
**RELACIÓN PLANTA-SUELO EN COMUNIDADES
HERBÁCEAS Y ARBUSTIVAS EN DOS SABANAS EN
TEKAX, YUCATÁN**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES**

POR:

**Licenciado en Biología
José Abraham Cortés Couh**

Directores:

Dr. Juan Javier Ortiz Díaz

Dr. Héctor Estrada Medina



**POSGRADO INSTITUCIONAL
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MANEJO
DE RECURSOS NATURALES TROPICALES**

Mérida, Yucatán, julio de 2019



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN

**COORDINACIÓN GENERAL
DEL SISTEMA DE POSGRADO,
INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN**

POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**ALUMNO: LICENCIADO EN BIOLOGÍA
JOSÉ ABAHAM CORTES COUOH**

SÍNODO DEL EXAMEN DE TESIS DE GRADO

**DR. JUAN PABLO PINZÓN ESQUIVEL
CCBA-UADY**

**DR. JORGE LEIRANA ALCOCER
CCBA-UADY**

**DR. CARLOS CERVERA HERRERA
CCBA-UADY**

**DR. JUAN JIMÉNEZ OSORNIO
CCBA-UADY**

**DR. JUAN TUN GARRIDO
CCBA-UADY**

MÉRIDA, YUCATÁN, JULIO DEL 2019

DECLARATORIA

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

*“Jaya Hanumana jnana guna sagara
jaya kapisha tihu loka ujgara
mahavira vikrama baja rangi
kumati nivara suma tike sangi”*

Hanuman Chalisa

A mi familia.

A mis asesores los doctores Juan Javier Ortíz Díaz y Héctor Estrada Medina por sus asesorías, consejos y apoyo financiero para el proyecto.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por otorgarme el apoyo financiero para mis estudios académicos.

Al Dr. Hugo Delfín y Dr. Carlos Sandoval por las oportunidades brindadas, al igual que Nidia y Elsy del departamento de Posgrado por los consejos, sugerencias y ayuda.

A mis compañeros de la maestría y a quienes me apoyaron en mí salida a campo del proyecto, Giovanni y Cindy, así como a los habitantes de Becanchén que me apoyaron en las salidas.

Al comité evaluador y sínodo por todas sus sugerencias, así como las críticas constructivas que hicieron al documento.

A mi novia, la lic. biol. y E. Ed. Luisa Ríos por sus paciencia y consejos para sacar adelante las deficiencias que tenía sobre el tema.

A mi tía Luisa Couoh D.E.P.

RESUMEN

Las sabanas en el Neotrópico son ecosistemas conformados por una superficie herbácea, constituida principalmente por gramínoideas, con un componente arbóreo discontinuo y con suelos deficientes en drenaje. Aunque se conoce su presencia en Yucatán, no se tienen estudios sobre la relación que hay entre la vegetación y las propiedades del suelo. Este estudio se enfocó en analizar las relaciones existentes entre la abundancia, diversidad, equitatividad y riqueza de la vegetación y las propiedades del suelo (pH, conductividad eléctrica, potencial REDOX, K, Ca, C, Na y P) en dos sabanas. Para el registro de los datos de la vegetación se realizaron 3 transectos de 100m cada uno durante la temporada de secas y lluvias, colocando un cuadrante de 1m x 1m cada 10m por cada transecto, posteriormente se colectó una muestra de suelo en cada cuadrante a una profundidad de 0-30 cm. Se hizo análisis de correlación canónica (CORCAN) con las especies registradas en los transectos y las variables del suelo. Los resultados mostraron correlación entre especies vegetales como *Paspalum plicatulum*, y las variables del suelo, siendo las correlaciones más fuertes entre el Ca, Na, pH y la conductividad eléctrica, el Na tuvo relación con la vegetación únicamente en temporada de lluvias en ambas sabanas. El contenido de Ca fue la única propiedad del suelo que presentó correlación, tanto con las especies como con las variables de la vegetación.

Palabras claves: Sabanas, secas, lluvias, Pol Yuc, Chacho Lugo, CORCAN

SUMMARY

The Neotropical savannas are ecosystems conformed by an herbaceous surface, mainly constituted by graminoids, where a discontinuous tree component is deployed, and with drainage-deficient soils. Despite having a presence in Yucatan, there are no studies on the relationship between vegetation and soil. This study focused in to know the relations between vegetation and soil in two savannas: Chacho Lugo and Pol Yuc. For the description of the vegetation, 3 transects of 100m was made each one, during drought and rain seasons, placing quadrants of 1m x 1m to 10m to each transec; once the vegetation was described, a soil sample was collected in each quadrant at a depth of 0-30cm. For the vegetation it was calculated abundance, diversity, equity and richness, pH, electric conductivity, redox potential, K, C, Na, Ca, P. A canonical correlation analysis (CANCOR) was made with the registered species in transects and the soils variables. The results showed a correlation between some plants species as *Paspalum plicatulum* and soils variable, being the main among the soil nutrients the Ca, Na, pH and C.E., that were more present in the results, Na had a relation only in rain season in both savannahs. The Ca present in two savannahs was one of the nutrients with more correlations, as species as variables of vegetation.

Keywords: savannas, drought, rains, Pol Yuc, Chacho Lugo, CANCOR

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO 1	
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
La vegetación de la sabana.....	3
Fauna de la sabana.....	4
Parámetros de la vegetación.....	4
Los suelos en las sabanas.....	5
Características fisicoquímicas del suelo de la sabana	8
Estudios de suelo y vegetación.....	9
Análisis de Correlación Canónica (CANCOR/CORCAN).....	10
OBJETIVOS.....	11
LITERATURA CITADA.....	12

CAPÍTULO 2

Relación planta-suelo en dos sabanas en Tekax, Yucatán.....	19
RESUMEN.....	20
PALABRAS CLAVE.....	20
INTRODUCCIÓN	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Diseño de muestreo.....	23
Análisis de datos.....	23
Análisis de Correlación Canónica (ACC).....	23
RESULTADOS.....	24
DISCUSIÓN.....	23
LITERATURA CITADA.....	30

CAPÍTULO 3

CONCLUSIONES GENERALES.....	37
-----------------------------	----

INDICE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Mapa del área de estudio.....	22
Figura 2. Diagramas de CORCAN con variables del suelo y vegetación.....	24

INDICE CUADROS

CAPÍTULO 2

Cuadro 1. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de Chacho Lugo lluvias.....	21
Cuadro 2. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de Chacho Lugo secas	22
Cuadro 3. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de Pol Yuc lluvias.....	22
Cuadro 4. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de Pol Yuc secas.....	23
Cuadro 5. Tabla de correlación de variables ambientales del suelo y variables vegetales en Chacho Lugo temporada de lluvias con el análisis de correlación canónica.....	24
Cuadro 6. Tabla de correlación de variables ambientales del suelo y variables vegetales en Chacho Lugo temporada de secas con el análisis de correlación canónica	25
Cuadro 7. Tabla de correlación de variables ambientales del suelo y variables vegetales en Pol Yuc temporada de lluvias con el análisis de correlación canónica.....	25
Cuadro 8. Tabla de correlación de variables ambientales del suelo y variables vegetales en Pol Yuc temporada de secas con el análisis de correlación canónica.....	26
Anexo 4. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las especies vegetales en Pol Yuc temporada de lluvias.....	35
Anexo 5. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las especies vegetales en Pol Yuc temporada de secas.....	36

1. INTRODUCCIÓN

Las sabanas en el Neotrópico son ecosistemas conformados por una superficie herbácea, mayoritariamente constituida por gramínoideas, y un componente arbóreo discontinuo asentados en suelos deficientes en drenaje (Beard, 1944, 1953; Rippstein *et al.*, 2001). Estos ecosistemas se desarrollan en su mayoría sobre planicies, casi siempre en valles rodeados de lomeríos, con su capa impermeable en el suelo que ocasiona que, durante la temporada de lluvias, se produzcan frecuentes inundaciones prolongadas, que en época de secas desaparecen, dejando el suelo agrietado y escasa humedad para la vegetación (Rzedowski, 1978).

En México, las sabanas se distribuyen de manera diferencial entre las matrices de las selvas perennifolias y las selvas caducifolias, aunque con una superficie menor a las anteriores (Pennington *et al.*, 2006). El conocimiento que se tiene sobre la vegetación de las sabanas en México aún no es suficiente (Olmedo *et al.*, 2006), y en algunas regiones no se poseen estudios profundos sobre su composición florística. Ortiz Díaz *et al.* (2014) clasificaron las sabanas de Yucatán tomando en cuenta los aspectos ecológicos y florísticos, así como la diversidad florística que hay en estos biomas.

En el Cono Sur de Yucatán las sabanas se distribuyen a manera de enclaves (Ortiz Díaz *et al.*, 2014), y aunque no se han estudiado a profundidad se hipotetiza que una característica sobre su formación es la acumulación de suelos vertidos desde los lomeríos hasta el valle (Beard, 1953; Borhidi y Herrera, 1977). Otra hipótesis es que las sabanas fueron lagunas o pequeños lagos que con el tiempo se desecaron, volviéndose un humedal, mientras se rellenaban de sedimentos de los montículos adyacentes, dando la forma a la sabana (Miranda, 1958).

Los suelos de las sabanas neotropicales son típicamente arcillosos, con escasa presencia de arenas y limos, pH ácido, y con deficiencias en nutrientes como el Ca y P y altas concentraciones de Al (Rippstein *et al.*, 2001); durante la temporada de lluvias se anegan temporalmente, formando una colonia de microorganismos, como las cianobacterias, que se reproducen en el suelo y forman una estera que cubre gran parte de la superficie (Aguilera, 1989; Farrugia, 2004). De acuerdo con Duch Gary (1988), el suelo estas comunidades vegetales en el Cono Sur de Yucatán es de tipo hidromórfico, ocupando

una pequeña porción territorial, caracterizados por poseer suelos de tipo vertisoles, donde el drenaje es deficiente y con gran presencia de arcillas.

La relación de las plantas y el suelo en las sabanas ha sido estudiada con el propósito de conocer la presencia de diferentes asociaciones vegetales. Rippstein *et al.*, (2001), encontraron que las variaciones en la composición fisicoquímica del suelo determinan diferentes “grupos de vegetación” además del contenido de agua y el relieve en el que se encuentran, haciendo que las asociaciones vegetales que habitan en tal ecosistema no sean uniformes. No obstante, Amorim y Batalha (2007) mencionan que los suelos no determinan completamente a la vegetación, y que algunas propiedades del suelo son insuficientes para explicar el porqué del crecimiento de algunos vegetales.

Los estudios para conocer la relación planta-suelo en sabanas neotropicales muestran resultados contradictorios y no está completamente definido si los nutrientes del suelo influyen en la distribución, riqueza y abundancia de especies. Estudios realizados en el sureste de México mencionan que la presencia de las sabanas está determinada por el tipo de suelo (Miranda, 1958, Rzedowski, 2006; Pérez-García *et al.*, 2001) pero dichos estudios se enfocan en aspectos generales de su distribución actual en el conjunto de las comunidades vegetales tropicales, comparando los parámetros ecológicos de la vegetación herbácea-arbustiva y su relación con las propiedades fisicoquímicas del suelo. Las sabanas estudiadas muestran una aparente distribución diferencial de las “asociaciones” de herbáceas y el tipo de suelo, por lo que el aspecto a tratar en este trabajo es evaluar la relación que pueden tener las asociaciones vegetales de herbáceas y arbustivas con las propiedades edáficas en las estaciones de secas y lluvia en dos sabanas de Tekax, Yucatán.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La vegetación de la sabana.

Considerando a las gramíneas como de las primeras plantas en colonizar nuevos ambientes, éstas son versátiles y de rápida propagación, siendo cosmopolitas, ya que se estima que constituyen aproximadamente 20-45% de la cobertura vegetal de la Tierra (Kellogg, 2001). Muchas especies de gramíneas presentan un crecimiento estolonado, lo que les ha proporcionado mucho éxito en el poblamiento de nuevos hábitats. Son escasos los ecosistemas que carezcan de estas plantas; en cambio son varios los ambientes, como las estepas, las praderas, y singularmente las sabanas, las que están dominadas por este grupo de vegetales (Davis, 2004). No es extraño por lo tanto que enclaves como las sabanas sean dominadas por las gramíneas, desarrollándose plenamente en suelos donde otros organismos vegetativos apenas pueden subsistir, debido a las condiciones edáficas.

La sabana está considerada como el ecosistema más común en el mundo con alrededor del 20% de la superficie terrestre total (Cole, 1986), siendo la sabana neotropical uno de los ecosistemas con bastante presencia en América (Stuart *et al.*, 2006). En estos ecosistemas se despliegan una gran diversidad de especies vegetales, sobre todo los gramíneos, seguidos de algunas agrupaciones dispersas de especies de selva y/o arbustos discontinuos; formando una parte de los ecosistemas de México, así como de Yucatán (Ortiz Díaz *et al.*, 2014).

