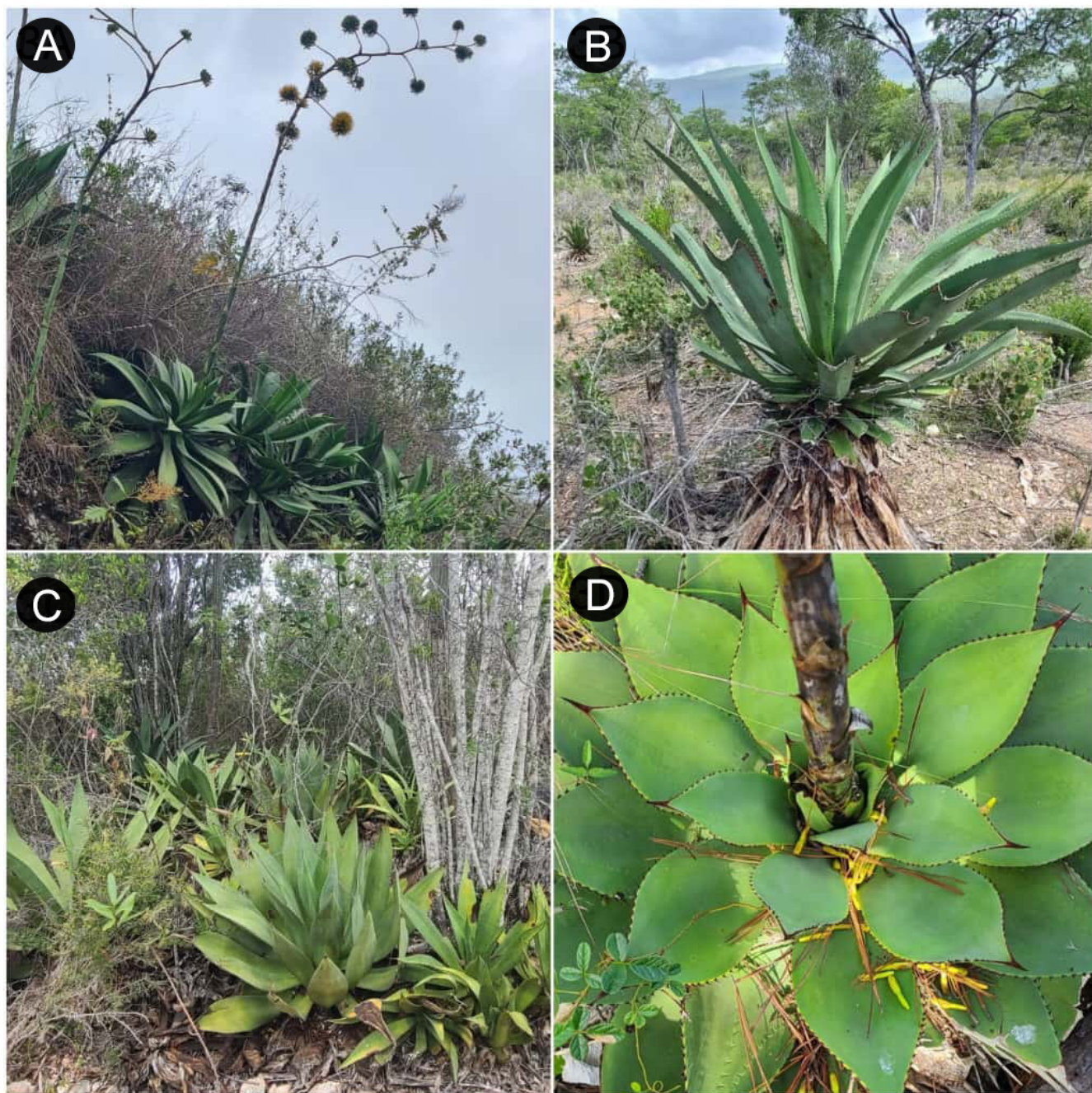


Figura 3: A. individuo de *Agave antillarum* Descourt. en la localidad El Aguacate; B. individuo de *Agave brevipetala* Trel. en la localidad Puerto Escondido; C. individuo de *Agave brevispina* Trel. en la localidad Canote; D. individuo de *Agave intermixta* Trel. en la localidad tramo del Centro de Visitantes hacia Las Abejas, Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana.

K (-0.30), Cu (0.34) y Pend (-0.34) las variables que más aportan a los CP. Para *A. intermixta*, dos CP representan 61% con Mn (0.30), Ca (0.41) y Cu (0.30) como las variables de mayor carga (**Cuadro 3**).

El ACP utilizando las variables morfológicas cuantitativas mostró que cinco componentes explicaron 64% de la

varianza total observada en las cuatro especies de *Agave* estudiadas; AP (-0.33), AFil (0.35), LEst (0.43), AD (0.48) y LBF (-0.47) son las variables con mayor carga en los primeros cinco CP, respectivamente. En *A. antillarum*, tres CP explicaron 71% de la varianza total con tres caracteres vegetativos (AP, LH y CHF) y seis reproductivos (LO, LA, AA, AFil,

Cuadro 3: Resultados del Análisis de Componentes principales de las variables bioclimáticas para el género *Agave* L. y sus especies en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. CP=Componentes principales, DE=Desviación estándar, PA=Proporción acumulada, Fe=Hierro, Elev=Elevación, Ca=Calcio, Precip=Precipitación, Tmax=Temperatura máxima promedio anual, TBH=Temperatura de Bulbo Húmedo a 2 metros de altura, N=Nitrógeno, IL=Iluminancia, Mg=Magnesio, Tmin=Temperatura mínima promedio anual, HR=Humedad Relativa promedio anual, K=Potasio, Cu=Cobre, Pend=Pendiente, Mn=Manganeso.

	CP	DE	Varianza	PA	Variables	Carga
<i>Agave</i> L.	CP1	2.60	0.28	0.28	Fe	-0.33
					Elev	-0.33
					Ca	0.32
	CP2	2.38	0.23	0.52	Precip	-0.39
					Tmax	0.36
					TBH	-0.34
	CP3	1.84	0.14	0.66	N	0.38
					IL	0.37
					Mg	0.36
<i>A. antillarum</i> Descourt.	CP1	3.28	0.44	0.44	Elev	-0.29
					Ca	0.28
					Fe	-0.28
	CP2	2.55	0.27	0.72	Tmin	0.37
					TBH	0.36
					HR	0.34
<i>A. brevispina</i> Trel.	CP1	3.02	0.39	0.40	K	-0.30
					Tmax	-0.29
					TBH	0.29
	CP2	2.45	0.26	0.66	Cu	0.34
					Pend	-0.34
					Ca	0.33
<i>A. intermixta</i> Trel.	CP1	3.05	0.38	0.38	Mn	0.30
					N	-0.29
					TBH	0.28
	CP2	2.31	0.22	0.61	Ca	0.41
					Cu	0.30
					Fe	-0.30

LFil e IFil) que aportan en mayor proporción a los primeros cinco CP. En *A. brevispina*, dos CP explicaron 61%, y tres caracteres vegetativos (LH, LD y AD) y tres reproductivos (LEF, AEF y FU) fueron los que más aportaron a los primeros dos CP. En *A. intermixta*, tres CP explicaron 62%, con cinco caracteres vegetativos (AP, GH, CD, AEsp y LEsp) y cuatro reproductivos (LEF, AEst, AO y AFil) (Cuadro 4).

Las correlaciones significativas ($p < 0.0004$) arrojadas por el ACS para el género *Agave* resultaron ser negativas: TBH vs. AP, y TBH, Elev y Fe vs. LH (Fig. 4A), lo que indica

que mientras mayores sean los niveles de la temperatura del bulbo húmedo, menor serán la altura de la planta y la longitud de la hoja. Y mientras mayores sean los niveles de elevación y de hierro en el suelo, menor será el largo de las hojas de los individuos del género *Agave*.

En *A. antillarum* el Ca, la Tmin, la TBH y la HR correlacionaron positivamente con la LH ($p < 0.04$), mientras que la correlación entre el Fe y la LH fue negativa (Fig. 4B). Esto sugiere que, en *A. antillarum*, los niveles altos de calcio, temperatura mínima, temperatura del bulbo húmedo y de



Cuadro 4: Resultados del Análisis de Componentes Principales de las variables morfológicas para el género *Agave* L. y sus especies en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, República Dominicana. CP=Componentes principales, DE=Desviación estándar, PA=Proporción acumulada.

	CP	DE	Varianza	PA	Variables	Carga
<i>Agave</i> L.	CP1	2.76	0.25	0.25	AP	-0.33
					DR	-0.33
					LH	-0.32
	CP2	1.97	0.13	0.38	AFil	0.35
					AA	0.29
					GH	0.28
	CP3	1.68	0.09	0.48	LEst	0.43
					FU	-0.35
					LA	-0.35
	CP4	1.57	0.08	0.56	AD	0.48
					AEsp	0.34
					AA	-0.32
	CP5	1.52	0.07	0.64	LBF	-0.47
					LP	-0.33
					AFil	0.28
<i>A. antillarum</i> Descourt.	CP1	3.17	0.33	0.33	LH	0.28
					AP	0.27
					LO	0.26
	CP2	2.50	0.20	0.54	LA	0.29
					AA	0.29
					LFil	0.28
	CP3	2.29	0.17	0.71	IFil	0.32
<i>A. brevispina</i> Trel.	CP1	2.65	0.41	0.41	CHF	-0.28
					LH	-0.35
					LEF	-0.35
	CP2	1.85	0.20	0.61	AEF	-0.33
					LD	-0.46
					FU	-0.41
					AD	-0.39
<i>A. intermixta</i> Trel.	CP1	3.01	0.30	0.30	AP	-0.31
					LEF	-0.31
					CD	-0.29
	CP2	2.35	0.18	0.48	AFil	0.37
					GH	0.34
					AEst	0.29
	CP3	2.03	0.13	0.62	AO	0.43
					AEsp	-0.42
					LEsp	-0.32



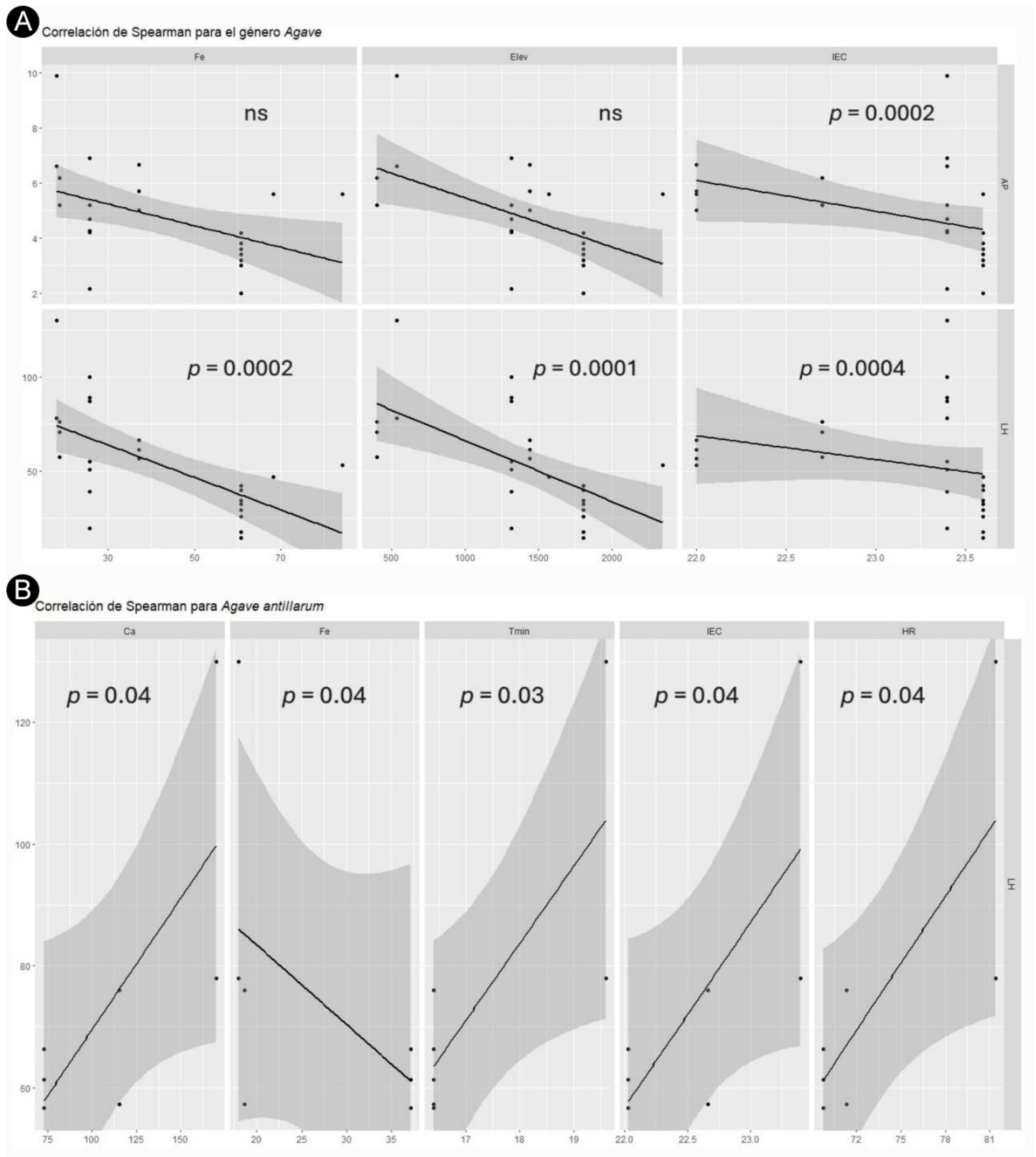


Figura 4: A. variables bioclimáticas que influyen de manera significativa en el crecimiento y en la variación morfológica del género *Agave* L.; B. variables bioclimáticas que influyen significativamente en el crecimiento y en la variación morfológica de *A. antillarum* Descourt.

humedad relativa, influyen en una mayor longitud de las hojas. Por el contrario, a mayor concentración de Fe en el suelo, menor será la longitud de sus hojas.

En *A. brevispina* el Cu y el Ca correlacionaron de manera significativa y positiva ($p=0.003$) con la LH. Asimismo, la Tmax, el K, Cu y Ca correlacionaron positivamente con la LEF ($p=0.0009$), y el Cu y Ca correlacionaron positivamente con el AEF ($p=0.001$). Esto indica que valores altos de cobre y calcio favorecen tanto la mayor longitud como del escapo floral, en tanto que los valores elevados de Tmax y K estimulan la longitud del escapo floral. En contraste, la TBH y la Pend correlacionaron negativamente con la CD ($p=0.05$) (Fig. 5A).

En *A. intermixta* los niveles de Mn correlacionaron de manera negativa con el AFil ($p=0.01$). Esto indica que, a menor concentración de manganeso en el suelo, mayor será el ancho del filamento en las flores de *A. intermixta* (Fig. 5B).

La prueba de Kruskal-Wallis para el género *Agave* arrojó diferencias significativas en FD, y varió de acuerdo con los niveles de IL, Mg, Precip y Tmax ($p<0.01$). Asimismo, FFr presentó diferencias significativas de acuerdo con los cambios de Elev, Fe, Precip, TBH y Tmax ($p<0.05$). Además, en la variable UTD también se registraron diferencias significativas de acuerdo con la Elev y el Fe ($p=0.02$), y la variable de TInf varió de acuerdo con IL ($p=0.04$) (Cuadro 5). La prueba Dunn-Bonferroni arrojó diferencias significativas ($p<0.04$) en CDA con respecto a IL y Mg, y en CEsp con respecto a Mg, IL y N (Cuadro 6). Esta prueba también arrojó como resultado diferencias significativas por especie en Fe, Ca, Elev, TBH, Precip, Tmax y N ($p<0.02$) (Cuadro 5), lo que sugiere que estas variables pueden limitar la presencia de algunas de las especies.

La prueba de Dunn-Bonferroni no arroja diferencias significativas entre *A. antillarum* y *A. intermixta* en ninguna de las variables ambientales ($p>0.05$), pero sí entre *A. brevispina* y *A. intermixta* en todas las variables ($p<0.01$) (Cuadro 5). Esto indica que *A. antillarum* y *A. intermixta* pueden crecer bajo las mismas condiciones ecológicas en el PNSB, mientras que *A. brevispina* y *A. intermixta* pueden encontrarse en ambientes algo diferentes. En *A. antillarum* no se registraron diferencias significativas entre las variables analizadas. Para *A. brevispina* la prueba *post hoc* arrojó

como resultado diferencias significativas ($p=0.01$) entre los grupos de FH, CDA y CEsp respecto a Tmax, TBH, K, Cu, Ca y Pend (Cuadro 6), lo que sugiere que la forma de la hoja, el color de los dientes en el ápice y el color de la espina responden a estas variables ambientales. Finalmente, estas pruebas no pudieron ser aplicadas en *A. intermixta* debido a que la mayoría de los individuos no contaban con información suficiente.

Fenología de *Agave*

Los agaves de Hispaniola tienen su floración y fructificación de noviembre a septiembre. Se ha registrado a *A. antillarum* con flores en noviembre-agosto y con frutos en diciembre-septiembre. *Agave brevipetala* tiene sus picos de floración y fructificación en febrero y marzo. *Agave brevispina* florece en diciembre-agosto y fructifica en enero-septiembre, mientras que *A. intermixta* florece en diciembre-febrero y fructifica en enero-marzo. El género *Agave* en Hispaniola presenta un patrón de floración y fructificación diferente a los patrones documentados para otros taxones vegetales, ya que estos agaves pueden encontrarse fértiles durante casi todo el año..