Las sabanas presentes en Yucatán presentan climas típicamente isotérmicos, donde existen dos estaciones dominantes muy marcadas: lluvias y secas; con precipitaciones pluviales de 1000 mm anuales, llegando incluso a los 2500 mm. Se han clasificado como Am y Aw₀ por García (1984).

De acuerdo con Miranda y Hernández (1963) en las sabanas de Yucatán, las gramíneas dominantes son ásperas, amacolladas, resistentes a las quemadas periódicas y se ven más representadas en especies de géneros *Andropogon*, *Paspalum*, *Trichachne* e *Imperata*. Aunque hay varios géneros que son autóctonos de la zona, existen otros que han sido introducidos por la acción del hombre para el aprovechamiento del pastoreo en la ganadería, por lo que ponen a estos ambientes en gran riesgo de desarrollo, ya que, dada su

topografía plana, son fáciles de convertir en tierras de cultivo o pastizales para ganado, haciendo que sean fáciles de colonizar y modificar (Farruggia, 2008). Trabajos como los de Bravo *et al.*, 2004 y Rippstein *et al.*, 2001 señalan que la composición edafológica de estos sitios es útil para aprovecharlos como un potencial agrario para el cultivo o el pastoreo, estando también el hecho que muchas sabanas sean de origen antrópico. Los incendios que existen en estos lugares, ya sean naturales o inducidos por el hombre, ocasionan serias modificaciones sobre las características químicas y biológicas del suelo, en función de la intensidad, tiempo de residencia y la frecuencia del fuego (González *et al.*, 2001).

Entre los especímenes que conforman el componente arbóreo discontinuo, la jícara de la especie *Crescentia cujete*, es de las más abundantes y sobresalientes, y de acuerdo con Leonard (2010), estos árboles están asociados a los suelos negros y profundos en estos hábitats. También la corteza presenta una capa gruesa y corchosa que la hace resistente a los incendios ocasionales que se dan de forma estacional en época de secas (Pennington y Sarukhán, 2005), brindándoles la oportunidad de regenerarse en época de lluvias. Otros géneros que también están presentes son *Curatella* y *Byrsonima* (Ortíz-Díaz *et al.*, 2014).

2.2. Fauna de las sabanas del Cono Sur de Yucatán.

La fauna silvestre presente en Yucatán, así como en el Cono Sur, que es la que habita estos enclaves son: el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), entre otros, se encuentran entre los mamíferos con mayor presencia (Ojasti, 1993). Así también existen pequeñas comunidades de anfibios y reptiles, y gran cantidad de invertebrados; aunque la fauna se ha visto reducida en frecuencia de visita a estos enclaves debido al uso ganadero y agrícola que se les da a las sabanas (Solbring, 1991), así como a las visitas cada vez más habituales del hombre.

2.3. Parámetros de la vegetación.

En los estudios de vegetación existen algunos parámetros ecológicos utilizados para conocer la biodiversidad del sitio, los cuales son riqueza, diversidad (índice de Shannon-Weaver), abundancia y equitatividad.

La riqueza específica es el número de especies que se encuentran en un área determinada (Campo y Duval, 2014). Para su estimación se han propuesto diversos métodos, pero las más empleadas son: 1) la extrapolación de la curva de acumulación de especies como una función del esfuerzo del muestreo; donde se asume que la riqueza total es el número de especies que se encontrarían con un esfuerzo infinito; 2) la estimación del número de especies aún no observadas, después de ajustar las abundancias de las especies a modelos de distribución paramétrica; 3) el uso de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies, que se basan en el estudio de las especies raras y permiten estimar el número de nuevas especies a partir de las relaciones de abundancia o incidencia de las especies ya detectadas en el muestreo (González *et al.*, 2010)

La abundancia puede representarse como el número de individuos que presenta cada especie o grupo taxonómico dentro de una comunidad en un área determinada (Morlans, 2004). Se emplea como un índice de la biodiversidad alfa que se presenta en un sitio (Moreno, 2001).

El índice de Shannon-Weaver, aquél derivado de la teoría de información como una medida de la entropía, refleja la disparidad de una comunidad fundamentándose en dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, y es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Pla, 2006).

La equitatividad es el grado de la igualdad en el que las diferentes especies dentro de un estudio son similares en cuanto a la distribución de su abundancia (Campo y Duval, 2014).

2.4. Los suelos en las sabanas neotropicales.

El perfil del suelo en las sabanas, está determinado por los 5 factores formadores: clima, organismos, topografía y naturaleza de la roca a través del tiempo (Aguilera Herrera, 1989). En la mayoría de los casos, la profundidad del suelo indica el nivel de desarrollo de los mismos, donde se pueden hallar óxidos e hidróxidos (Ortiz, 1975). Los procesos de formación se llevan a cabo con mayor rapidez en ambientes con clima más tropical

lluvioso, debido en parte al movimiento descendente casi continuo del agua, a las cantidades casi constantes de biomasa que se le agregan al suelo y a las altas temperaturas reinantes durante casi todo el año (Flores Delgadillo *et al.*, 1999).

Las propiedades fisicoquímicas del suelo ejercen influencia en el fenotipo de las plantas, la germinación de las semillas, el desarrollo de las plántulas, su densidad y distribución, profundidad de las raíces, contenido de nutrientes, e influye en los ciclos tróficos (Aguilera Herrera, 1989).

Los suelos, geomorfológicamente estables en las sabanas más antiguas, tienden a tener muy escasos nutrientes, ya que están sujetos a periodos de sobresaturación pluvial y a fuertes secas en dos temporadas disímiles, con suelos ácidos, erosionados y ricos en hierro y aluminio, donde se desarrollan gramíneas como *Trachypogon* y *Axonopus*, leguminosas del género *Stylosantes* y árboles resistentes a las secas y al fuego como los de los géneros *Curatella* y *Byrsonima* (Montanarella y Barceló, 2014). En cambio, las sabanas más jóvenes, sujetas a varios grados de inundación y secas, pero en menor lapso de tiempo cronológico, poseen suelos menos pobres, y aquí predominan gramíneas de los géneros *Paspalum* y *Leersia*, mientras que los árboles como el género *Crescentia* crecen en las zonas mejor drenadas de estos sitios (Díz-Ordaz *et al.*, 2014).

Los suelos predominantes en las sabanas se pueden clasificar dentro los vertisoles. Algunas de las características más significativas de esta clase de suelo son: la descomposición mecánica de la roca y los óxidos que se acumulan como residuos permanentes en el mismo sustrato, presentando una escasez de humus debido a la rápida acción bacteriana (Alberto, 2009), y con tendencia a la coloración rojiza por factores ferruginosos. También hay presencia de fragmentos mezclados de caliza blanca y caliza roja que contienen pequeños gránulos de óxido de hierro (Urbina, 1909). Estos suelos son geomorfológicamente estables, han estado sujetos, por miles de años, a periodos de sobresaturación o lavado durante la época de lluvias, así como a las fuertes sequías otras partes del año. Estos suelos se caracterizan por ser ácidos y pobres en nutrientes (Gardi *et al.*, 2014). Poseen drenaje deficiente, que se vuelven cenagosos en época de lluvias; en tanto que en temporada de secas se evapora el agua que contiene el sustrato, volviéndose quebradizo y polvoso (Miranda y Hernández, 1963).

Las sabanas naturales presentan índices de pH más bajos que los pastizales que emplean en actividades antropogénicas (Gómez y Paolini, 2011). Esto mismo se puede aplicar a las sabanas en Tekax. El suelo sobre el que se asientan las sabanas de este municipio está constituido por un ambiente tecto-kárstico, los cuales son lomeríos alineados junto a una depresión que da lugar a la formación de la laguna de Chichankanab; estos lomeríos tuvieron su origen en las fallas de Ticul y Sayil, con escarpe tectónico inactivo (Bautista *et al.*, 2015). También se señala que el vertisol de las selvas subperennifolias que rodean a las sabanas son suelos arcillosos y exhiben grietas que se abren y cierran habitualmente. Son pesados en la época seca y pegajosos en la de lluvias (Bautista, 2010), siendo arrastrados hasta las sabanas por acción de agentes erosivos.

Estos ecosistemas suelen tener bajos índices de fósforo, lo que ha ocasionado que las plantas que allí crecen desarrollen otros mecanismos para contrarrestar esta deficiencia. En general, cuando un suelo tiene carencias de fósforo, las plantas despliegan una variedad de adaptaciones como las simbiosis con las micorrizas, la modificación de la rizósfera mediante la secreción de carboxilatos y fosfatasas, y la modificación de la arquitectura de las raíces para maximizar la eficiencia en la adquisición del P (Lynch y Brown, 2006).

Los suelos en estas sabanas, así como otros paisajes de Yucatán, son una fuente de materiales como la arcilla, la arena, grava y minerales, así como fosfatos; y para la formación del suelo se necesita de un proceso largo que lleva cientos a miles de años (Bautista, 2010). Los suelos arcillosos están formados por partículas minúsculas que tienen peso denso, no drenan ni se desecan con facilidad y contienen una reserva de nutrientes que, al secarse, se endurecen y forman terrones. Son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están secos. Muchos de los compuestos que se asientan en la sabana provienen de las quemaduras de las plantas en secas, así como el deslave de la selva circundante o de los promontorios más próximos. Las arcillas y limos se hallan a muchos centímetros de profundidad en el suelo, de manera que son pocas las raíces de las plantas que llegan hasta este nivel (Duch-Gary, 1988; Bautista, 2010).

Un hipotético origen que pudo tener la sabana es el de un antiguo cuerpo de agua dulce, como un lago, laguna o estanque superficial y que con el paso de los milenios se fue desecando lentamente hasta convertirse en un humedal; mientras que, a su vez, los factores

erosivos como la lluvia y el viento fueron vertiendo sedimentos al cuerpo de agua moribundo, y se fue rellenando con éstos hasta eventualmente dar paso origen a la sabana. Esto podría ser señalado tempranamente por Miranda (1958) y su elevación de terrenos pantanosos o lacustres.

La sabana Chacho Lugo se ha clasificado como una sabana híper-estacional, es decir, un sitio donde predominan especies propias de ambientes muy húmedos como las familias Cyperaceae, Eriocaulaceae y Lentibulariaceae (Ortíz Díaz *et al.*, 2014). Se tienen registros previos de inundaciones periódicas prolongadas en época lluviosa que luego, al drenarse, en varias partes del suelo, dejan una película protectora similar a un perifiton, que podrían ser la estera de cianobacterias mencionada por Farrugia (2004).

2.5. Características fisicoquímicas del suelo de la sabana neotropical.

El tamaño de las partículas de los minerales que conforman el suelo determina las propiedades físicas: textura, porosidad, estructura, capacidad de drenaje del agua, aireación. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio determinan las propiedades químicas del suelo como el pH, salinidad. La materia orgánica suele contener carbono, oxígeno e hidrógeno, así como otros elementos. Al descomponer las plantas y animales muertos, los microorganismos liberan nutrientes, permitiendo que puedan ser utilizados nuevamente en un ciclo constante (Lynch y Brown, 2006).

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. Se sabe que pueden obtenerse respuestas variables respecto al N presente en el suelo, debido a diferencias en las condiciones climáticas (temperatura, precipitación) o el suelo en sí (materia orgánica, textura) (Ciampitti *et al.*, 2010).

El potencial de Hidrógeno (pH) es una medida de la acidez (pH bajo: ácido) o alcalinidad (pH alto: básico o alcalino) del medio y que está presente en los suelos. Si el pH del sustrato se halla en el rango óptimo, los nutrientes conservan su máximo nivel de disolución. Por debajo de este rango, se pueden presentar insuficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; mientras que, por encima, puede disminuir la solubilidad del

hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre; los óxidos metálicos de hierro, manganeso, cobre y zinc se hacen más solubles al bajar el pH, menor de 5, pudiendo resultar fitotóxicos. El incremento o decremento del pH del sustrato depende de varios factores, como la alcalinidad del agua, la actividad de cal o la acidificación por las raíces de la planta (Bárbaro *et al.*, 2010).

El pH del suelo en las sabanas tiene un rango que va desde los 3 hasta 6; esto podría deberse a la acción de la materia orgánica en descomposición, en acción con agentes abióticos como el agua en época de inundaciones. Así también el carácter escleromórfico y coriáceo observado en las hojas de algunas especies dominantes arbóreas de las sabanas arboladas, está relacionado directamente con la acidez (Medina, 1984).

La acidez en los suelos afecta de forma particular a algunas de las características químicas y biológicas del suelo, ya que de forma general disminuye el crecimiento de las plantas, ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como calcio, magnesio, potasio y fósforo; beneficia la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio y el manganeso (Molina, 1998). Esto podría ser un factor importante que interfiere en el tipo de crecimiento que se da en una sabana.

La conductividad eléctrica (C.E.) depende de la concentración de sales solubles presentes en la solución de un sustrato. Es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, haciendo que el valor sea más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que, a mayor C.E., mayor es la concentración de sales (Bárbaro *et al.*, 2010).

2.6. Estudios de suelo y vegetación.

Amorim y Batalha, (2007) hacen mención que las propiedades del suelo no son suficientes para explicar el porqué de la presencia de algunas especies vegetales y que deben de existir otros factores. Sin embargo, Dantas y Batalha (2010) señalan que existe una baja relación entre el suelo y la vegetación, pero indican que esta relación es más fuerte en la explicación de la presencia de algunas especies arbóreas, mencionando que algunos eventos del pasado, como la herbivoría o el fuego, pueden tener unos patrones que afecten la distribución de las comunidades vegetales y las propiedades del suelo.

Rippstein y colaboradores (2001), hallaron que la variación en las propiedades fisicoquímicas del suelo determina a distintos grupos de vegetación, junto con la disposición de agua además y el relieve en el que se encuentren. Señalan también que la vegetación puede determinar las condiciones del suelo, cuando el fuego incinera a las herbáceas durante las secas, depositando sus componentes sobre el sustrato y permitiendo también las condiciones idóneas para que las semillas latentes en el suelo puedan germinar para la siguiente época de lluvia. Esto podría considerarse como una relación mutua entre ambas vertientes, puesto que el suelo determina a la vegetación, pero a su vez ésta determina al suelo.

2.7. Fisiología de las plantas

La deficiencia de P, K, Ca, afectan a los procesos fisiológicos, ya que son constituyentes de coenzimas o esenciales en sistemas bioquímicos particulares (López, 2009).

El estrés hídrico es otro problema al que se enfrentan las plantas en condiciones naturales, puesto que cuando el agua escasea, los vegetales afectados pueden desarrollar mecanismos para contrarrestar este déficit del líquido. Un ejemplo es el de las raíces, que es menos sensible su crecimiento, que el de la parte aérea (Medrano y Flexas, 2003). No hay crecimiento debido a la falta de ingreso de anhídrido carbónico (CO₂), ya que cuando existe la deficiencia de agua (estrés hídrico), los estomas de las hojas se cierran, evitando el paso del gas mencionado (López, 2009).

Los procesos vitales de producción primaria y la respiración son la consecuencia de reacciones de óxido-reducción, que pueden describirse como fenómenos eléctricos.

Todas estas plantas herbáceas y arbustivas, al tener raíces poco profundas, tienden a estar correlacionadas significativamente con las primeras profundidades del suelo, que van de 0 a 30cm, o hasta 40cm (Amorim y Batalha, 2007), que es por lo general lo máximo que llegan estas partes de la planta, de manera que, a mayor profundidad, menor interacción tendrá la planta con el suelo.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

Evaluar la relación entre las propiedades fisicoquímicas del suelo y la diversidad vegetal en dos sabanas en Tekax, Yucatán.

3.2. Objetivos específicos:

Describir las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, redox, C.E., K, P, Ca, Na, Ca) de dos sabanas.

Reconocer la diversidad de las especies herbáceas y arbustivas de las dos sabanas.

Determinar cuáles propiedades del suelo están más relacionadas con la diversidad de las especies herbáceas y arbustivas de las dos sabanas.

Referencias bibliográficas

1. Aguilera Herrera, N. 1989. Tratado de edafología en México. Laboratorio de Investigación de Edafología. Departamento de Biología. UNAM. 216p.
2. Alberto J. 2009. Las sabanas. Biogeografía y Geografía Ambiental. Facultad Humanidades – UNNE. 34 p.
3. Amorim, P. K. y Batalha, M. A. 2007. Soil-vegetation relationships in hyperseasonal cerrado, seasonal cerrado, and wet grassland in Emas National Park (central Brasil). *Acta Oecologica*. 32, (3): 319-327. Noviembre-diciembre 2007.
4. Bárbaro, L., Karlanian, M. y Mata, D. 2010. Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (C.E.) en los sustratos para plantas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 11 p. Argentina.
5. Bautista, F. 2010. El suelo, en Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Durán García, Rafael y Martha Méndez González (ed.). CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. 496 pp. Mérida.
6. Bautista, F., Frausto, O., Ihl, T. y Aguilar, Y. 2015. Actualización del mapa de suelos del estado de Yucatán México: enfoque geomorfopedológico y wrb. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2(6): 303-279.
7. Beard, J. S. 1944. Climax Vegetation in Tropical America. *Ecology*. 25(2): 127-158.
8. Beard, J. S. 1953. The Savanna Vegetation of Northern Tropical America. *Ecological Monograph*. 23(2): 149-215.
9. Bravo, C., Lozano, Z., Hernández, R., Piñango, L. y B. Moreno. 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagrociencias* 16(3): 163-172.
10. Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-total. En: Sparks, D.L. Editor: Methods of Soil Analysis: Parte 3. Chemical Methods. Agronomy Monograph. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 1085–1123.
11. Borhidi A, Herrera RA (1977) Génesis, características, y clasificación de los ecosistemas de sabana de Cuba. *Ciencias Biológicas Academia de Ciencias Cuba* 1: 115-130.

12. Campo A., Duval V. (2014) Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía* 34 (2): 25 – 42.
13. Ciampitti, I.; M. Boxler y García, F. 2010. Nutrición de maíz: requerimientos y absorción de nutrientes. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 48: 14-18. IPNI Cono Sur.
14. Cole, M. M. 1986. *The savannas: biogeography and geobotany*. Academic Press., 438 p. Londres, Inglaterra.
15. Davis, J. I. 2004. Poaceae. En: Smith, N., Mori, S. A., Henderson, A. Stevenson, D. W. y S. Heald editores *Flowering Plants of the Neotropics*. Princeton University Press. Pp. 470-473. Princeton.
16. Dantas y Batalha
17. Duch Gary, J. 1988. *La conformación territorial del estado de Yucatán*. Universidad Autónoma Chapingo. 180 p.
18. IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. *Informes sobre recursos mundiales de suelos* 106. 205 p. FAO, Roma.
19. Farruggia, F. T. 2008. A floristic description of a Neotropical Coastal Savanna in Belize. *Caribbean Journal of Science*. 44(1): 53-69.
20. Flores-Delgadillo, L., Sommer-Cervantes, I., Alcalá-Martínez, J. y Álvarez-Sánchez, J. 1999. Estudio Morfogenético de algunos suelos de la Región de los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 16(1): 81-88.
21. Flores, S., Durán R. y Ortiz, J. J. 2010. Comunidades vegetales terrestres, en *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Durán García, Rafael y Martha Méndez González (ed.). CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. 496 pp. Mérida.
22. Flores, J. S. y Espejel, I. 1994. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense*. Universidad Autónoma de Yucatán. Pp. 1-35. Mérida.

23. Furley, P. 1999. The nature and diversity of Neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography*. 8: 223–241.
24. Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. L-2995. 176 pp.
25. Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. En: Klute, A. Editor: *Methods of Soil Analysis: Parte 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp. 383–409.
26. Gómez, Y. y Paolini, J. 2011. Variación en la actividad microbiana por cambio de uso en suelos en sabanas, Llanos Orientales, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 59(1): 1-15.
27. González, C., Studdert, G., Kunst, C. y Albanesi, A. 2001. Comportamiento de algunas propiedades del suelo en una sabana del Chaco Semiárido Occidental bajo distintas frecuencias de fuego. *Ciencia del Suelo*. 19(2): 92-100.
28. González, J. A.; de la Fuente, A. A.; Hernández, L.; Buzo, D y C. Bonache. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo en áreas verdes en la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*. 33, (1): 31-45.
29. Gutiérrez, L., Torrescano, N. y Islebe, G. 2012. Reconstrucción paleoambiental del Holoceno tardío de la reserva Los Petenes, Península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 29(3): 749-763.
30. Hammer, O.; Harper D. y Ryan, P. 2008. PAST - PAleontological STatistics, ver. 1.79. Zuerich, Suiza. Mayo 7, 2008.
31. Kellog, E. A. 2001. Evolutionary history of the grasses. *Plant Physiology*. 125: 1198-1205.
32. Köeppen, W. 1984. *Climatología: con un estudio de los climas de la Tierra*. Fondo de Cultura Económica. México.

33. Kuo, S., 1996. Phosphorous. En: Sparks, D.L. Editor: Methods of Soil Analysis: Parte 3. Chemical Methods. Agronomy Monograph. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp. 869–920.
34. Leonard, D. 2010. Resultados preliminares de la primera fase del reconocimiento de las sabanas Yalahau. En: *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009* (editado por B. Arroyo, A. Linares y L. Paiz). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. Pp.787-803.
35. Lynch, J. P. y Brown, K. 2006. Whole plant adaptation to low phosphorus availability, en Huang B (editor) Plant-Environment Interactions. Tercera edición. Taylor and Francis Group. 388 p.
36. Loeppert, R.H., Suarez, D.L., 1996. Soil Science Society of America, & American Society of Agronomy. Methods of Soil Analysis: Parte 3. en: Sparks, D.L. Editor: Soil Science Society of America Inc., Madison, Wisconsin, USA. Pp. 437–474.
37. López, G. 2009. Ecofisiología de árboles. Universidad Autónoma Chapingo. México. 490 p.
38. Medina, E. 1984. Nutrient balance and physiological processes at the leaf level. En Medina, E., Mooney H. y Vázquez-Yáñez, C. Physiological Ecology of Plants of the Wet Tropics. Dr W. Junk Publishers. Pp. 139- 154.
39. Medrano, H. y Flexas, J. 2003. Respuesta de las plantas al estrés hídrico. En Reigosa, M., Pedrol, N. y Sánchez, A. La ecofisiología vegetal. Universidad de Vigo. Thomson Editores Paraninfo S. A. Pp. 256-286.
40. Miranda, F. 1958. Estudios acerca de la vegetación. en: Beltrán, E. (ed.). Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. Pp. 215-271.
41. Miranda, F. y Hernández E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 29-179.
42. Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. ACCS. 45 p. San José, Costa Rica.
43. Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y T manuales y tesis SEA. Edita: CYTED – ORCYT-UNESCO – Sociedad Entomológica Aragonesa. 84p.

44. Morlans M. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. 852p.
45. Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sustentable (BOLFOR). Bolivia. 87 p.
46. Montanarella, L. y Barceló S. 2014. La sabana. En: Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., & Vargas, R. (eds), (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 p.
47. Navarro Alberto, J. 2004. Introducción al diseño y análisis del muestreo de poblaciones finitas, en: Bautista Zúñiga, F. editor, Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 3-58. México.
48. Ojasti, J. 1993. Comunidades de mamíferos en sabanas neotropicales. En: Sarmiento (editor) Las sabanas americanas. Fondo Editorial Acta Científica de Venezuela. Pp. 259-293.
49. Olmedo, L., Pérez-García, E. y Meave, J. 2006. Estructura y composición florística de las sabanas de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec (Oaxaca), México. *Acta Botánica Mexicana*. 77: 41-67.
50. Ortiz, V. B. 1975. Edafología. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. 291 p. México.
51. Ortiz-Díaz, J. J., Tún-Garrido, J., Arnelas-Seco, I. y García-Gil, G. 2014. Flora fanerogámica de dos enclaves de sabana de la península de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 665-676. DOI: 10.7550/rmb.35642.
52. Pennington, T. y Sarukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. 523 pp.
53. Pérez-García, E., Meave, J. y Gallardo, C. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca México. *Acta Botánica Mexicana*. 56: 19-88.

54. Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*. 31, (8): 583-590. Agosto de 2006.
55. Puig, H. 1972. La sabana de Huimanguillo Tabasco, México. Memorias del Simposio I. Congreso de Botánica. 389-411.
56. Rippstein, G., Escobar, E., Toledo, J., Fisher, M. y E. Mesa. 2001. Caracterización de comunidades vegetales de la altillanura en el centro de investigación agropecuaria Carimagua, en Meta, Colombia. *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los llanos orientales de Colombia*. Pp. 22-45.
57. Rhoades, J.D., 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. En: Sparks, D.L. Editor: *Methods of Soil Analysis: Part 3. Chemical Methods*. Agronomy Monograph. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp. 417-436.
58. Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. D.F. México.
59. Sarmiento, G. 1983. The savannas of tropical America. En: Goodall, D. W. (Ed). *Ecosystems of the World – Tropical Savannas*. Elsevier. Amsterdam, pp. 245-288.
60. Solbrig, O. T. 1991. Savanna modelling for global change. *IUBS Special issue*. No. 24. París.
61. Stuart, N., Barratt, T. y Place, C. 2006. Classifying the Neotropical savannas of Belize using remote sensing and ground survey. *Journal of Biogeography*. 33: 476-490.
62. Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
63. Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. En: Sparks, D.L. Editor: *Methods of Soil Analysis: Parte 3. Chemical Methods*. Agronomy Monograph. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp. 475-490.
64. Urbina, F. 1909. Algunas observaciones acerca de la geografía física del Estado de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 5: 91-101.
65. Vázquez-Vázquez, C., Ortiz-Díaz, J. J., Tun-Garrido, J. y García-Gil, G. 2012. Flora vascular de las sabanas de Xmabén, Hopelchén, Campeche, México. *Polibotánica*. 34: 1-19.

66. Werner, P. A. 1991. *Savanna, Ecology and management: Australian perspectives and intercontinental comparisons*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

5. FORMATO DE ARTÍCULO

Relación planta-suelo en comunidades herbáceas y arbustivas en dos sabanas de Tekax, Yucatán

José Abraham Cortés Couoh¹, Juan Javier Ortíz Díaz² y Héctor Estrada Medina³

¹Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales Tropicales; ²Departamento de Botánica; ³Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.