Discusión

Algunas de las especies de *Agave* del Parque Nacional Sierra de Bahoruco fueron registradas en las mismas localidades, con excepción de *A. brevipetala*. La localidad tipo de *A. brevipetala* (Morne Cabaio, La Selle, Haití) (Trelease, 1927) y la localidad tipo de *A. brevispina* (Croix-des-Bouquets, Plaine Cul de Sac, Haití) (Trelease, 1927) se encuentran a unos 29.3 km de distancia. Aunque se desconoce la localidad tipo de *A. antillarum*, se ha reportado en Pic la Selle, Haití (Judd, 1987), aproximadamente a 30.3 km de distancia de la localidad tipo de *A. brevipetala* y a unos 32.8 km de distancia de la localidad tipo de *A. brevispina*. Estos resultados podrían sugerir simpatría entre estas especies.

Los resultados del ACP de las variables ambientales y su correlación con las variables morfológicas, tanto para el género *Agave* como para cada especie estudiada en el PNSB, confirman la importancia de 10 variables ambientales previamente reportadas en otras investigaciones (Fe, N, Ca, Tmin, Cu, K, Mn, Tmax, Mg, Pend). Asimismo, los resultados aquí presentados revelan a la variable ambiental



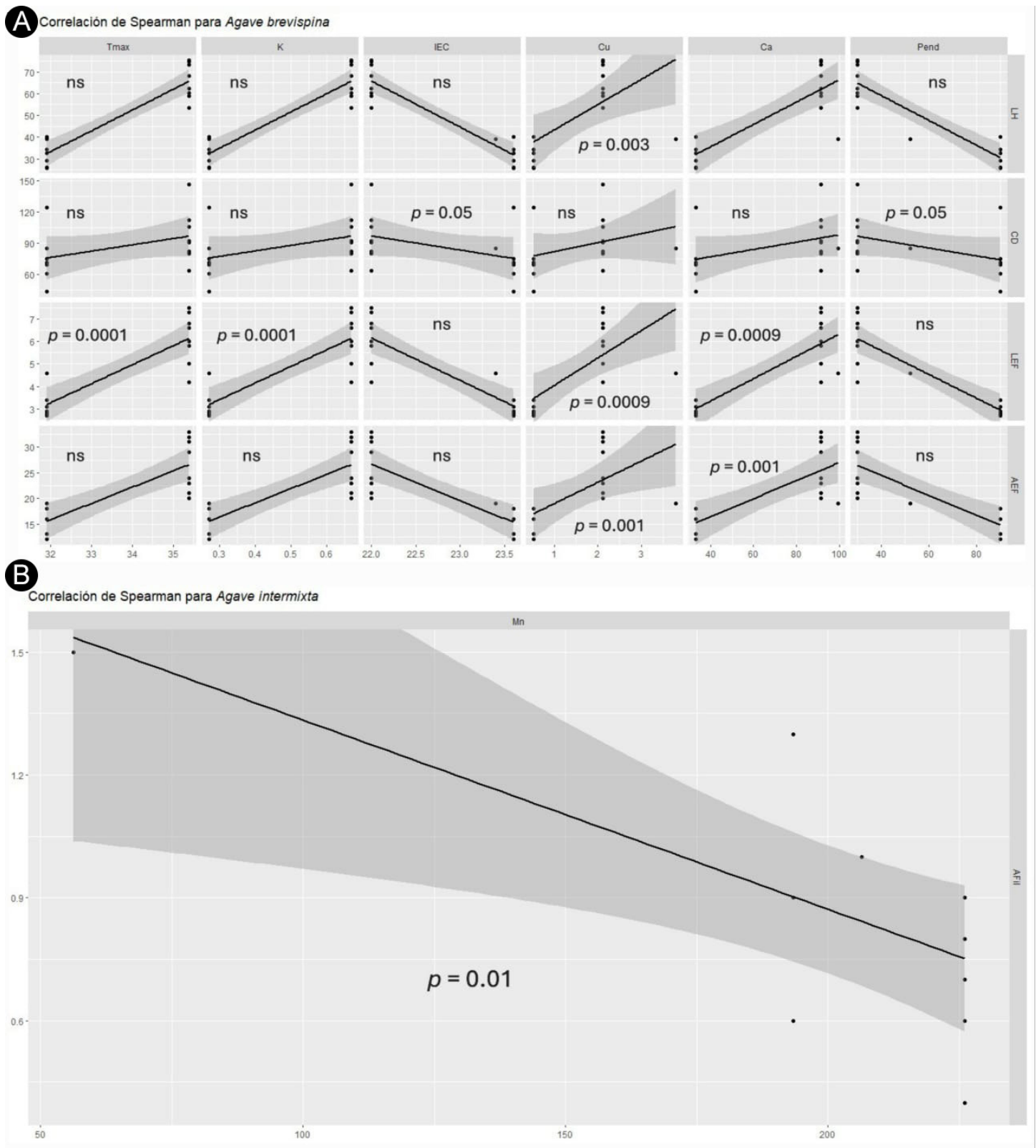


Figura 5: A. variables bioclimáticas que influyen significativamente en el crecimiento y en la variación morfológica de *A. brevispina* Trel.; B. variables bioclimáticas que influyen significativamente en el crecimiento y en la variación morfológica de *A. intermixta* Trel.

Cuadro 5: Resultados significativos de la prueba de Kruskal-Wallis entre las variables morfológicas nominales y las variables bioclimáticas. χ^2 =Chi-cuadrada, g.l.=grados de libertad. Fe=Hierro, Ca=Calcio, Elev=Elevación, TBH=Temperatura del bulbo húmedo, Precip=Precipitación, Tmax=Temperatura máxima, N=Nitrógeno, IL=Intensidad luminosa, Mg=Magnesio, K=Potasio, Cu=Cobre, FD=Forma del diente, CDA=Color del diente en el ápice, CEsp=Color de la espina, FFr=Forma del fruto, UTD=Uniformidad en el tamaño de los dientes, TInf=Tipo de inflorescencia, FH=Forma de la hoja.

Variables comparadas					Variables comparadas				
χ^2 gl valor p					χ^2 gl valor p				
Agave L.	Especie vs. Fe	15.47	2	0.0004	Agave	CEsp vs. IL	7.79	2	0.02
	Especie vs. Ca	7.22	2	0.02		CEsp vs. N	7.37	2	0.02
	Especie vs. Elev	15.47	2	0.0004		FFr vs. Elev	3.58	1	0.05
	Especie vs. TBH	8.49	2	0.01		FFr vs. Precip	5.98	1	0.01
	Especie vs. Precip	12.64	2	0.001		FFr vs. TBH	5.98	1	0.01
	Especie vs. Tmax	7.69	2	0.02		FFr vs. Tmax	4.58	1	0.03
	Especie vs. N	9.04	2	0.01		FFr vs. Fe	3.58	1	0.05
	FD vs. IL	7.88	1	0.004		UTD vs. Elev	4.80	1	0.02
	FD vs. Mg	5.95	1	0.01		UTD vs. Fe	4.80	1	0.02
	FD vs. Precip	6.99	1	0.008		TInf vs. IL	3.85	1	0.04
	FD vs. Tmax	7.53	1	0.006	A. brevispina Trel.	FH vs. Tmax, TBH, K, Cu, Ca, Pend	9	2	0.01
	CDA vs. Mg	9.11	3	0.02		CDA vs. Tmax, TBH, K, Cu, Ca, Pend	9	3	0.02
	CDA vs. IL	7.91	3	0.04		CEsp vs. Tmax, TBH, K, Cu, Ca, Pend	9	2	0.01
	CEsp vs. Mg	8.66	2	0.01		FFr vs. Tmax, TBH, K, Cu, Ca, Pend	9	1	0.02

TBH, como adicional, no considerada en otros estudios en el género *Agave* como relevantes para su crecimiento y variación morfológica.

Para el caso del Fe y N, [Fragoso \(2011\)](#) registra que son parte de los nutrimentos que más contribuyen al crecimiento de las poblaciones de *A. angustifolia* Haw. en el estado de Sonora, México. En ese mismo sentido, los niveles de nitrógeno en el suelo ayudan a una mayor producción de fibras en agaves ([Nobel, 1988](#)), pero también pueden afectar la longitud y la cantidad de raíces en especies como *A. cocui* Trel. ([Enríquez del Valle et al., 2016](#)). Los niveles altos de Fe afectan de manera negativa el desdoblamiento de las hojas ([Nobel, 1988](#)). La precipitación es una de las variables importantes en la distribución de especies como *A. gentryi* B. Ullrich y *A. lechuguilla* Torr. ([Sánchez-González et al., 2019](#)) y también puede influir en el contenido de azúcares en *A. angustifolia* ([Fragoso, 2011](#)).

Los resultados del ACP ambiental en *A. antillarum* concuerdan con lo mencionado por [Ascencio \(2018\)](#), donde también registra Tmin como una de las variables más importantes en poblaciones mexicanas de *A. maximiliana* Baker en los estados de Jalisco, Nayarit, Zacatecas, Durango y Sinaloa. A su vez, la Tmin influye en la germinación de semillas de *A. angustifolia* ([Fragoso, 2011](#)) y podría limitar la distribución de algunas especies de *Agave* ([Nobel, 1988](#)), al igual que la elevación ([Sánchez-González et al., 2019](#)).

Aunque las variables ambientales que resultaron con mayor carga en el ACP de *A. brevispina* y *A. intermixta* no han sido reportadas como limitativas para el crecimiento de otras especies de *Agave*, se ha registrado que el K puede ayudar a la producción de semillas y su diferencia provoca la enfermedad de las bandas en especies como *A. sisalana* Perrine ([Nobel, 1988](#)). Los niveles de Ca registrados en este estudio fueron excedentes, lo que concuerda



Cuadro 6: Resultados significativos de la prueba Dunn-Bonferroni entre los grupos las variables morfológicas categóricas y su relación con las variables bioclimáticas numéricas. Fe=Hierro, Elev=Elevación, Ca=Calcio, TBH=Temperatura de bulbo húmedo, Precip=Precipitación, Tmax=Temperatura máxima, N=Nitrógeno, IL=Intensidad luminosa, CDA=Color del diente en el ápice, Mg=Magnesio, CEsp=Color de la espina, FH=Forma de la hoja, Cu=Cobre, K=Potasio, Pend=Pendiente.

	Variables	Comparaciones de grupos	Estadístico Z	Valor p
Agave L.	Especie vs. Fe, Elev	<i>A. antillarum</i> Descourt. vs. <i>A. brevispina</i> Trel.	-2.93	0.005
		<i>A. brevispina</i> Trel. vs. <i>A. intermixta</i> Trel.	3.45	0.0008
	Especie vs. Ca	<i>A. brevispina</i> Trel. vs. <i>A. intermixta</i> Trel.	-2.57	0.01
	Especie vs. TBH	<i>A. brevispina</i> Trel. vs. <i>A. intermixta</i> Trel.	-2.87	0.006
	Especie vs. Precip	<i>A. brevispina</i> Trel. vs. <i>A. intermixta</i> Trel.	-3.55	0.0006
	Especie vs. Tmax	<i>A. brevispina</i> Trel. vs. <i>A. intermixta</i> Trel.	2.71	0.009
	Especie vs. N	<i>A. brevispina</i> Trel. vs. <i>A. intermixta</i> Trel.	2.56	0.01
	CDA vs. IL	Marrón oscuro vs. rojizo	2.70	0.02
	CDA vs. Mg	Gris vs. marrón oscuro	-2.51	0.03
		Marrón oscuro vs. rojizo	2.44	0.04
	CEsp vs. IL	Marrón oscuro vs. rojizo	2.71	0.009
	CEsp vs. Mg	Gris vs. marrón oscuro	-2.19	0.04
		Marrón oscuro vs. rojizo	2.37	0.02
	CEsp vs. N	Marrón oscuro vs. rojizo	2.60	0.01
A. brevispina Trel.	FH vs. Tmax, K, Cu, Ca	Aovadas vs. lanceoladas	-2.95	0.004
		Aovadas vs. ovolanceoladas	-2.58	0.01
	FH vs. TBH, Pend	Aovadas vs. lanceoladas	2.95	0.004
		Aovadas vs. ovolanceoladas	2.58	0.01
	CDA vs. Tmax, K, Cu, Ca	Gris vs. negro	-2.73	0.01
		Gris vs. rojizo	-2.88	0.01
	CDA vs. TBH, Pend	Gris vs. negro	2.73	0.01
		Gris vs. rojizo	2.88	0.01
	CEsp vs. Tmax, K, Cu, Ca	Gris vs. marrón oscuro	-2.95	0.004
		Gris vs. rojizo	-2.58	0.01
	CEsp vs. TBH, Pend	Gris vs. marrón oscuro	2.95	0.004
		Gris vs. rojizo	2.58	0.01

con los registrado por **Fragoso (2011)** en poblaciones de *A. angustifolia*, e indican la posibilidad de que ciertas especies de magueyes prefieran sitios con alto contenido de calcio en el suelo; a la vez que este elemento ayuda a la producción de fibras en la planta (**Nobel, 1988**). En el caso del Cu, en altas concentraciones puede causar estrés, mientras que su ausencia desfavorece la rapidez de desdoblamiento de las hojas y la producción de hojas cortas (**Nobel, 1988**).

La deficiencia de Mn puede conducir a una reducción del crecimiento de las raíces de los individuos de agaves, retrasa la elongación de las hojas, pueden tornarse

cloróticas y el desdoblamiento se reduce a la mitad (**Nobel, 1988**). Por otro lado, se ha observado en *A. tequilana* que el exceso de Mn en el suelo puede aumentar la acidez afectando su crecimiento y desarrollo bajo condiciones de cultivo (**Álvarez-Sánchez et al., 2010**). Aunque el Mn fue excedente en las localidades donde se registró *A. intermixta* en el PNSB, solo resultó correlacionado de manera significativa con AFil en esta especie, demostrando que no es nutrimento que afecte de manera directa el crecimiento o la variación morfológica de los agaves (**Nobel, 1988**).



Aunque para el género *Agave* no se había reportado la influencia de la TBH sobre su crecimiento o sobre su variación morfológica, se ha estudiado la influencia del estrés térmico en el tamaño y la morfología de otras especies, variable ambiental relacionada con la TBH. Se ha reportado que el estrés calórico puede influir en el tamaño de las semillas de *Gerbera jamesonii* Bolus (Wen et al., 2016); provoca cambios en la germinación de semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. y *Gliricidia sepium* Kunth (Gonzalez et al., 2009); y en general, las plantas bajo estrés calórico reducen su producción y rendimiento (Bertoux y González, 2015). Resultados similares se obtienen en este estudio donde se observó que la TBH puede reducir la AP en los individuos del género *Agave* y reduce la CD en *A. brevispina*, pero influye en el aumento de LH en *A. antillarum*. Este aumento en la longitud de la hoja de *A. antillarum* por efecto de la TBH podría ser resultado de la adaptación morfológica de esta especie para optimizar la transpiración.

La variación entre la mayoría de los parámetros ambientales que caracterizan a las localidades del PNSB fue mínima, lo cual es de esperarse debido a que se encuentran a un área de estudio relativamente pequeña. Sin embargo, fue posible identificar diferencias significativas entre todas las variables para las localidades donde se distribuyen *A. brevispina* y *A. intermixta*, indicando adaptaciones a diferentes hábitats, y no así entre las de *A. antillarum* y *A. intermixta*, lo cual indica que crecen en ambientes muy similares.

En este trabajo se encontró que 13 caracteres morfológicos (AP, LH, FD, FFr, UTD, IFil, CDA, CEsp, LEF, AEF, CD, FH y AFil) fueron afectados de manera significativa por 15 de las 24 variables ambientales consideradas.

Otros estudios mencionan dos de los caracteres morfológicos (AP y LH) que aquí se reportan como afectados por las variables ambientales, además de otros como el ancho y largo de los dientes, el número de dientes, la distancia entre dientes, el ancho y la longitud de la espina, la relación entre el ancho y el largo de la hoja, el color de la hoja y la longitud de la inflorescencia, como variables morfológicas que mejor explican la varianza en otras especies de magueyes como *A. lechuguilla*, *A. gentryi*, *A. maximiliana*, *A. cupreata* Trel. & A. Berger y *A. angustifolia*

(Rivera, 2014; Avendaño-Arrazate et al., 2015; Ascencio, 2018; Sánchez-González et al., 2019; Huerta-Zavala et al., 2025). Sin embargo, en este estudio se reporta que de las variables morfológicas cuantitativas que más aportaron a la varianza total en los primeros cinco CP para los agaves del PNSB, seis fueron vegetativas (AP, DR, LH, GH, AD, AEsp) y siete reproductivas (AFil, AA, LEsp, FU, LA, LBF, LP).

Gentry (1982) señala que es muy amplia la variación en el tamaño de varios caracteres de agaves, como son largo y ancho de la hoja, largo y ancho de las flores, largo del ovario, largo y ancho del fruto y largo y ancho de la semilla. También menciona que estos caracteres en una misma especie pueden verse afectados por diferentes factores en su hábitat, lo que podría llevar a la conclusión errónea de la presencia de dos o más especies en un mismo lugar. Álvarez de Zayas (1995) sugirió que los agaves de Hispaniola podrían conformar una sola especie debido a que las diferencias morfológicas entre ellas son muy sutiles. A pesar de que las especies de *Agave* presentes en las 12 localidades del PNSB muestran diferencias microclimáticas y morfológicas, lo cierto es que se desconoce su estado taxonómico actual.