El artículo ha sido elaborado siguiendo los lineamientos en el formato establecido por la revista Plant and Soil de la editorial Springer:

http://www.springer.com/life+sciences/plant+sciences/journal/11104?detailsPage=plsci_2055810

Resumen

En este estudio se identificaron las relaciones existentes entre parámetros ecológicos de la vegetación (riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad) y las variables fisicoquímicas del suelo (pH, conductividad eléctrica, potencial REDOX, K, Ca, C, Na y P), en dos sabanas del sur de Yucatán, durante las estaciones de secas y lluvias. La técnica de muestreo para la vegetación herbácea y arbustiva fue 10 cuadrantes de 1 m² a lo largo de tres transectos de 100m. Se colectó una muestra de suelo por cuadrante dando un total de 60 muestras, 30 en época de secas y 30 en época de lluvias por cada sabana. Se hizo un análisis de correlación canónica con los datos de suelo y vegetación para determinar las variables más relacionadas entre sí. Los resultados mostraron que las propiedades del suelo más correlacionadas con los parámetros de la vegetación fueron el Na con la abundancia, y el Ca con la riqueza y diversidad. La mayor diferencia en las dos temporadas fue la presencia del Na como un factor correlacionado con la presencia de *Paspalum plicatum* y *Crescentia cujete*. El contenido de calcio presente fue uno de los nutrientes más relacionado tanto con las especies como con las variables de vegetación.

Palabras clave: sabana, suelo, vegetación, Chacho Lugo, Pol Yuc.

INTRODUCCIÓN

Las sabanas en el Neotrópico son ecosistemas conformados por una superficie herbácea, constituida mayoritariamente por gramínoideas, y donde se despliega un componente arbóreo discontinuo (Beard, 1944; Rippstein *et al.*, 2001), siendo uno de los ambientes más diversificados y con más presencia en América (Stuart *et al.*, 2006). Se asientan sobre terrenos llanos, caracterizándose, además de la vegetación, por el grado de disponibilidad de nutrientes y la cantidad de agua; sus suelos son de tipo arcilloso con presencia de arenas y limos, pH ácido, altos contenidos de aluminio intercambiable y horizontes profundos, donde hay que excavar bastante para llegar a la roca madre (Bernal *et al.*, 2014). Son deficientes en drenaje, lo que permite su anegamiento durante la temporada de lluvias (Werner, 1991), lo que ocasiona que se formen colonias de cianobacterias, que se reproducen en el suelo y forman una estera que cubre gran parte de la superficie de la sabana (Aguilera, 1989; Farrugia, 2004).

La relación de las plantas y el suelo en las sabanas ha sido estudiada con el propósito de conocer la presencia de diferentes asociaciones vegetales. Rippstein *et al.*, (2001), encontraron que las variaciones en la composición fisicoquímica del suelo determinan diferentes “grupos de vegetación” además del contenido de agua y el relieve en el que se encuentran, haciendo que las asociaciones vegetales que habitan en tal ecosistema no sean uniformes. Por otra parte, Amorim y Batalha (2007) mencionan que los suelos no determinan completamente a la vegetación, y que algunas propiedades del suelo son insuficientes para explicar el porqué del crecimiento de algunos vegetales.

En México las sabanas se distribuyen de manera diferencial entre la matriz de las selvas perennifolias y las selvas caducifolias, aunque con una superficie menor a las anteriores, aunque igual de importantes desde una perspectiva ecológica (Pennington *et al.*, 2006).

El conocimiento que se tiene sobre la vegetación de las sabanas en México aún no es suficiente (Olmedo *et al.*, 2006), y en algunas zonas existen sabanas aún sin estudiar. De las sabanas en Yucatán, se han hecho estudios, como el de Ortiz Díaz *et al.*, 2014, donde realizaron una clasificación las sabanas de la región tomando en cuenta los aspectos ecológicos y florísticos; así también hicieron un listado de la diversidad florística que hay en estos biomas en la región. Sin embargo, aún no existían estudios sobre la relación planta y suelo en estos ecosistemas en la zona yucatanense.

De acuerdo con Duch Gary (1988), el suelo de las sabanas de Yucatán es de tipo hidromórfico y ocupa una pequeña porción territorial en el Cono Sur, caracterizados por poseer suelos de tipo vertisoles (Miranda, 1956; Duch Gary, 1988), con drenaje deficiente y gran presencia de arcillas. Farrugia (2008) también hace mención del tipo de suelo que caracteriza a las sabanas de la parte austral de la Península de Yucatán, como la de Sapodilla en Belice, con suelos impermeables por las arcillas y con inundaciones en temporada de lluvias, debido a la saturación de suelos arenosos donde ocurre la inundación.

Los estudios para conocer la relación planta-suelo en sabanas neotropicales muestran resultados dispares y no está completamente definido si los nutrientes del suelo influyen en la distribución, riqueza y abundancia de especies. Estudios realizados en el sureste de México mencionan que la presencia de las sabanas está determinada por el tipo de suelo (Miranda, 1958; Rzedowski, 1978, 2006; Pérez-García *et al.*, 2001) pero dichos estudios se enfocan en aspectos generales de su distribución actual en el conjunto de las

comunidades vegetales tropicales y no de manera local comparando a una escala fina los parámetros ecológicos de la vegetación herbácea-arbustiva y su relación con las propiedades fisicoquímicas del suelo. Las sabanas estudiadas muestran una aparente distribución diferencial de las “asociaciones” de herbáceas-arbustivas y el tipo de suelo, sugiriendo algún tipo de relación planta-suelo, por lo que el aspecto a tratar en este trabajo es evaluar la relación que pueden tener las asociaciones vegetales de herbáceas y arbustivas con las características fisicoquímicas del suelo en las estaciones de secas y lluvias en dos sabanas de Yucatán.

MÉTODOS

Los sitios de estudio se encuentran en el municipio de Tekax, el Cono Sur de Yucatán, cercanos a la comisaría de Becanchén. La zona, tiene un clima Aw_0 (García, 1986) o subhúmedo tropical con estaciones marcadas entre lluvias y secas. Ostentan una temperatura entre 23° y 27° C, con una precipitación pluvial entre 900 a 1300mm al año (Flores y Espejel, 1994). El primer sitio se denominó Pol Yuc por estar cerca de un antiguo ingenio azucarero conocido con este nombre, con coordenadas $19^{\circ}57'11''$ N y $89^{\circ}13'51.9''$ O. El último sitio, Chacho Lugo, tiene coordenadas de $19^{\circ}49'01.29''$ N y $89^{\circ}22'32.76''$ O. (fig. 1).

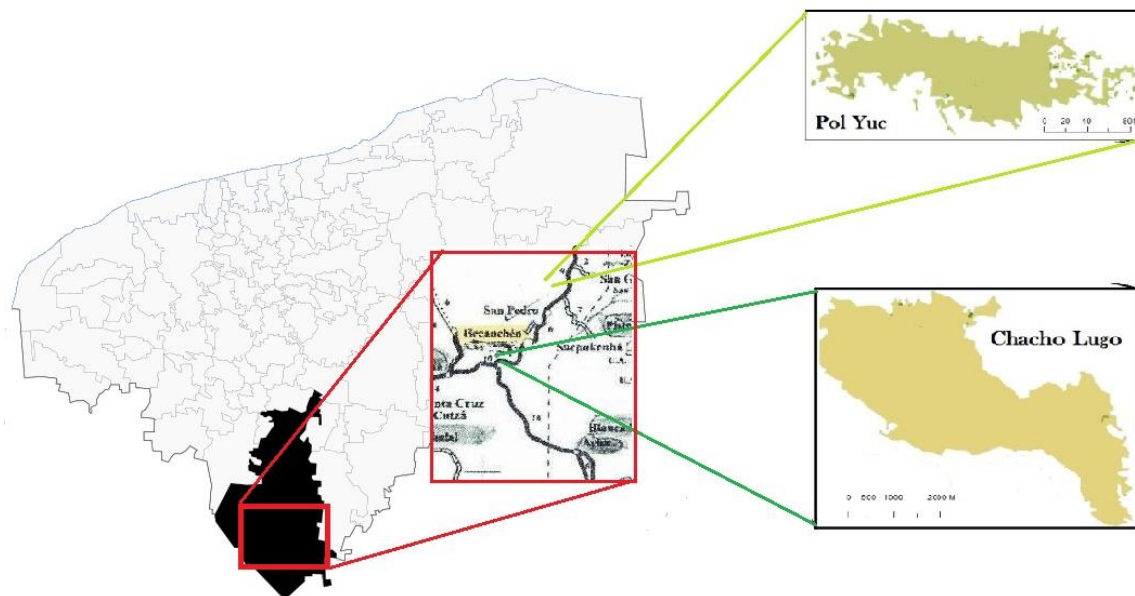


Figura 1. Localización de los sitios de estudio.

Diseño de muestreo.

El método que se utilizó es el de cuadrante, que se emplea para la vegetación densa dominada por arbustos y para caracterizar la vegetación graminoide (Flores y Álvarez, 2004; Artigas-Díaz del Olmo, 2013). En vista de que los sitios muestran una aparente distribución diferencial de “asociaciones” de herbáceas-arbustivas y suelo desnudo, el método consistió en trazar una línea base de 100 m, en la cual se colocaron a intervalos de 10 m cuadrantes de 1 m x 1 m con 100 cuadrículas de 10 cm x 10 cm. La línea base y los cuadrantes se georrefenciaron y marcaron con el propósito de comparar los valores de la vegetación y el suelo en dos estaciones de secas, en abril-mayo y de lluvias, en septiembre-octubre. El número de unidades de muestreo fueron 60 por sitio de estudio, 30 unidades por estación, haciendo un total de 120. En cada cuadrante se contabilizaron los individuos encontrados, además de medir la cobertura y altura. Es importante considerar que las especies de gramíneas presentes son perennes cespitosas sin reproducción por rizomas o estolones. En este estudio un individuo se considera aquel que contiene la planta madre y sus brotes (tillers) independientemente de su número. Con el número de individuos se estimó abundancia absoluta por cuadrante y la riqueza por el total de especies registradas por unidad de muestreo. Posteriormente con los valores de abundancia por especies se calcularon el Índice de Diversidad Shannon (H') y la equitatividad. Por cada cuadrante se extrajeron muestras del suelo hasta una profundidad de 40cm y con unas dimensiones de 20cm x 20cm de lado.

En el laboratorio, las muestras de suelo se secaron al horno y tamizaron a 2mm. Los análisis que se realizaron a estas muestras fueron: potencial REDOX, método potenciométrico (Patrick *et al.*, 1996); pH en agua relación 1:2, método potenciométrico (Thomas, 1996); fósforo por el método de Olsen (Kuo, 1996); conductividad eléctrica, método potenciométrico (Rhoades 1996); Ca, K y Na por flamometría (Jain, 2015).

Análisis de datos por el Análisis de Correlación Canónica (CORCAN)

Para determinar la relación de los parámetros de la vegetación (riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad) con las propiedades del suelo (pH, Ca, Na, K, C, P, conductividad eléctrica y potencial redox) se realizó el Análisis de Correlación Canónica (CORCAN), que se corrió en el software estadístico XLSTAT (Addinsoft, 2009), con las variables del suelo y las variables biológicas (abundancia, riqueza, diversidad,

equitatividad), para cada sabana en dos temporadas, así como las especies vegetales registradas en los muestreos por sabana por temporada, con las variables edafológicas, siendo en total 8 análisis de este mismo tipo.

RESULTADOS

En total se contabilizaron, en las dos sabanas, 1844 individuos pertenecientes a 26 familias, 43 géneros y 63 especies. Las familias con más representantes fueron Poaceae y Cyperaceae, con las especies *Paspalum plicatulum* Michx y *Rhynchospora holoeschenoides* (Rich.) Herter, como principales representantes respectivamente (anexo 1).

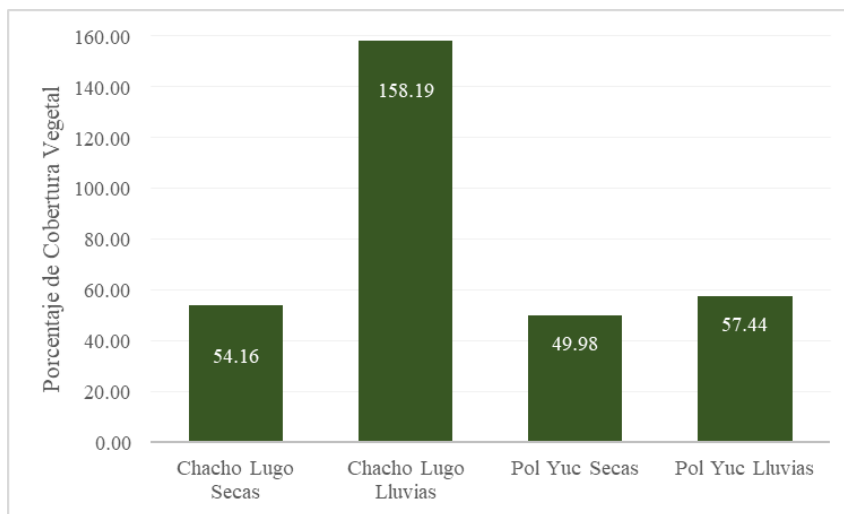


Figura 1. Porcentaje de la cobertura vegetal para los dos sitios de estudio en época de lluvia y sequía.