Ascencio (2018) asegura que la longitud de la espina y la forma de la hoja de *A. maximiliana* varía de acuerdo con las coordenadas geográficas de las poblaciones estudiadas en los estados mexicanos de Jalisco, Nayarit, Zacatecas, Sinaloa y Durango. Sin embargo, no considera los factores ambientales intrínsecos a las localidades muestreadas, como humedad relativa, temperatura, precipitación y otros. En este estudio se demuestra que las variables que influyen de manera negativa en la variación morfológica de los individuos del género *Agave* son TBH, Elev y Fe, que inciden de manera importante en la altura de la planta y en la longitud de la hoja. En el caso de *A. brevispina* también se observaron influencias negativas de la TBH y de la Pend sobre la CD.

Resultados semejantes a los obtenidos en el ACS de *A. antillarum* se han observado en *A. angustifolia*, en donde la longitud de la hoja también se correlaciona con la temperatura mínima y con los niveles de calcio en el suelo (Fragoso, 2011). Estas variables ambientales también estuvieron correlacionadas con el número de dientes y la



distancia entre los dientes de *A. angustifolia* en Sonora (Fragoso, 2011). Mientras que en este estudio no resultaron estar correlacionadas para *A. antillarum*, lo que indica que cada especie responde al ambiente de manera diferente sugiriendo que existe variación en su plasticidad fenotípica. Pimienta-Barrios et al. (2005) registra que la temperatura podría ser una variable ambiental limitativa para el crecimiento de *A. tequilana* F.A.C. Weber en Jalisco, por lo que es relevante analizar si en otras especies del género la temperatura también puede ser limitativa.

Los resultados de correlación arrojados para *A. brevispina* y *A. intermixta* no han sido mencionados para otras especies de agaves. Esto se debe, en parte, a la falta de estudios de correlación que incluyan todas las variables ambientales y morfológicas consideradas para este estudio. Fragoso (2011) correlaciona la Pend con el ancho y la longitud de la espina en *A. angustifolia* en Sonora, resultados contrarios a los aquí presentados, lo que sugiere diferencias en la plasticidad fenotípica frente a un mismo parámetro ambiental. Sin embargo, es posible que, sobre la longitud de la hoja, color de los dientes y largo y ancho de la espina, podrían influir otras variables ambientales, además de la Pend, como la composición físico-química del suelo, la temperatura, etc. Esto podría explicar los efectos opuestos de la Pend en *A. brevispina* y *A. angustifolia*.

Fragoso (2011) menciona que las variables ambientales de Tmax, Ca, K y Mg están correlacionadas principalmente con el color de las hojas de *A. angustifolia* en Sonora. Sin embargo, en este estudio se reporta que estas variables ambientales presentan mayor correlación con el color de los dientes en el ápice y el color de la espina en *A. brevispina*. Se resalta que Fragoso (2011) no toma en cuenta los colores de los dientes y de la espina para sus correlaciones, por lo que habría que ampliar estos estudios para confirmar si la respuesta ante estas variables es constante dentro del género *Agave*.

Aunque en este estudio se consigna que las especies de *Agave* de Hispaniola pueden florecer y fructificar durante casi todo el año, se resalta que la madurez de los individuos de cada especie podría variar de acuerdo con variables limitativas no tomadas en cuenta en este estudio,

como la edad, la disponibilidad de agua y la presencia de polinizadores (Boeken y Gutterman, 1991; Friedel et al., 1993; García-Mendoza, 2007; Figueredo, 2010).

Conclusiones

Este trabajo representa el primer estudio del hábitat de los agaves para Hispaniola y el primero para el Caribe en explicar variación morfológica intraespecífica a través de variables ambientales. Los taxones de *Agave* del Parque Nacional Sierra de Bahoruco crecen bajo condiciones microclimáticas ligeramente diferentes, lo que se ve reflejado en la variación morfológica de algunos de sus caracteres. La temperatura del bulbo húmedo, el calcio, la temperatura máxima, el cobre, el hierro, la iluminancia, el potasio y la pendiente son las variables que influyen en la variación del mayor número de caracteres morfológicos de las especies de *Agave* del PNSB y las que condicionan su crecimiento. Con menor número de caracteres afectados se encontró que la elevación, el magnesio, la precipitación, el nitrógeno, la temperatura mínima, la humedad relativa y el magnesio son también relevantes.

Las variables morfológicas que más se ven afectadas por las diferencias ambientales son la longitud de la hoja, la forma de la hoja, el color de los dientes en el ápice, el color de la espina, la forma del fruto, la forma de los dientes y la longitud del escapo floral. Un menor número de variables ambientales afectó a la variación de la uniformidad en el tamaño de los dientes, el ancho del escapo floral, la cantidad de dientes, la altura de la planta, la inserción del filamento y el ancho del filamento. Finalmente, los diferentes taxones de agaves de Hispaniola se pueden encontrar con flores o frutos entre los meses de noviembre a septiembre.

Se recomienda documentar el hábitat del género *Agave* en toda Hispaniola con el fin de complementar la información aquí presentada y que ayude a comprender su dinámica ecológica. Además, es preciso hacer estudios de biología reproductiva con el objetivo de documentar a los polinizadores y el intervalo de tiempo real que necesitan los agaves hispaniolanos para llegar a su madurez. Asimismo, es necesario una revisión taxonómica exhaustiva para esclarecer su circunscripción, tomando en cuenta evidencias morfológicas, anatómicas, ecológicas, moleculares y evolutivas.



Contribución de autores

Administración del proyecto: BLL; Análisis formal: BLL y HVH; Conceptualización: BLL, EGM y JNS; Curación de datos: BLL, HVH, JNS y MBH; Investigación: BLL; Metodología: BLL, EGM, JNS, MBH y HVH; Obtención de financiamiento: BLL; Recursos: BLL; Redacción – borrador original: BLL; Redacción – revisión y edición: BLL, EGM, JNS, MBH y HVH; Validación: EGM, JNS, MBH y HVH; Software: BLL y HVH; Supervisión: EGM, JNS, MBH y HVH; Visualización: BLL, EGM, JNS, MBH y HVH.

Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Programa de Becas Idelisa Bonnelly de Calventi del Ministerio de la Juventud y por la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, ambos de República Dominicana.

Agradecimientos

Agradecemos al personal técnico del Jardín Botánico Nacional de República Dominicana: Yommi Piña y Pedro Toribio, y a Nicolas Mejía Toribio y Víctor Cabral Sidorov, por su apoyo en los muestreos de campo. Asimismo, agradecemos a Rumarda Urbáez del Banco de Semillas Endémicas y Nativas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y a Bernaldo Lebrón del Ministerio de Agricultura por el préstamo de materiales y equipos de campo necesarios. Finalmente, agradecemos a Santa Soranyi Feliz Pujols, Curadora del Herbario Dr. Henri Alain Liogier de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, por la revisión del manuscrito.

Declaración de disponibilidad de datos

El conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio fue sometido en Scielo Data y puede ser accedido en <https://doi.org/10.48331/SCIELODATA.OXPP71>.

Literatura citada

Acevedo-Rodríguez, P. y M. T. Strong. 2012. Catalogue of Seed Plants of the West Indies. Smithsonian Contributions to Botany 98: 1-1192. DOI: <https://doi.org/10.5479/si.0081024X.98.1>

Álvarez-Sánchez, M. E., J. Velázquez-Mendoza, R. Maldonado-Torres, G. Almaguer-Vargas y A. L. Solano-Agama. 2010.

Diagnóstico de la fertilidad y requerimiento de cal de suelos cultivados con *Agave* Azul (*Agave tequilana* Weber). Terra Latinoamericana 28(3): 287-293.