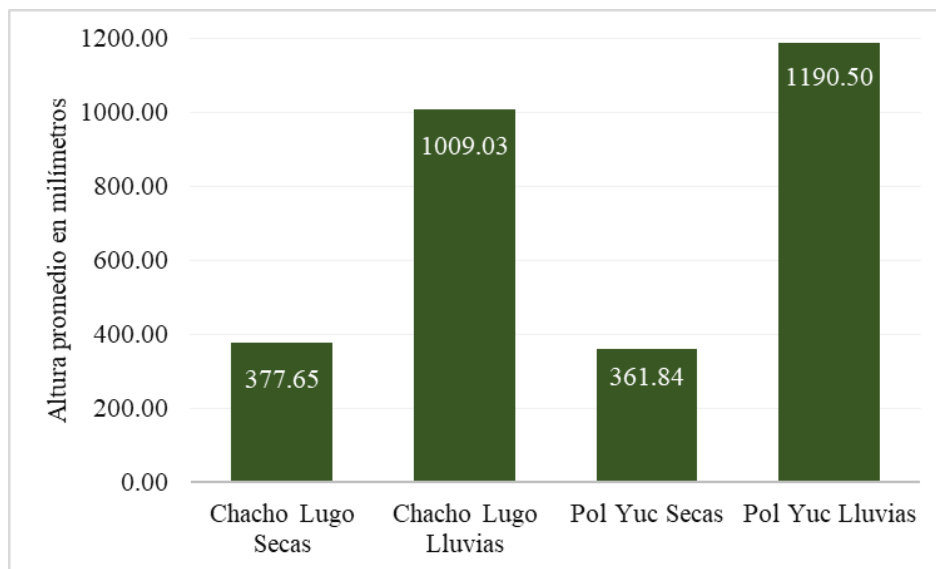


Figura 2. Alturas promedio, en milímetros, de las especies halladas en los dos sitios de estudio para las temporadas de lluvias y secas.

El suelo, en las dos sabanas estudiadas, se clasifica dentro los vertisoles, con cantidad predominante de arcillas, poca presencia de arena y grava, escasez de P y Ca, y con tendencia a la acidez, con valores de pH en promedio para cada sabana: para Chacho Lugo de 4.84 en temporada de secas y 4.47 en temporada de lluvias, y para Pol Yuc fue de 5.56 durante secas y 5.06 en época de lluvias. Sus porcentajes de materia orgánica fueron de 5% para Chacho Lugo y Pol Yuc de 8%.

Respecto a los valores obtenidos con la CORCAN entre las variables del suelo con las especies vegetales, sólo pocas especies tuvieron relación con el suelo: para el caso de Chacho Lugo lluvias, *Paspalum plicatulum*, está relacionado de forma negativa con pH, Na y Ca (-0.506, -0.489 y -0.428 respectivamente); *Morinda royoc* L. está relacionado positivamente con el pH con 0.528 y Ca con 0.502; *Scleria eggersiana* Boeck con P 0.459 y de forma negativa con el Ca -0.499. El resto de la vegetación no mostró una relación estrecha con las variables ambientales en esta temporada (ver anexo 2). En cada tabla que acompaña a los resultados de las especies con las variables del suelo hechos con la CORCAN, se presentan los valores propios (eigenvalues), la variabilidad y el porcentaje acumulado de los ejes arrojados por el análisis (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de cada uno de los ejes (f) formados a partir de la correlación canónica de las variables del suelo con las especies muestreadas en Chacho Lugo lluvias.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valor propio	0.850	0.755	0.376	0.227	0.123	0.088	0.052	0.024
Variabilidad (%)	34.085	30.271	15.068	9.106	4.917	3.527	2.075	0.952
% acumulado	34.085	64.356	79.424	88.529	93.446	96.973	99.048	100.000

En Chacho Lugo temporada de secas, y continuando con las especies y los valores ambientales, *P. plicatulum* tuvo una relación negativa con potencial redox (-0.517), *Buchnera pusilla* L. con pH (0.623), al igual que *Crescentia cujete* L. con la misma variable ambiental y el mismo valor; *Psidium guyanensis* tuvo relación positiva tanto con el K y el Ca, al tener de valores 0.730 y 0.694 respectivamente; *Paspalum virgatum* tuvo una relación positiva con el P de 0.693 (anexo 3). Nuevamente se presentan los valores obtenidos respecto a los ejes en las dos vertientes (especies vegetales y variables de suelo) arrojados por el análisis de correlación canónica (cuadro 2).

Cuadro 2. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de cada uno de los ejes obtenidos por el análisis de correlación canónica en temporada de Chacho Lugo secas.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valor propio	1.019	0.960	0.771	0.562	0.377	0.223	0.186	0.032
Variabilidad (%)	24.677	23.256	18.674	13.598	9.132	5.396	4.497	0.769
% acumulado	24.677	47.933	66.608	80.205	89.338	94.733	99.231	100.000

En la segunda sabana, Pol Yuc, en temporada de lluvias, las especies vegetales que presentaron alguna relación con el suelo fueron: *Crescentia cujete* y Na tienen una relación de 0.643, *Havardia albicans* (Kunth) Britton & Rose y C con 0.490 *Ipomoea triloba* L. con Ca 0.524. En los tres casos fueron positivas las relaciones (anexo 4). De igual manera se presentan los valores propios, los coeficientes de variabilidad y los porcentajes acumulados de las dos temporadas en la segunda sabana estudiada obtenidos con el análisis de correlación canónica hecho en XLSTAT (cuadro 3).

Cuadro 3. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de cada uno de los ejes formados a partir de la correlación canónica de las variables del suelo con las especies muestreadas en Pol Yuc lluvias.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valor propio	0.794	0.730	0.579	0.431	0.372	0.159	0.140	0.025
Variabilidad	24.596	22.621	17.923	13.344	11.510	4.914	4.326	0.766
% acumulado	24.596	47.217	65.140	78.484	89.993	94.908	99.234	100.000

Finalmente, en el caso de Pol Yuc en temporada de secas, las especies, *Andropogon bicornis* L., *Croton reflexifolius* Kunth y *Scleria bracteata* Cav. tuvieron relación positiva con pH, C.E., K y Ca (0.515, 0.679, 0.542, 0.526; 0.515, 0.679, 0.542, 0.526 y 0.515, 0.679, 0.542, 0.526 respectivamente). Las otras especies con relación positiva con alguna variable del suelo fueron *Coccoloba barbadensis* Jacq. con Ca (0.901), *Capparis aculeata* L. igual con Ca (0.765) y *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby con P con 0.886. Ninguna de las especies dominantes mostró una relación con las variables del suelo en esta temporada (Anexo 5) (cuadro 4).

Cuadro 4. Valores propios, coeficientes de variabilidad y porcentaje acumulado de cada uno de los ejes formados a partir de la correlación canónica de las variables del suelo con las especies muestreadas en Pol Yuc secas.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valor propio	1.924	1.111	0.868	0.733	0.393	0.350	0.187	0.093
Variabilidad	34.002	19.637	15.337	12.959	6.947	6.180	3.300	1.637
% acumulado	34.002	53.640	68.977	81.936	88.883	95.063	98.363	100.000

Variables de la vegetación y variables del suelo

Las variables del suelo junto con las variables de vegetación se analizaron de igual manera con el análisis de correlación canónica, dando como resultados para los siguientes sitios y temporadas:

Para Chacho Lugo en temporada de lluvias, las relaciones más cercanas que se encontraron fueron la de Abundancia con el sodio, de manera positiva, con un valor de 0.481, y la de la diversidad con el calcio, igual de forma positiva, aunque no tan marcado como el anterior, al tener un valor de 0.461 (cuadro 5).

Cuadro 5. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las variables vegetales en Chacho Lugo temporada de lluvias obtenido con el análisis de correlación canónica (CORCAN) en el software estadístico XLSTAS. Los números en rojo son las relaciones más marcadas que se registraron.

Variables	pH	CE	ReDox	C	P	Na	K	Ca	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Equitatividad
pH	1	-0.409	-0.504	-0.742	-0.354	0.283	0.057	0.816	-0.154	0.662	0.712	0.615
CE	-0.409	1	0.467	0.463	-0.100	0.195	0.242	-0.378	-0.029	-0.218	-0.151	-0.124
ReDox	-0.504	0.467	1	0.366	0.255	-0.195	0.089	-0.361	0.149	-0.271	-0.308	-0.271
C	-0.742	0.463	0.366	1	0.087	0.047	0.242	-0.470	0.015	-0.546	-0.530	-0.364
P	-0.354	-0.100	0.255	0.087	1	-0.153	-0.448	-0.308	-0.074	-0.263	-0.328	-0.253
Na	0.283	0.195	-0.195	0.047	-0.153	1	0.373	0.335	-0.338	0.292	0.358	0.485
K	0.057	0.242	0.089	0.242	-0.448	0.373	1	0.102	0.158	0.004	0.053	0.138
Ca	0.816	-0.378	-0.361	-0.470	-0.308	0.335	0.102	1	-0.231	0.566	0.599	0.555
Abundancia	-0.154	-0.029	0.149	0.015	-0.074	-0.338	0.158	-0.231	1	-0.060	-0.224	-0.439
Riqueza	0.662	-0.218	-0.271	-0.546	-0.263	0.292	0.004	0.566	-0.060	1	0.916	0.723
Diversidad	0.712	-0.151	-0.308	-0.530	-0.328	0.358	0.053	0.599	-0.224	0.916	1	0.892
Equitatividad	0.615	-0.124	-0.271	-0.364	-0.253	0.485	0.138	0.555	-0.439	0.723	0.892	1

En Chacho Lugo en temporada de secas, la abundancia tuvo una relación alta y positiva con el pH de 0.645, una relación negativa con el carbono de -0.481, y la diversidad una relación positiva con el calcio de 0.484. El resto de las variables, riqueza y equitatividad, no mostraron una estrecha relación, ya fuere positiva o negativa con las variables del suelo analizadas (cuadro 6).

Cuadro 6. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las variables de vegetación en Chacho Lugo temporada de secas obtenido con el análisis de correlación canónica (CORCAN) en el software estadístico XLSTAR. Los números en rojo son las relaciones más marcadas que se registraron.

Variables	pH	CE	Redox	C	P	Na	K	Ca	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Equitatividad
pH	1	-0.545	-0.068	-0.300	-0.092	0.247	0.012	0.146	0.645	0.057	-0.010	-0.204
CE	-0.545	1	-0.151	0.248	-0.072	0.198	-0.055	0.063	-0.305	0.015	0.030	0.169
Redox	-0.068	-0.151	1	0.250	-0.559	0.070	0.057	-0.090	-0.292	-0.088	-0.027	0.109
C	-0.300	0.248	0.250	1	-0.134	-0.238	0.291	-0.007	-0.481	-0.339	-0.348	-0.335
P	-0.092	-0.072	-0.559	-0.134	1	-0.200	-0.207	-0.180	0.038	0.006	0.007	-0.020
Na	0.247	0.198	0.070	-0.238	-0.200	1	-0.152	0.119	0.405	0.286	0.223	0.197
K	0.012	-0.055	0.057	0.291	-0.207	-0.152	1	0.778	-0.155	0.095	0.176	0.182
Ca	0.146	0.063	-0.090	-0.007	-0.180	0.119	0.778	1	0.051	0.367	0.484	0.456
Abundancia	0.645	-0.305	-0.292	-0.481	0.038	0.405	-0.155	0.051	1	0.396	0.185	-0.133
Riqueza	0.057	0.015	-0.088	-0.339	0.006	0.286	0.095	0.367	0.396	1	0.915	0.433
Diversidad	-0.010	0.030	-0.027	-0.348	0.007	0.223	0.176	0.484	0.185	0.915	1	0.706
Equitatividad	-0.204	0.169	0.109	-0.335	-0.020	0.197	0.182	0.456	-0.133	0.433	0.706	1

En la segunda sabana, Pol Yuc, durante la temporada de lluvias, la abundancia tuvo una relación positiva de 0.481 con el sodio (Na), y la diversidad una relación positiva con el calcio (Ca) de 0.461. Las otras variables no tuvieron una relación fuerte (cuadro 7).

Cuadro 7. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las variables de vegetación en Pol Yuc temporada de lluvias obtenido con el análisis de correlación canónica (CORCAN) en el software estadístico XLSTAR. Los números en rojo son las relaciones más marcadas que se registraron entre ambas variables.

Variables	pH	CE	ReDox	C	P	Na	K	Ca	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Equitatividad
pH	1	-0.162	-0.488	-0.051	0.044	0.170	-0.192	0.522	0.107	0.245	0.319	0.231
CE	-0.162	1	0.249	0.375	-0.312	-0.123	0.306	0.444	-0.197	0.287	0.278	0.147
ReDox	-0.488	0.249	1	-0.228	0.089	-0.040	0.055	-0.244	-0.195	-0.176	-0.249	-0.276
C	-0.051	0.375	-0.228	1	-0.303	-0.215	0.466	0.304	-0.178	0.271	0.257	0.200
P	0.044	-0.312	0.089	-0.303	1	-0.090	0.045	0.089	-0.010	-0.159	-0.135	-0.024
Na	0.170	-0.123	-0.040	-0.215	-0.090	1	-0.605	0.078	0.481	0.067	0.090	0.167
K	-0.192	0.306	0.055	0.466	0.045	-0.605	1	0.171	-0.375	0.165	0.109	-0.019
Ca	0.522	0.444	-0.244	0.304	0.089	0.078	0.171	1	0.059	0.419	0.461	0.237
Abundancia	0.107	-0.197	-0.195	-0.178	-0.010	0.481	-0.375	0.059	1	-0.218	-0.149	0.003
Riqueza	0.245	0.287	-0.176	0.271	-0.159	0.067	0.165	0.419	-0.218	1	0.957	0.520
Diversidad	0.319	0.278	-0.249	0.257	-0.135	0.090	0.109	0.461	-0.149	0.957	1	0.699
Equitatividad	0.231	0.147	-0.276	0.200	-0.024	0.167	-0.019	0.237	0.003	0.520	0.699	1

Finalmente, para la temporada de secas en Pol Yuc, la riqueza tuvo una relación positiva de 0.500 con el calcio, así como la diversidad con este mismo elemento con 0.532 y esta misma variable de la vegetación tuvo una relación positiva con la conductividad eléctrica de 0.537 (cuadro 8).

Cuadro 8. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las variables vegetales en Pol Yuc temporada de secas obtenido con el análisis de correlación canónica (CORCAN) en el software estadístico XLSTAR. Los números en rojo son las relaciones más marcadas que se registraron.

Variables	pH	CE	ReDox	C	P	Na	K	Ca	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Equitatividad
pH	1	0.099	-0.119	-0.168	-0.261	-0.043	0.199	0.242	-0.018	0.271	0.229	0.008
CE	0.099	1	-0.026	0.120	0.109	-0.135	0.393	0.620	-0.094	0.448	0.537	0.368
ReDox	-0.119	-0.026	1	0.136	0.129	0.042	0.046	-0.256	0.135	-0.083	-0.121	-0.016
C	-0.168	0.120	0.136	1	0.283	-0.176	0.384	0.128	-0.083	-0.338	-0.369	-0.300
P	-0.261	0.109	0.129	0.283	1	0.444	-0.132	0.049	-0.203	-0.046	-0.047	-0.006
Na	-0.043	-0.135	0.042	-0.176	0.444	1	-0.377	-0.246	-0.065	0.025	0.112	0.246
K	0.199	0.393	0.046	0.384	-0.132	-0.377	1	0.492	-0.186	0.033	0.026	-0.033
Ca	0.242	0.620	-0.256	0.128	0.049	-0.246	0.492	1	-0.163	0.500	0.532	0.352
Abundancia	-0.018	-0.094	0.135	-0.083	-0.203	-0.065	-0.186	-0.163	1	0.100	-0.032	-0.041
Riqueza	0.271	0.448	-0.083	-0.338	-0.046	0.025	0.033	0.500	0.100	1	0.932	0.667
Diversidad	0.229	0.537	-0.121	-0.369	-0.047	0.112	0.026	0.532	-0.032	0.932	1	0.843
Equitatividad	0.008	0.368	-0.016	-0.300	-0.006	0.246	-0.033	0.352	-0.041	0.667	0.843	1

DISCUSIÓN

El presente estudio se efectuó para conocer la existencia de relaciones entre las variables de la vegetación, especies vegetales con las del suelo en las comunidades herbáceas y arbustivas en dos sabanas durante las estaciones de secas y lluvias. A partir de los resultados obtenidos, la gramínea *Paspalum plicatulum*, fue la especie con mayor abundancia, seguida por la ciperácea *Rhynchospora holoeschenoides*, lo que ya ha sido mencionado por Ortíz Díaz *et al.*, (2014) y Rivero (2015) para la sabana de Chacho Lugo; siendo las mismas especies dominantes en Pol Yuc. Farrugia y colaboradores, (2008), en las sabanas de Belice describen con mayor abundancia a otras especies del género *Paspalum*. Por otro lado, en las sabanas de Oaxaca *Trachypogon plumosus* fue la especie dominante (López Olmedo *et al.*, 2006). En términos generales los géneros de gramíneas *Paspalum* y *Trachypogon* han sido reconocidos como parte la flora autóctona de las sabanas neotropicales (Beard, 1944; Rippstein *et al.* 2001; Bridgetwater *et al.* 2002).

La vegetación de estas sabanas se asienta sobre suelos clasificados dentro los oxisoles y/o los vertisoles, siendo una de sus características los valores ácidos en su pH (Klink, *et al.*, 1993). En el caso de Pol Yuc se obtuvieron valores ligeramente menos ácidos que en Chacho Lugo; en el último se obtuvieron registros similares para la zona (Ortiz-Díaz *et al.*, 2014). A pesar que el pH en Pol Yuc está someramente elevado, Gardi y colaboradores (2014), mencionan que hay un rango promedio para las sabanas de la zona biogeográfica de América del Norte y Centro, dentro del cual se encontraron ambos sitios.

Al ser sésiles las plantas, sólo pueden penetrar y utilizar un espacio limitado de su medio, por lo cual dependerán únicamente de los nutrimentos disponibles en la zona dónde hayan germinado y crecido, lo cual es una limitante para las especies (Bidwell, 2000). La escasez en los minerales del suelo debido a las interacciones entre nutrientes del suelo como el Na, K, Ca, P, Mg, puede estimarse a partir de los niveles de acidez del suelo (Amorim y Batalha, 2007). Particularmente el Na y el K son los elementos que permiten el abastecimiento de nutrimentos que afectan a la absorción y la utilización de otros nutrientes en las plantas, teniendo vínculos químicos estos dos elementos, al ser de similar tamaño, carga y configuración electrónica, brindando ayuda a las funciones de la raíz del organismo (Fageria, 2001). Lo anterior ocasiona que sólo especies adaptadas a este tipo escasez de nutrimentos puedan colonizar a las sabanas.

En este trabajo se encontró una correlación negativa entre *P. plicatulum*, la especie dominante en ambas sabanas, con el pH, Ca, y potencial redox, entre ambas temporadas. El calcio presente en las dos sabanas fue uno de los nutrientes que más asociaciones presentó, tanto con las especies como con las variables de vegetación. Uno de los factores que pudieron influir para esta relación es que el Ca tiende a reducir la acidez del suelo en las sabanas, cual resulta benéfico para las plantas (Ritchey, *et al.*, 1980), así mismo, es importante considerar que los suelos de estos pastizales dónde los géneros *Paspalum* y *Leersia* dominan, son suelos más jóvenes con suelos con rangos de 4 a 5 de pH, que aquellos con vegetación dominante como *Trachypogon* y *Axonopus*, con suelos más consolidados, antiguos y de mayor acidez, como las sabanas de América del Sur (Montanarella y Barceló, 2014).

Una mayor o menor cantidad de calcio se refleja en el grado de saturación de la arcilla, cuyo indicador es el pH del terreno (Gutiérrez, 1995). Conforme el calcio aumenta en cantidad disponible en el suelo, tiende a reducir la acidez de éstos, propiciando que las plantas no herbáceas puedan colonizar estos ambientes y establecerse, lo que no ocurriría en lugares donde la disponibilidad de este nutriente es escasa, y dónde esto sucede hay una reducida capacidad de síntesis de proteínas en los organismos vegetales, así como menor desarrollo radical, y poco crecimiento de los tallos y hojas, ya que las raíces tienden a aprovechar menos del 3% del calcio disponible en el suelo, lo que es suficiente para sus frutos (Rodríguez, 1992; Monge *et al.*, 1994). Una mayor disponibilidad de iones de Ca permite a las semillas de árboles como *Havardia albicans*, *Psidium guyanensis* puedan germinar y desarrollarse en plántulas.

El fósforo, en cantidades adecuadas, es benéfico para los estratos arbóreos, ya que favorece el desarrollo de las raíces, estimula el crecimiento de las plantas, así mismo, favorece la floración y fructificación de los frutos y semillas (Andrades y Martínez, 2014), y a la carencia de este elemento, los árboles no se pueden desarrollar plenamente, con lo que los gramínoles se ven beneficiado por estas carencias.

Paspalum plicatulum es una especie herbácea que domina el suelo cuando las condiciones de luz solar son altas y el sustrato es muy pobre en nutrientes, en contraste, cuando se le añaden más nutrimentos al suelo, esta especie tiende a ser menos dominante y cede el terreno a otras especies (Auken *et al.*, 1992), a pesar que esta especie está bien adaptada a su medio, ya que, durante los meses con sequía, las semillas quedan inactivas y germinan cuando las condiciones son favorables (Fulbright y Flenniken, 1988). Los gramínoles, son transicionales por naturaleza, y al ser consumidos por los incendios, producen la mayoría de la materia orgánica (Bridgewater *et al.*, 2002); así también, pueden germinar durante la próxima temporada de lluvias al que están sometidas, aunque no generan una cantidad excesiva de desperdicio orgánico (Nelson, 2003).

En el caso de las sabanas, el Na, con un porcentaje menor a 15, propio de sitios con pH ácido, ocasiona que el agua hace reaccionar al sodio, que sirve como una ayuda para el metabolismo y la síntesis de clorofila, y es útil para los estomas, pero no es esencial en gran medida para las plantas (Fageria, 2001).

A pesar de las relaciones halladas en este análisis, es importante señalar que los resultados únicamente indican la relación planta – suelo en dos sabanas de la región, por lo que se recomienda realizar estudios a mayor profundidad y escala espacial; de tal modo que se consolide lo descrito en este trabajo.

Otra consideración importante es la de promover la conservación de estos ecosistemas, los cuales no han sido estudiados a profundidad, ya que son parte de los ambientes naturales de Yucatán, además de presentar características particulares y poca abundancia en el Estado. Estos ecosistemas son un reservorio de fauna, y en la actualidad se encuentran muy fragmentados, por lo que más adelante podrían desaparecer a causa de las actividades antropogénicas como la ganadería, puesto que estos sitios son muy propensos a ser acondicionados para monocultivos para pastoreo de ganado. Considerando su importancia ecológica y el riesgo a desaparecer, es razonable que se conviertan en áreas naturales protegidas.

Se encontró una relación positiva entre especies vegetales y las determinadas propiedades del suelo, como el calcio, que tiende a ser uno de los nutrimentos más importantes para las plantas, aunque debido a su mínima cantidad, sería un factor limitante que únicamente beneficia a los gramíneos y las especies mejor adaptadas para el ambiente estresante de la sabana.

El pH de Pol Yuc no fue tan ácido, por lo que podría estar alterado por la selva circundante, aunque no se sabe si su antigüedad podría estar determinando su estado actual, o son otros factores los que lo establecen.

Sólo el Na mostró una relación marcada respecto a la diferencia de ambas temporadas, siendo el que tuvo una correlación con la vegetación durante la temporada de lluvias en las dos sabanas, y ausente en la temporada de sequía, esto debido a la reacción que tiene con el agua.

El calcio permitió que plántulas de plantas arbóreas tuvieran mayor presencia en la sabana de Pol Yuc, reduciendo la acidez del suelo, aunque no en la cantidad suficiente para un reemplazamiento completo de la flora, que sigue dominado por los gramíneos.

Referencias

1. Addinsoft, S. A. R. L. (2009). XLSTAT software, version 9.0. Paris, France
2. Amorim PK, Batalha MA (2007). Soil-vegetation relationships in hyperseasonal cerrado, seasonal cerrado, and wet grassland in Emas National Park (central Brasil). *Acta Oecologica*. 32, (3): 319-327. Noviembre-diciembre 2007.
3. Andrades M, Martínez ME (2014) Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja, tercera edición. 40 p.
4. Artigas R, Díaz del Olmo F (2013) Muestreo en transecto de formaciones vegetales de fanerófitos y caméfitos (I): fundamentos metodológicos. *Estudios Geográficos*. 74(274): 67-88.
5. Bala A, Murphy P, Giller K (2003) Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soils from three continents in the tropics. *Molecular Ecology*. 12: 917-930.
6. Beard J (1944) Climax vegetation in Tropical America. *Ecology*. 25:127-158.
7. Bernal J, Navas G, Hernández R (2014) Requerimientos y respuestas a la fertilización del maíz en suelos de Sabanas Ácidas de Colombia. IPNI, Información Agronómica Hispanoamérica. 15: 6-10.
8. Borhidi A, Herrera RA (1977) Génesis, características, y clasificación de los ecosistemas de sabana de Cuba. *Ciencias Biológicas Academia de Ciencias Cuba* 1: 115-130.
9. Bridgewater S, Ibáñez A, Ratter JA, Furley P (2002) Vegetation classification and floristics of the savannas and associated wetlands of the Rio Bravo conservation and management area, Belize. *Edinburgh Journal of Botany*. 59 (3): 421–442 (2002).
10. Duch Gary J (1988) La conformación territorial del estado de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. 180 p.
11. Fageria V D (2001) Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 24 (8): 1269-1290.
12. Farruggia, F. T. 2008. A floristic description of a Neotropical Coastal Savanna in Belize. *Caribbean Journal of Science*. 44(1): 53-69.
13. Fulbright T E y Flenniken K S (1988) Causes of Dormancy in *Paspalum plicatulum* (Poaceae) seeds. *The Southwestern Naturalist*, Vol. 33, No. 1 (Mar. 30, 1988), pp. 35-39.