- Álvarez de Zayas, A. 1980. *Agave jarucoensis* A. Álvarez: una nueva especie de Cuba Occidental. Revista del Jardín Botánico Nacional 1(1): 5-11.
- Álvarez de Zayas, A. 1995. Los agaves de las Antillas. Botanical Sciences 57: 37-48. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1475>
- APG IV (Angiosperm Phylogeny Group), M. W. Chase, M. J. M. Christenhusz, M. F. Fay, J. W. Byng, W. S. Judd, D. E. Soltis, D. J. Mabberley, A. N. Sennikov, P. S. Soltis y P. F. Stevens. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society 181(1): 1-20. DOI: <http://doi.org/10.1111/boj.12385> DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Ascencio, S. 2018. Análisis de variación morfológica en poblaciones de *Agave maximiliana* (Asparagaceae) con diferente grado de manejo. Tesis de licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 71 pp.
- Asprey, G. F. y R. G. Robbins. 1953. The vegetation of Jamaica. Ecological Monographs 23(4): 359-412. DOI: <https://doi.org/10.2307/1948625>
- Avendaño-Arrazate, C. H., L. Iracheta-Donjuan, J. C. Gódinez-Aguilar, P. López-Gómez y A. Barrios-Ayala. 2015. Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México. Phytón 84(1): 148-162.
- Bartlett, M. S. 1950. Tests of significance in factor analysis. British Journal of Statistical Psychology 3(2): 77-85. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1950.tb00285.x>
- Bertoux, L. y D. González. 2015. Vulnerabilidad y resiliencia urbana frente al cambio climático: el caso de la zona metropolitana de Guadalajara, México. Revista Urbana (31): 24-31.
- Boeken, B. y Y. Gutterman. 1991. The effect of water on the phenology of the desert geophytes *Bellevalia desertorum* and *Bellevalia eigii*. Israel Journal of Botany 40(1): 17-31.
- Burgees, T. L. 1985. *Agave* adaptation to aridity. Desert Plant Life 7(2): 39-50.
- Cabrera-Toledo, D., O. Vargas-Ponce, S. Ascencio-Ramírez, L. M. Valadez-Sandoval, J. Pérez-Alquicira, J. Morales-Saavedra



- y O. F. Huerta-Galván. 2020. Morphological and genetic variation in monocultures, forestry systems and wild populations of *Agave maximiliana* of Western Mexico: implications for its conservation. *Frontiers in Plant Science* 11: 817. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00817>
- Cano-Ortiz, A., C. M. Musarella, J. C. Piñar Fuentes, C. J. Pinto Gomes y E. Cano. 2015. Distribution patterns of endemic flora to define hotspots on Hispaniola. *Systematics and Biodiversity* 14(3): 261-275. DOI: <https://doi.org/10.1080/14772000.2015.1135195>
- Castetter, E. F., W. H. Bell y A. R. Grove. 1938. The early utilization and the distribution of *Agave* in the American southwest. *University of New Mexico Bulletin* (335): 3-58. https://digitalrepository.unm.edu/unm_bulletin/31/ (consultado agosto de 2024).
- Cervera-Herrera, J. C., J. L. Leirana-Alcocer y J. A. Navarro Alberto. 2018. Factores ambientales relacionados con la cobertura de *Agave angustifolia* (Asparagaceae) en el matorral costero de Yucatán, México. *Acta Botanica Mexicana* 124: 75-84. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1252>
- CNRD. 2004. Ley 202-04-Ley Sectorial de Áreas Protegidas. Congreso Nacional República Dominicana (CNRD). Santo Domingo, República Dominicana. https://ri.gob.do/wpcontent/uploads/Marco_Legal/Leyes/Ley_202-04.pdf (consultado junio de 2025).
- Dod, D. D. 1986. Orquídeas (Orchidaceae) nuevas a la ciencia, endémicas de La Española. *Moscosoa* 4: 133-187.
- Dunn, O. J. 1961. Multiple Comparisons among Means. *Journal of the American Statistical Association* 56(293): 52-64. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1961.10482090>
- Encarnación, Y. 2018. Distribución y estado de conservación de *Melocactus praerupticola* Areces (Cactaceae) en el bosque xeromorfo de altura entre las provincias La Vega y Azua, Cordillera Central, República Dominicana. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Santo Domingo. Distrito Nacional, Santo Domingo, República Dominicana. 92 pp.
- Enríquez del Valle, J. R., S. E. Alcara Vázquez, G. Rodríguez Ortiz, M. E. Miguel Luna y C. M. Vázquez. 2016. Fertirriego en vivero a plantas de *Agave potatorum* Zucc micropropagadas-aclimatizadas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(5): 1167-1177.
- Esqueda, M., M. Coronado, A. Gutiérrez y T. Fragoso. 2011. *Agave angustifolia* Haw. Técnicas para el trasplante de vitroplantas a condiciones de agostadero. Gobierno Federal, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Ciudad de México, México. 20 pp.
- Figueredo, C. J. 2010. Fenología reproductiva y genética poblacional de *Agave cocui* Trelease (Agavaceae): una especie nativa con potencial económico en Venezuela. Tesis de maestría. Centro de Estudios Avanzados, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas, Venezuela. 103 pp.
- Fisher-Meerow, L. L. y W. S. Judd. 1989. A floristic study of five sites along an elevational transect in the Sierra de Bahoruco, prov. Pedernales, Dominican Republic. *Moscosoa* 5: 159-185.
- Fragoso, T. 2011. Factores bióticos y abióticos implicados en la distribución de poblaciones silvestres y contenido de azúcares de *Agave angustifolia* Haw. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD) Repositorio Institucional. 83 pp. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/229> (consultado diciembre de 2024).
- Friedel, M. H., D. J. Nelson, A. D. Sparrow, J. E. Kinloch y J. R. Maconochie. 1993. What Induces Central Australian Arid Zone Trees and Shrubs to Flower and Fruit? *Australian Journal of Botany* 41(3): 307-319. DOI: <https://doi.org/10.1071/BT9930307>
- García, R., M. Mejía, B. Peguero y F. Jiménez. 2001. Flora endémica de la Sierra de Bahoruco, República Dominicana. *Moscosoa* 12: 9-44.
- García, R., B. Peguero, R. Jiménez, A. Veloz y T. Clase. 2016. Lista Roja de la Flora Vascular de la República Dominicana. Amigo del Hogar. Santo Domingo, República Dominicana.
- García-Mendoza, A. J. 2007. Los agaves de México. *Ciencias* 87: 14-23.
- García-Mendoza, A. J. 2018. México cuenta con 159 especies de *Agave*; investigadores de la UNAM encontraron 4 nuevas. *Boletín UNAM-DGCS-045*. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_045.html (consultado junio de 2025).
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona. Tucson, EUA. 670 pp.



- Giraldo-Cañas, D. 2024. Las especies sudamericanas de *Agave* (Agavaceae, Asparagales). *Cinchonia* 19(1): 114-218.
- Gonzalez, Y., J. A. Sánchez, J. Reino y L. A. Montejó. 2009. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de las plántulas de *Albizia lebbek* y *Gliricidia sepium*. *Pastos y Forrajes* 32(3): 255-262.
- Hager, J. y T. A. Zanoni. 1993. La vegetación natural de la República Dominicana: una nueva clasificación. *Moscosoa* 7: 39-81.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis, versión 4.03. Universidad de Oslo. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/pastprog/index.html (consultado agosto de 2024).
- Hespenheide, H. A. y D. D. Dod. 1990. El género *Lepanthes* (Orchidaceae) de La Española. II. *Moscosoa* 6: 167-195.
- Holtum, J. A. M. y K. Winter. 2014. Limited photosynthetic in the leaf-succulent CAM plant *Agave angustifolia* grown at different temperatures. *Functional Plant Biology* 41(8): 843-849. DOI: <https://doi.org/10.1071/FP13284>
- Huerta-Zavala, J., A. J. García-Mendoza, E. Hernández-Castro, H. R. Segura-Pacheco, A. Damián-Nava y F. Godínez-Jaime. 2025. Caracterización morfométrica de poblaciones del complejo *Agave angustifolia* (Asparagaceae: Agavoideae) en la región norte de Guerrero, México. *Polibotánica* 59: 117-139. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.59.7>
- IPNI. 2025. International Plant Names Index. <https://www.ipni.org/> (consultado junio de 2025).
- Judd, W. S. 1987. Floristic study of Morne La Visite and Pic Macaya National Parks, Haiti. *Bulletin of the Florida State Museum. Bulletin of the Florida State Museum Biological Sciences* 32(1): 3-133. DOI: <https://doi.org/10.58782/flmnh.hwac6134>
- Kaiser, H. F. 1974. An index of factorial simplicity. *Psychometrika* 39(1): 31-36. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02291575>
- Liogier, H. A. 1994. *Novitates Antillanae*. XVII. *Moscosoa* 8: 4-17.
- López, M. G. y L. F. Salomé-Abarca. 2024. The agavins (*Agave carbohydrates*) story. *Carbohydrate Polymers* 327: 121671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121671>
- López-Díaz, J. O., J. Méndez-González, P. M. López-Serrano, F. J. Sánchez-Pérez, F. M. Méndez-Encina, R. Mendieta-Oviedo, L. Sosa-Díaz, A. Flores, E. García-Montiel, V. H. Cambrón-Sandoval, A. Zermeño-González y J. J. Corral Rivas. 2022. Dummy regression to predict dry fiber in *Agave lechuguilla* Torr. in two large-scale bioclimatic regions in Mexico. *PLoS one* 17(9): e0274641. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274641>
- Lozares Colina, C. y P. López Roldán. 1991. El análisis de componentes principales: aplicación al análisis de datos secundarios. *Papers. Revista de Sociología* 37(1): 31-63.
- Mejía, M. y R. García. 1997. Una nueva especie de *Melocactus* (Cactaceae) para la isla Española. *Moscosoa* 9: 12-17.
- NASA Power. 2025. National Aeronautics and Space Administration. Prediction Of Worldwide Energy Resources. Published on the internet <https://power.larc.nasa.gov/> (consultado enero de 2025).
- NASA MERRA. 2025. National Aeronautics and Space Administration. Modern Era-Retrospective Analysis for Research and Analysis. Published on the internet <https://www.renewables.ninja/> (consultado enero de 2025).
- Nobel, P. S. y J. Sanderson. 1984. Rectifier-like Activities of Roots of Two Desert Succulents. *Journal of Experimental Botany* 35(154): 727-737.
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University. New York, EUA. 270 pp.
- Nobel, P. S. 2010. *Desert wisdom. Agaves and Cacti. CO₂, Water, Climate Change*. iUniverse. New York, EUA. 182 pp.
- Núñez-Novas, M. S., R. Guzmán-Pérez y A. Contreras-Puigbó. 2019. Guía de identificación de los murciélagos de La Española y anotaciones sobre las familias y especies. *Novitates Caribaeae* 13: 39-69.
- NY. 2017. New York Botanic Garden Steere Herbarium. Bronx, New York, USA. <http://sweetgum.nybg.org> (consultado junio de 2025).
- ONAMET. 2023. Datos climatológicos en Excel. Oficina Nacional de Meteorología. Santo Domingo, República Dominicana.
- Pimienta-Barrios, E., J. Zañudo-Hernández, P. S. Nobel y J. García-Galindo. 2005. Respuesta fisiológica a factores ambientales del agave azul (*Agave tequilana* Weber). *Scientia-CUCBA* 7(2): 85-98.