14. Jain R C (2015) Effect of integrated nutrient management and mulching on growth and yield of soybean *Glycine max.* (L.) Merrill, in clay loam soil. *Current World Environment.* 10(2): 710-714.
15. Klink CA, Moreira AG, Solbrig OT (1993) Ecological impacts of agricultural development in the Brazilian cerrados. En MD Young y OT Solbrig eds., *The World's Savannas.* The Parthenon Publishing Group. Pp 259-282. Londres.
16. Lynch J P, Brown K (2006) Whole plant adaptation to low phosphorus availability. En Huang B (2006) *Plant-Environment Interactions.* Tercera edición. Taylor and Francis Group. 388 p.
17. Lathwell DJ, Grove TL (1986) Soil-plant relationship in the Tropics. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 17: 1-16.
18. Legendre P, Legendre L (2012) *Numerical Ecology.* Tercera edición. Elsevier. 990 p.
19. Leonard D (2010) Resultados preliminares de la primera fase del reconocimiento de las sabanas Yalahau. En: *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009* (editado por B. Arroyo, A. Linares y L. Paiz). Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. Pp.787-803.
20. López Olmedo L, Pérez García EA, Meave JA (2006) Estructura y composición florística de las sabanas de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec (Oaxaca), México. *Acta Botánica Mexicana.* 77: 41-67.
21. Manly BFJ, Navarro JA (2016) *Multivariate Statistical Methods: A primer.* Chapman & Hall/CRC. Cuarta edición. 253p. Nueva Zelanda.
22. Montanarella L, Barceló S (2014) La sabana. En: Gardi C, Angelini M, Barceló S, Comerma J, Cruz Gaistardo C, Encina Rojas A, Jones A, Krasilnikov P, Mendonça Santos Brefin ML, Montanarella L, Muñiz Ugarte O, Schad P, Vara Rodríguez MI, Vargas R (eds), (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe,* Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 p.
23. Nelson SC (2003) *Morinda citrifolia* L. *Permanent Agriculture Resource,* 1-13.
24. Rivero JC (2015) Estructura de la sabana Chacho Lugo, Tekax, Yucatán, México. Tesis de Maestría. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. 44p.

25. Rippstein G, Escobar E, Toledo J, Fisher M, Mesa E (2001) Caracterización de comunidades vegetales de la altillanura en el centro de investigación agropecuaria Carimagua, en Meta, Colombia. Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los llanos orientales de Colombia. Pp. 22-45.
26. Ritchey KD, Souza DMG, Lobato E, Correa O (1980) Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. *Agronomy Journal*. 72: 40-44.
27. Rzedowski J (1978) *Vegetación de México*. Editorial Limusa. D.F. México.
28. Salinas JG (1983) Necesidad de mejorar los procedimientos de evaluación del fosforo en suelos ácidos e infértiles de América tropical. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Programa de Pastos Tropicales. 29 p.
29. Singh UM, Sareen P, Sengar RS, Kumar A (2013) Plant ionomics: a newer approach to study mineral transport and its regulation. *Acta Physiol. Plant* 35: 2641-2653.
30. Vitousek PM, Farrington H (1997) Nutrient limitation and soil development: Experimental test of a biogeochemical theory. *Biogeochemistry*. 37: 63–75.

Conclusiones generales

Se encontró una relación positiva entre especies vegetales y las determinadas propiedades del suelo, como el calcio, que tiende a ser uno de los nutrimentos más importantes para las plantas, aunque debido a su mínima cantidad, sería un factor limitante que únicamente beneficia a los gramínoles y las especies mejor adaptadas para el ambiente estresante de la sabana.

El pH de Pol Yuc no fue tan ácido, por lo que podría estar alterado por la selva circundante, aunque no se sabe si su antigüedad podría estar determinando su estado actual, o son otros factores los que lo establecen.

Sólo el Na mostró una relación marcada respecto a la diferencia de ambas temporadas, siendo el que tuvo una correlación con la vegetación durante la temporada de lluvias en las dos sabanas, y ausente en la temporada de secas, esto debido a la reacción que tiene con el agua.

El calcio permitió que plántulas de plantas arbóreas tuvieran mayor presencia en la sabana de Pol Yuc, reduciendo la acidez del suelo, aunque no en la cantidad suficiente para un reemplazamiento completo de la flora, que sigue dominado por los gramínoles.

ANEXOS

Anexo 1. Especies registradas en los muestreos con sus respectivas familias. Se encuentran divididas de acuerdo a la sabana y a la temporada.

Chacho Lugo lluvias		Pol Yuc lluvias	
Iridaceae	<i>Cipura paludosa</i>	Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>
Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>	Rubiaceae	<i>Borreria suaveolens</i>
Convolvulaceae	<i>Evolvulus nummularius</i>	Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis caribaea</i>	Euphorbiaceae	<i>Croton bahamensis</i>
Malvaceae	<i>Melochia villosa</i>	Fabaceae	<i>Desmodium</i>
Rubiaceae	<i>Morinda royoc</i>	Poaceae	<i>Echinochloa colonum</i>
	<i>Paspalum coryphaeum</i>	Alismataceae	<i>Echinodorus nymphaeifolius</i>
Poaceae	<i>Paspalum plicatulum</i>	Fabaceae	<i>Havardia albicans</i>
	<i>Paspalum virgatum</i>		<i>Haematoxylum campechianum</i>
Passifloraceae	<i>Piriqueta cistoides</i>	Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis caribaea</i>
Cyperaceae	<i>Rhynchospora holoeschenooides</i>	Convulvulaceae	<i>Ipomoea pinnatifida</i>
Cyperaceae	<i>Scleria eggersiana</i>		<i>Ipomoea triloba</i>
Poaceae	<i>Sorghastrum setosum</i>	Poaceae	<i>Leersia hexandra</i>
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta angustifolia</i>		<i>Leptochloa virgata</i>
Sterculiaceae	<i>Waltheria americana</i>	Fabaceae	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
			<i>Panicum laxum</i>
		Poaceae	<i>Paspalum plicatulum</i>
			<i>Paspalum virgatum</i>
		Cyperaceae	<i>Rhynchospora holoeschenooides</i>
			<i>Scleria eggersiana</i>
		Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i>
		Poaceae	<i>Setaria glauca</i>
		Verbenaceae	<i>Stachytarpheta angustifolia</i>
		Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i>
Chacho Lugo sequía		Pol Yuc sequía	
Scrophulariaceae	<i>Angelonia ciliates</i>	Malvaceae	<i>Abutilon</i>
Poaceae	<i>Buchnera americana</i>	Fabaceae	<i>Acacia milleriana</i>
	Cyperaceae	Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	Capparaceae	<i>Capparis aculeata</i>
Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>
	<i>Leptocaulis</i>	Tiliaceae	<i>Corchorus siliculosus</i>
Malvaceae	<i>Melochia villosa</i>	Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>
Rubiaceae	<i>Morinda yucatanensis</i>	Euphorbiaceae	<i>Croton reflexitoliis</i>
	Orchidaceae	Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>
Poaceae	<i>Paspalum plicatulum</i>		<i>Desmanthus virgatus</i>
	<i>Paspalum virgatum</i>	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea</i>
Passifloraceae	<i>Piriqueta cistoides</i>	Fabaceae	<i>Havardia albicans</i>
Polygalaceae	<i>Polygala</i>		<i>Haematoxylum campechianum</i>
Myrtaceae	<i>Psidium guyanense</i>	Lamiaceae	<i>Hyptis hispijera</i>
Cyperaceae	<i>Rhynchospora holoeschenooides</i>	Convulvulaceae	<i>Jacquemontia</i>
Gentianaceae	<i>Schultesia guyanensis</i>	Malvaceae	<i>Malachra</i>
Cyperaceae	<i>Scleria eggersiana</i>		<i>Melochia villosa</i>
Poaceae	<i>Sorghastrum setosum</i>	Rubiaceae	<i>Morinda royoc</i>
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta angustifolia</i>	Poaceae	<i>Panicum laxum</i>
Sterculiaceae	<i>Waltheria americana</i>		<i>Paspalum plicatulum</i>
		Passifloraceae	<i>Piriqueta cistoides</i>
		Cyperaceae	<i>Rhynchospora holoeschenooides</i>
			<i>Scleria bracteata</i>
		Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i>
		Malvaceae	<i>Sida linifolia</i>
		Solanaceae	<i>Solanum</i>
		Poaceae	<i>Sorghastrum setosum</i>
		Sterculiaceae	<i>Waltheria indica</i>
		Salicaceae	<i>Xylosma flexuosum</i>

ANEXO 2. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las especies vegetales en Chacho Lugo temporada de lluvias obtenido con el análisis de correlación canónica (CORCAN) en el software estadístico XLSTAT. Los números en rojo son las relaciones más marcadas que se registraron.

Variables	pH	CE	ReDox	C	P	Na	K	Ca	Cp	Dg	En	Hc	Mv	Mr	Pp	Pc	Pv	Pcis	Rh	Se	Sc	Sa	Wa
pH	1	-0.409	-0.504	-0.742	-0.354	0.283	0.057	0.816	0.281	0.373	0.076	0.136	0.042	0.528	-0.506	0.412	0.076	0.022	0.167	-0.396	0.002	0.070	0.103
CE	-0.409	1	0.467	0.463	-0.100	0.195	0.242	-0.378	-0.233	-0.109	0.215	-0.088	-0.069	-0.329	-0.038	0.084	0.215	0.066	0.122	0.047	-0.018	-0.017	-0.089
ReDox	-0.504	0.467	1	0.366	0.255	-0.195	0.089	-0.361	-0.327	-0.162	0.057	-0.402	0.178	-0.394	0.245	-0.119	0.057	-0.242	-0.084	0.458	0.081	-0.009	0.005
C	-0.742	0.463	0.366	1	0.087	0.047	0.242	-0.470	-0.010	-0.341	-0.071	0.000	-0.096	-0.419	0.345	-0.311	-0.071	0.061	0.055	0.183	-0.149	-0.183	-0.266
P	-0.354	-0.100	0.255	0.087	1	-0.153	-0.448	-0.308	-0.098	-0.103	-0.050	-0.116	-0.139	-0.112	0.185	-0.149	-0.050	-0.071	-0.208	0.459	-0.128	-0.057	-0.050
Na	0.283	0.195	-0.195	0.047	-0.153	1	0.373	0.335	0.182	-0.067	-0.185	0.025	-0.031	0.152	-0.489	0.376	-0.185	0.063	0.395	-0.276	-0.129	0.078	0.000
K	0.057	0.242	0.089	0.242	-0.448	0.373	1	0.102	-0.036	-0.130	-0.272	-0.125	0.174	-0.007	-0.142	0.189	-0.272	-0.253	0.322	-0.201	0.321	-0.090	0.011
Ca	0.816	-0.378	-0.361	-0.470	-0.308	0.335	0.102	1	0.444	0.319	0.040	0.152	0.123	0.502	-0.428	0.211	0.040	0.164	0.110	-0.499	0.020	-0.102	0.015
<i>Cipura paludosa</i>	0.281	-0.233	-0.327	-0.010	-0.098	0.182	-0.036	0.444	1	0.518	-0.068	0.586	-0.048	0.386	-0.003	-0.171	-0.068	0.491	0.047	-0.098	-0.074	-0.079	-0.068
<i>Dalbergia glabra</i>	0.373	-0.109	-0.162	-0.341	-0.103	-0.067	-0.130	0.319	0.518	1	0.404	0.204	-0.033	0.242	-0.199	0.177	0.404	0.240	0.016	-0.103	0.052	-0.004	0.404
<i>Evolvulus nummularius</i>	0.076	0.215	0.057	-0.071	-0.050	-0.185	-0.272	0.040	-0.068	0.404	1	-0.081	-0.097	-0.078	-0.096	-0.103	1.000	-0.050	0.077	-0.050	0.116	-0.040	-0.034
<i>Hymenocallis caribaea</i>	0.136	-0.088	-0.402	0.000	-0.116	0.025	-0.125	0.152	0.586	0.204	-0.081	1	-0.038	0.274	-0.061	-0.242	-0.081	0.465	-0.166	-0.116	-0.061	0.440	-0.081
<i>Melochia villosa</i>	0.042	-0.069	0.178	-0.096	-0.139	-0.031	0.174	0.123	-0.048	-0.033	-0.097	-0.038	1	-0.150	-0.017	0.112	-0.097	-0.139	-0.126	-0.139	0.020	-0.052	0.266
<i>Morinda royoc</i>	0.528	-0.329	-0.394	-0.419	-0.112	0.152	-0.007	0.502	0.386	0.242	-0.078	0.274	-0.150	1	-0.188	0.207	-0.078	0.309	-0.010	-0.112	-0.094	-0.090	-0.078
<i>Paspalum plicatulum</i>	-0.506	-0.038	0.245	0.345	0.185	-0.489	-0.142	-0.428	-0.003	-0.199	-0.096	-0.061	-0.017	-0.188	1	-0.535	-0.096	-0.074	-0.386	0.268	-0.307	-0.067	-0.232
<i>Paspalum coryphaeum</i>	0.412	0.084	-0.119	-0.311	-0.149	0.376	0.189	0.211	-0.171	0.177	-0.103	-0.242	0.112	0.207	-0.535	1	-0.103	-0.149	0.303	-0.149	-0.150	0.000	0.619
<i>Paspalum virgatum</i>	0.076	0.215	0.057	-0.071	-0.050	-0.185	-0.272	0.040	-0.068	0.404	1.000	-0.081	-0.097	-0.078	-0.096	-0.103	1	-0.050	0.077	-0.050	0.116	-0.040	-0.034
<i>Piriqueta cistoides</i>	0.022	0.066	-0.242	0.061	-0.071	0.063	-0.253	0.164	0.491	0.240	-0.050	0.465	-0.139	0.309	-0.074	-0.149	-0.050	1	-0.209	-0.071	-0.128	-0.057	-0.050
<i>Rhynchospora holoeschenoides</i>	0.167	0.122	-0.084	0.055	-0.208	0.395	0.322	0.110	0.047	0.016	0.077	-0.166	-0.126	-0.010	-0.386	0.303	0.077	-0.209	1	-0.145	0.132	-0.116	-0.101
<i>Scleria eggersiana</i>	-0.396	0.047	0.458	0.183	0.459	-0.276	-0.201	-0.499	-0.098	-0.103	-0.050	-0.116	-0.139	-0.112	0.268	-0.149	-0.050	-0.071	-0.145	1	-0.128	-0.057	-0.050
<i>Sorghastrum setosum</i>	0.002	-0.018	0.081	-0.149	-0.128	-0.129	0.321	0.020	-0.074	0.052	0.116	-0.061	0.020	-0.094	-0.307	-0.150	0.116	-0.128	0.132	-0.128	1	-0.001	-0.089
<i>Stachytarpheta angustifolia</i>	0.070	-0.017	-0.009	-0.183	-0.057	0.078	-0.090	-0.102	-0.079	-0.004	-0.040	0.440	-0.052	-0.090	-0.067	0.000	-0.040	-0.057	-0.116	-0.057	-0.001	1	0.131
<i>Waltheria americana</i>	0.103	-0.089	0.005	-0.266	-0.050	0.000	0.011	0.015	-0.068	0.404	-0.034	-0.081	0.266	-0.078	-0.232	0.619	-0.034	-0.050	-0.101	-0.050	-0.089	0.131	1