- PPGI (Pteridophyte Phylogeny Group). 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54(6): 563-603. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12229>
- Quílez-Guerrero, A. M. 1998. Estudio fitofarmacológico de *Agave intermixta* Trel. y *Cissus sicyoides* L., especies utilizadas como antitumorales en la medicina popular de la República Dominicana. Tesis de doctorado. Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 200 pp.
- Ramírez, A. 1936. Distribución de los agaves de México. *Anales del Instituto de Biología* 7(1): 17-45.
- Reyes, J. G. 2011. Determinación de sustrato óptimo para el crecimiento de *Agave victoriae-reginae* (NOA). Tesis de ingeniería. División de Carreras Agronómicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 52 pp.
- Rico, H. 2018. Nuevos compuestos de agaves para la salud. *Cienciorama* 578: 1-6. http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/578_cienciorama.pdf (consultado agosto de 2024).
- Rivera, M. 2014. Variación morfológica y genética del complejo *Agave angustifolia* Haw., en el estado de Oaxaca. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd.Mx., México. 67 pp.
- Roig y J. T. Mesa. 2017. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Tomo II. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 563 pp.
- RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC. Boston, USA. <http://www.rstudio.com/> (consultado diciembre de 2024).
- Sánchez-González, A., P. Octavio-Aguilar, L. Barrientos-Lozano y A. W. Meerow. 2019. Effect of elevation strata on morphological variation of two *Agave* species with different niche amplitude. *International Journal of Plant Sciences* 180(8): 892-901. DOI: <https://doi.org/10.1086/703577>
- Santiago-Valentín, E., B. Jean Francois, G. Hall, L. Brouillet y J. Francisco-Ortega. 2016. Images Floristiques Portoricaïnes: El diario del viaje a Puerto Rico del Hermano Marie-Victorin, 1942. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 37: 121-143.
- SEMARENA. 2005. Plan de manejo del Parque Nacional Sierra de Bahoruco. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA). Santo Domingo, República Dominicana. 193 pp.
- SEMARNAT. 2019. Agaves, maravillosas y magnánimas plantas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/agaves-maravillosas-y-magnanimas-plantas> (consultado junio de 2025).
- SGN. 2023. Mapa geológico de República Dominicana. 1:100,000. Servicio Geológico Nacional (SGN). Santo Domingo, República Dominicana.
- Smith, G. F. y E. Figueiredo. 2017. Notes on *Agave panamana* Trel. (Asparagaceae: Agavoideae/Agavaceae) from Panama, Central America, with reference to morphological variation in *Agave angustifolia* Haw. *Bradleya* 35: 33-45. DOI: <https://doi.org/10.25223/brad.n35.2017.a4>
- Smith, G. F. y E. M. A. Steyn. 2003. The correct author citation and date of publication of the name *Agave wercklei* (Agavaceae). *Taxon* 52(3): 619-620. DOI: <https://doi.org/10.2307/3647466>
- Thiede, J. 2020. Agavaceae. In: Eggli, U., S. S. Zürich y G. S. Zürich (eds.). *Illustrated Handbook of Succulent Plants: Monocotyledons*. Springer-Verlag. Berlín, Alemania. Pp. 21-311. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-56486-8_112
- Thiers, B. 2025 (actualización continua). Index Herbariorum: A Global Directory of Public Herbaria and Associated Staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (consultado, junio de 2025).
- TNRS. 2025. Taxonomic Name Resolution Service. Published on the internet <https://tnrs.biendata.org/> (consultado, junio 2025).
- Trellease, W. 1927. *Agave novae hispaniolenses*. *Repertorium specierum Novarum regni vegetabilis* 23: 362-363.
- Tropicos. 2025. Tropicos.org. <https://tropicos.org/home> (consultado junio de 2025).
- UICN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2. <https://www.iucnredlist.org> (consultado diciembre de 2024).
- Ullrich, B. 1992. The Discovery of *Agave seemanniana* Jacobi. *British Cactus & Succulent Journal* 10(1): 24-28. (consultado agosto de 2024).
- Vázquez, A., M. Aliphath, N. Estrella, E. Ortiz, J. Ramírez y A. Ramírez. 2016. Maguey pulquero, una planta multifuncional



- y polifacética: los usos desde una visión mestiza e indígena. *Scripta Ethnologica* 38: 65-87.
- Wen, K., C. Xiaoyun, P. Weiqing, L. Zheng y L. Qixian. 2016. Morphological, Physiological and Biochemical Responses of *Gerbera* Cultivars to Heat Stress. *Horticultural Science and Technology* 34(1): 1-14. DOI: <https://doi.org/10.12972/kjhst.20160018>
- Winters, D. H. 1964. The Agricultural Economy of Nicaragua. *Journal of Inter-American Studies* 6(4): 501-519. DOI: <https://doi.org/10.2307/165000>
- Zanoni, T. A. y M. M. Mejía. 1989. Notas sobre la flora de la isla Española. III. *Moscosoa* 5: 85-115.



Apéndice 1. Listado de caracteres morfológicos medidos en campo y considerados para los Análisis de Componentes Principales, Correlación de Spearman y pruebas de Krustal-Wallis y Dunn-Bonferroni.

Carácter	Código	Estado/Descripción	Tipo
Color de las hojas	CH	0: verde claro; 1: verde oscuro	Cualitativo
Forma de las hojas	FH	0: lanceoladas; 1: aovadas; 2: ovolanceoladas	Cualitativo
Forma de los dientes	FD	0: recto; 1: curvo; 2: ganchudo	Cualitativo
Color de los dientes en la base	CDB	0: marrón claro; 1: rojizo; 2: negro; 3: gris	Cualitativo
Color de los dientes en el ápice	CDA	0: marrón oscuro; 1: rojizo; 2: negro; 3: gris	Cualitativo
Uniformidad en el tamaño de los dientes	UTD	0: homogéneo; 1: heterogéneo	Cualitativo
Forma de la espina	FEsp	0: recta; 1: curvada	Cualitativo
Color de la espina	CEsp	0: marrón oscuro; 1: rojizo; 2: negro; 3: gris	Cualitativo
Tipo de inflorescencia	TInf	0: paniculada fusiforme; 1: paniculada oblonga	Cualitativo
Color de los tépalos	CT	0: amarillo; 1: naranja	Cualitativo
Forma del fruto	FFr	0: oblongos; 1: subcilíndricos	Cualitativo
Color del fruto	CFr	0: negro; 1: marrón oscuro	Cualitativo
Altura de la planta (m)	AP	Desde la base de la roseta hasta la flor más alta	Cuantitativo
Diámetro de la roseta (m)	DR	Ancho de la roseta de un extremo a otro	Cuantitativo
Cantidad de hojas por filotaxia	CHF	Número de hojas por verticilo	Cuantitativo
Longitud de la hoja (m)	LH	Desde la base de la hoja hasta la espina	Cuantitativo
Ancho de la hoja (m)	AH	Parte más ancha de la hoja	Cuantitativo
Grosor de la hoja (mm)	GH	Grueso de la hoja en su parte media	Cuantitativo
Cantidad de dientes	CD	Número de dientes a ambos lados de la hoja	Cuantitativo
Longitud de los dientes (mm)	LD	Desde la base hasta el ápice	Cuantitativo
Ancho de los dientes (mm)	AD	Parte más ancha de los dientes: base	Cuantitativo
Distancia entre dientes (mm)	DD	Espacio entre un diente y otro	Cuantitativo
Longitud de la espina (mm)	LEsp	Desde la base de la espina hasta el ápice	Cuantitativo
Ancho de la espina (mm)	AEsp	Parte media de la espina	Cuantitativo
Longitud del escapo floral (m)	LEF	Desde la base del escapo hasta la flor más alta	Cuantitativo
Ancho del escapo floral (cm)	AEF	Parte media circular del escapo floral	Cuantitativo
Grosor del escapo floral (mm)	GEF	Parte media de un lado a otro del escapo floral	Cuantitativo
Ancho del botón floral (mm)	ABF	Parte media del botón floral	Cuantitativo
Longitud del botón floral (mm)	LBF	Desde la base hasta el ápice del botón floral	Cuantitativo
Cantidad de flores por umbela	FU	Número de flores en el racimo floral	Cuantitativo
Longitud del pedicelo (mm)	LP	Desde el final del pedúnculo en su parte apical hasta el inicio de la flor o el fruto	Cuantitativo
Longitud de las flores (mm)	LF	Desde la base del pedicelo hasta el estambre más largo	Cuantitativo
Ancho de las flores (mm)	AF	Parte media de la flor, de extremo a extremo de los tépalos	Cuantitativo
Longitud de la antera (mm)	LA	Desde el extremo inferior hasta el superior de la antera	Cuantitativo
Ancho de la antera (mm)	AA	Parte media de la antera	Cuantitativo
Inserción del filamento (mm)	IFil	Parte de la base no visible del filamento adnado al tépalo	Cuantitativo
Longitud del filamento (mm)	LFil	Desde la parte inferior visible hasta el ápice del filamento	Cuantitativo
Ancho del filamento (mm)	AFil	Parte media del filamento	Cuantitativo
Longitud del estilo (mm)	LEst	Desde la base hasta el ápice del estilo	Cuantitativo
Ancho del estilo (mm)	AEst	Parte media del estilo	Cuantitativo
Longitud del ovario (mm)	LO	Desde la parte superior del ovario hasta la inferior	Cuantitativo



Apéndice 1. Continuación.

Carácter	Código	Estado/Descripción	Tipo
Ancho del ovario (mm)	AO	Parte media del ovario	Cuantitativo
Longitud del fruto (mm)	LFr	Desde la base en el pedicelo hasta el ápice del fruto	Cuantitativo
Ancho del fruto (mm)	AFr	Parte media del fruto	Cuantitativo
Cantidad de semillas	CS	No. de semillas en una cápsula	Cuantitativo
Longitud de las semillas (mm)	LS	Desde la parte superior hasta la inferior de la semilla	Cuantitativo
Ancho de las semillas (mm)	AS	Parte media de la semilla	Cuantitativo



Apéndice 2. Listado de especies de flora asociada a *Agave* L. en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco, organizado de acuerdo con APG IV (2016) y PPG I (2016). Hábito: A= Árbol, Ar=Arbusto, H=Herbáceo. Distribución: E=Endémico, I=Introducido, N=Nativo. EC-LRN: Estado de conservación en la Lista Roja Nacional, EC-UICN: Estado de conservación en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza: LC=Preocupación menor, NT=Casi amenazada, EN=Amenazada, VU=Vulnerable, CR=Peligro crítico. NC=No colectada. Colectora: Yommi Piña.

Taxones	Localidad	Hábito	Distribución	EC-LRN	EC-UICN	No. de colecta
PTERIDOPHYTAS						
Dennstaedtiaceae						
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kunh	LT, C	H	N		LC	NC
GIMNOSPERMAS						
Pinnaceae						
<i>Pinus occidentalis</i> Sw.	LT, LA, C, HP, CD, EA, S, CV-LA, LA-CD	A	E	LC	EN	3142
ANGIOSPERMAS						
MAGNÓLIDAS						
Lauraceae						
<i>Persea americana</i> Mill.	EA	A	I		LC	NC
MONOCOTILEDÓNEAS						
Orchidaceae						
<i>Tetramicra</i> sp.	HP	H				NC
EUDICOTILEDÓNEAS						
Apocynaceae						
<i>Plumeria subsessilis</i> A. DC.	HP, LRA	Ar	E		LC	202
Aquifoliaceae						
<i>Ilex macfadyenii</i> (Walp.) Rehder	C, CD	Ar				3795
Araliaceae						
<i>Frodinia tremula</i> (Krug. & Urb.) Lowry & G.M. Plunkett	S	A	E	VU	NT	NC
<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	S	A	N		LC	NC
Asteraceae						
<i>Ageratina havanensis</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.	LT, EA, CV-LA	H	N		LC	NC
<i>Coreopsis buchii</i> (Urb.) S.F. Blake	LA-CD	H	E			NC
<i>Elekmania barahonensis</i> (Urb.) B. Nord.	C, CD	Ar	E	EN		3797
<i>Koanophyllon gibbosum</i> (Urb.) R.M. King & H. Rob.	AE	Ar	E			3798
<i>Narvalina domingensis</i> Cass.	HP	Ar	E			1929
<i>Pseudognaphalium domingense</i> (Lam.) Anderb.	CV-LA	H	N			NC
<i>Schistocarpha eupatorioides</i> (Fenzl) Kuntze	CV-LA	H	N			2348
Brunelliaceae						
<i>Brunellia comocladifolia</i> subsp. <i>domingensis</i> Cuatrec.	S	A	E	LC		NC
Burseraceae						
<i>Bursera simaruba</i> Sarg.	PE	A	N		LC	NC
Celastraceae						
<i>Maytenus buxifolia</i> Triana & Planch	LRA	A	N		LC	558
<i>Maytenus laevigata</i> (Vahl) Griseb. ex Eggers	HP	A	N		LC	NC
Euphorbiaceae						
<i>Croton discolor</i> Willd.	PE	Ar	N		LC	3937
<i>Croton origanifolius</i> Lam.	C1, PE	Ar	N			3138-B
<i>Garcadelia mejiae</i> Jestrow & Jiménez Rodr.	C1	Ar	E	CR		2013



Apéndice 2. Continuación.

Taxones	Localidad	Hábito	Distribución	EC-LRN	EC-UICN	No. de colecta
Fabaceae						
<i>Calliandra haematomma</i> (DC.) Benth.	C1	Ar	N	CR		1925
<i>Chamaecrista glandulosa</i> Greene	LA, HP, EA, LA-CD	H	N		LC	3962
<i>Parasenegalia skleroxyla</i> (Tussac) Seigler & Ebinger	PE	A	N			NC
Garryaceae						
<i>Garrya fadyenii</i> Hook.	LT, LA, C, CD, EA, CV-LA	H	N			1400
Gesneriaceae						
<i>Gesneria pulverulenta</i> Alain	CD	H	E	CR		3800
<i>Rhytidophyllum auriculatum</i> Hook.	CV-LA	H	N			3259
Lamiaceae						
<i>Leonia</i> sp.	CV-LA	A				NC
<i>Mentha</i> sp.	C	H				NC
<i>Salvia selleana</i> Urb.	CD	Ar	E			1895
Malvaceae						
<i>Helicteres</i> sp.	PE	Ar				NC
Melastomataceae						
<i>Miconia ferruginea</i> DC.	S	Ar	E		NT	3543
Myrtaceae						
<i>Eugenia foetida</i> Pers.	LRA	Ar	N		LC	3949
<i>Myrcia picardae</i> Krug. & Urb.	LT, LA	Ar	E			3192
Onagraceae						
<i>Fuchsia pringsheimii</i> Urb.	LT	Ar	E		NT	NC
Papaveraceae						
<i>Bocconia frutescens</i> L.	LA	Ar	N		LC	3398
Polygonaceae						
<i>Coccoloba incrassata</i> Urb.	LRA	Ar	E		LC	3804
<i>Coccoloba subcordata</i> (DC.) Lindau	C1, LRA	Ar	E			4235
Rubiaceae						
<i>Guettarda lamprophylla</i> Urb.	HP	Ar	E		CR	3803
<i>Stevensia minutifolia</i> Alain	CD	Ar	E	CR		3801
Sapindaceae						
<i>Dodonaea viscosa</i> subsp. <i>angustifolia</i> (L.f.) Sherff	HP	Ar	N			NC
Sapotaceae						
<i>Sideroxylon anomalum</i> (Urb.) T.D. Penn.	C1	A	E	EN	VU	2003
<i>Sideroxylon repens</i> (Urb. & Ekman) T.D. Penn.	HP, CD, LA-CD	A	E			833
<i>Sideroxylon salicifolium</i> (L.) Lam.	C1	A	N		LC	NC
Urticaceae						
<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	LA-CD	H	N			3599
Verbenaceae						
<i>Lippia domingensis</i> Moldenke	CV-LA	Ar	E	EN		3968
Zygophyllaceae						
<i>Guaiaacum sanctum</i> L.	PE, LRA	A	N	VU	NT	4067