ANEXO 3. Tabla de correlación entre las variables ambientales del suelo y las especies vegetales en Chacho Lugo secas obtenido con el análisis de correlación canónica (CORCAN) en el software estadístico XLSTAT. Los números en rojo son las relaciones más marcadas que se registraron.

Variables	pH	CE	Redox	C	P	Na	K	Ca	Ac	Ba	C	Cc	Dg	L	Mv	My	O	Pp	Pcis	P	Py	Rh	Sg	Se	Pv	Ss	Sa	Wa	
pH	1	-0.545	-0.068	-0.300	-0.092	0.247	0.012	0.146	0.208	0.623	0.002	0.623	0.246	0.100	-0.130	-0.012	-0.080	0.231	0.082	0.100	-0.098	0.244	-0.122	0.206	-0.092	-0.122	0.393	-0.150	
CE	-0.545	1	-0.151	0.248	-0.072	0.198	-0.055	0.063	-0.010	-0.286	0.160	-0.286	-0.078	-0.026	0.333	-0.053	0.108	0.047	-0.030	-0.026	-0.109	-0.376	0.141	-0.273	0.079	0.169	-0.178	-0.089	
Redox	-0.068	-0.151	1	0.250	-0.559	0.070	0.057	-0.090	0.154	0.032	0.022	0.032	0.129	0.055	0.005	0.267	0.174	-0.517	0.095	0.055	-0.052	0.188	-0.101	0.016	-0.390	-0.397	-0.067	0.378	
C	-0.300	0.248	0.250	1	-0.134	-0.238	0.291	-0.007	0.090	-0.290	-0.147	-0.290	-0.201	0.109	0.119	-0.156	-0.121	-0.304	-0.239	0.109	0.350	-0.126	-0.212	-0.029	-0.101	-0.075	-0.130	0.272	
P	-0.092	-0.072	-0.559	-0.134	1	-0.200	-0.207	-0.180	-0.050	-0.034	-0.052	-0.034	0.081	-0.034	-0.122	-0.116	-0.062	0.096	0.091	-0.034	-0.034	-0.106	-0.095	-0.050	0.693	-0.047	-0.089	-0.034	
Na	0.247	0.198	0.070	-0.238	-0.200	1	-0.152	0.119	0.009	0.269	-0.066	0.269	0.447	0.006	0.242	0.486	-0.072	0.052	-0.083	0.006	-0.353	0.087	0.086	-0.044	-0.048	0.029	0.179	0.141	
K	0.012	-0.055	0.057	0.291	-0.207	-0.152	1	0.778	-0.128	-0.057	0.057	-0.057	-0.143	0.042	0.165	0.005	-0.136	-0.112	0.079	0.042	0.730	-0.025	-0.048	0.309	-0.308	-0.117	-0.058	0.154	
Ca	0.146	0.063	-0.090	-0.007	-0.180	0.119	0.778	1	-0.059	0.098	0.207	0.098	0.097	0.020	0.073	0.154	-0.214	0.096	0.184	0.020	0.694	-0.099	0.034	0.179	-0.186	-0.138	-0.066	-0.020	
<i>Angelonia ciliaries</i>	0.208	-0.010	0.154	0.090	-0.050	0.009	-0.128	-0.059	1	-0.050	-0.075	-0.050	0.049	0.695	-0.176	-0.093	-0.089	-0.179	0.270	0.695	-0.050	-0.049	-0.137	-0.072	0.126	-0.068	0.281	-0.050	
<i>Buchnera americana</i>	0.623	-0.286	0.032	-0.290	-0.034	0.269	-0.057	0.098	-0.050	1	-0.052	1.000	0.453	-0.034	-0.122	0.190	0.248	-0.051	-0.104	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.095	-0.050	-0.114	-0.047	0.236	-0.034
<i>Cyperaceae</i>	0.002	0.160	0.022	-0.147	-0.052	-0.066	0.057	0.207	-0.075	-0.052	1	-0.052	0.289	-0.052	-0.034	-0.049	-0.094	0.347	0.618	-0.052	-0.052	0.058	-0.066	-0.020	-0.146	-0.071	-0.158	-0.052	
<i>Crescentia cujete</i>	0.623	-0.286	0.032	-0.290	-0.034	0.269	-0.057	0.098	-0.050	1.000	-0.052	1	0.453	-0.034	-0.122	0.190	0.248	-0.051	-0.104	-0.034	-0.034	-0.034	-0.034	-0.095	-0.050	-0.114	-0.047	0.236	-0.034
<i>Dalbergia glabra</i>	0.246	-0.078	0.129	-0.201	0.081	0.447	-0.143	0.097	0.049	0.453	0.289	0.453	1	-0.105	-0.028	0.454	-0.022	0.069	0.312	-0.105	-0.105	-0.162	-0.034	-0.154	0.304	0.025	0.172	0.360	
<i>Leptocaulis</i>	0.100	-0.026	0.055	0.109	-0.034	0.006	0.042	0.020	0.695	-0.034	-0.052	-0.034	-0.105	1	-0.122	-0.014	-0.062	-0.110	0.091	1.000	-0.034	-0.034	-0.095	-0.050	-0.114	-0.047	-0.008	-0.034	
<i>Melochia villosa</i>	-0.130	0.333	0.005	0.119	-0.122	0.242	0.165	0.073	-0.176	-0.122	-0.034	-0.122	-0.028	-0.122	1	0.151	0.385	-0.123	-0.230	-0.122	0.061	-0.004	0.017	0.089	-0.120	-0.167	-0.087	-0.122	
<i>Morinda yucatanensis</i>	-0.012	-0.053	0.267	-0.156	-0.116	0.486	0.005	0.154	-0.093	0.190	-0.049	0.190	0.454	-0.014	0.151	1	-0.116	-0.240	0.170	-0.014	-0.014	0.115	0.441	0.129	0.054	-0.065	0.157	0.292	
<i>Orchidaceae</i>	-0.080	0.108	0.174	-0.121	-0.062	-0.072	-0.136	-0.214	-0.089	0.248	-0.094	0.248	-0.022	-0.062	0.385	-0.116	1	-0.179	-0.186	-0.062	-0.062	-0.104	-0.171	-0.090	-0.205	-0.084	-0.015	-0.062	
<i>Paspalum plicatulum</i>	0.231	0.047	-0.517	-0.304	0.096	0.052	-0.112	0.096	-0.179	-0.051	0.347	-0.051	0.069	-0.110	-0.123	-0.240	-0.179	1	0.062	-0.110	-0.110	-0.120	0.095	-0.199	0.037	0.197	0.078	-0.139	
<i>Piriqueta cistoides</i>	0.082	-0.030	0.095	-0.239	0.091	-0.083	0.079	0.184	0.270	-0.104	0.618	-0.104	0.312	0.091	-0.230	0.170	-0.186	0.062	1	0.091	-0.104	0.007	-0.071	0.389	0.073	-0.141	0.280	0.091	
<i>Poligala</i>	0.100	-0.026	0.055	0.109	-0.034	0.006	0.042	0.020	0.695	-0.034	-0.052	-0.034	-0.105	1.000	-0.122	-0.014	-0.062	-0.110	0.091	1	-0.034	-0.034	-0.095	-0.050	-0.114	-0.047	-0.008	-0.034	
<i>Psidium guyanense</i>	-0.098	-0.109	-0.052	0.350	-0.034	-0.353	0.730	0.694	-0.050	-0.034	-0.052	-0.034	-0.105	-0.034	0.061	-0.014	-0.062	-0.110	-0.104	-0.034	1	-0.106	-0.095	0.087	-0.114	-0.047	-0.171	-0.034	
<i>Rhynchospora holoeschenooides</i>	0.244	-0.376	0.188	-0.126	-0.106	0.087	-0.025	-0.099	-0.049	-0.034	0.058	-0.034	-0.162	-0.034	-0.004	0.115	-0.104	-0.120	0.007	-0.034	-0.106	1	0.087	0.124	-0.183	-0.144	0.066	-0.106	
<i>Schultesia guyanensis</i>	-0.122	0.141	-0.101	-0.212	-0.095	0.086	-0.048	0.034	-0.137	-0.095	-0.066	-0.095	-0.034	-0.095	0.017	0.441	-0.171	0.095	-0.071	-0.095	-0.095	0.087	1	-0.139	0.186	0.000	0.045	-0.095	
<i>Scleria eggersiana</i>	0.206	-0.273	0.016	-0.029	-0.050	-0.044	0.309	0.179	-0.072	-0.050	-0.020	-0.050	-0.154	-0.050	0.089	0.129	-0.090	-0.199	0.389	-0.050	0.087	0.124	-0.139	1	-0.087	-0.068	0.430	-0.050	
<i>Paspalum virgatum</i>	-0.092	0.079	-0.390	-0.101	0.693	-0.048	-0.308	-0.186	0.126	-0.114	-0.146	-0.114	0.304	-0.114	-0.120	0.054	-0.205	0.037	0.073	-0.114	-0.114	-0.183	0.186	-0.087	1	0.119	0.068	0.088	
<i>Sorghastrum setosum</i>	-0.122	0.169	-0.397	-0.075	-0.047	0.029	-0.117	-0.138	-0.068	-0.047	-0.071	-0.047	0.025	-0.047	-0.167	-0.065	-0.084	0.197	-0.141	-0.047	-0.047	-0.144	0.000	-0.068	0.119	1	0.284	-0.047	
<i>Stachytarpheta angustifolia</i>	0.393	-0.178	-0.067	-0.130	-0.089	0.179	-0.058	-0.066	0.281	0.236	-0.158	0.236	0.172	-0.008	-0.087	0.157	-0.015	0.078	0.280	-0.008	-0.171	0.066	0.045	0.430	0.068	0.284	1	0.154	
<i>Waltheria americana</i>	-0.150	-0.089	0.378	0.272	-0.034	0.141	0.154	-0.020	-0.050	-0.034	-0.052	-0.034	0.360	-0.034	-0.122	0.292	-0.062	-0.139	0.091	-0.034	-0.034	-0.106	-0.095	-0.050	0.088	-0.047	0.154	1	

