



UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**COMPOSICIÓN FLORÍSTICA, ESTRUCTURA Y
CONDICIONES EDÁFICAS DE LOS ARBUSTALES DEL
CAYO TORTUGUILLO OESTE DE ISLA LA TORTUGA
(VENEZUELA)**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el bachiller Rossana Katherine
Mendoza Gamboa como requisito
parcial para optar al título de
Licenciado en Biología.
Tutor(a): Dra. María Beatriz Barreto

CARACAS, VENEZUELA
MAYO – 2014

DEDICATORIA

A LA MUJER MÁS IMPORTANTE Y ESPECIAL DE MI VIDA,

A MI MAMA.

ROSARITO GAMBOA PEÑA.

TE AMO!!!!

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceras GRACIAS a mi tutora, Dra. María Beatriz Barreto, por brindarme la oportunidad de trabajar en su laboratorio, por aceptar la responsabilidad de ser la persona guía en esta etapa, por permitirme elaborar este trabajo. Gracias por cada una de sus enseñanzas siempre las tendré presente.

A mi querida amiga, Lic. María de los Ángeles Marrero por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera, en especial en este trabajo. Desde que te conocí, me has ayudado a creer en mí, en que sí puedo lograr lo que me proponga, que no importa lo que pase, siempre se podrá resolver y salir adelante. De corazón, infinitas Gracias, por estar hasta el último momento. Te adoro.

Al Licenciado Eduardo Barreto por su gran esfuerzo en la etapa de campo, por sus enseñanzas en el laboratorio y por su gran apoyo y aporte en esta investigación. Gracias!

A la Profesora Dra. Lourdes Suárez, por su entera y amable disposición ante cualquier duda estadística, por su apoyo en la etapa de campo y por creer en mí desde que curse bioestadística. Gracias!

Al equipo de trabajo que me acompañó en el muestreo, Ingeniero Ricardo Barreto, Lic. Santiago Marrero, Br. Carlos Alvarado y Br. Mónica Gibiaqui. Gracias por su apoyo!

A el Laboratorio de Absorción Atómica del Instituto de Ciencias de la Tierra. UCV por su colaboración en los análisis químicos.

A mis tíos Lic. María Zuleima Mendoza y al Gral. José Adelino Ornelas por su apoyo en la logística de la salida de campo.

A mi señora madre Rosarito Gamboa por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, gracias por impulsarme en cada meta propuesta como lo fue este trabajo.

Al Lic. Miguel Ángel Rangel por su apoyo a lo largo de mi vida, por inculcarme desde niña a amar a los estudios.

A Victoria Navas, Dolly Montaña, Farilyn Vivas, Waleska Casañas, Jenny de Almeida, Wolfgang Vivas, Luis Farías por acompañarme a lo largo de la carrera y por su apoyo. Los quiero!

RESUMEN

En los cayos de la isla La Tortuga ubicada al sur del mar Caribe la vegetación distintiva, está constituida por herbazales y arbustales asociados a sustratos calcáreos y arenosos. La vegetación dominante y de mayor extensión en las dunas del cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga son los arbustales. El aerosol marino y el viento son factores determinantes en la disposición y composición florística de la vegetación de dunas arenosas costeras. Investigaciones en este tipo de ecosistemas (principalmente en la Costa del Golfo de México) han encontrado que los factores edáficos como la textura del suelo, el pH, la salinidad, y la disponibilidad de nutrientes entre otros, junto con la geomorfología del sitio determinan la zonación de la vegetación. Debido a la importancia de estos ecosistemas y a la limitada información disponible en el país, se propuso evaluar en el presente trabajo la composición florística, la estructura y algunas variables edáficas de los arbustales en el cayo Tortuguillo Oeste de isla La Tortuga. En los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste fueron definidas 12 unidades de vegetación, en las cuales se cuantificó la cobertura y altura de las especies de hábito arbustivo y la cobertura de especies de hábito herbáceo. Asimismo fueron cuantificadas diferentes variables edáficas como: salinidad, pH, conductividad específica, textura, densidad aparente, porcentaje de materia orgánica y cationes mayoritarios. En el cayo Tortuguillo Oeste, la composición florística fue de 16 especies, 6 de tipo arbustivo y 10 de hábito herbáceo. Los valores de las variables edáficas cuantificadas fueron homogéneos a lo largo de las 12 unidades. La asociación de la composición florística con las variables del sustrato fue de un 30%. Otros factores abióticos no considerados en este estudio, como la topografía, disponibilidad de nutrientes y de agua, o interacciones bióticas podrían explicar la dinámica de este sistema de dunas arenosas costeras. En base a la cobertura de las especies se logró definir dos grandes zonas, la primera zona ubicada en la zona sur-este y sur del cayo, denominada zona de duna-móvil, presentando a *Scaevola plumieri* como la especie dominante, y la zona de duna-estable, comprendida por el resto del cayo, con *Crossopetalum rhacoma* como dominante.

INDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	i
INTRODUCCION	1
MARCO TEÓRICO	3
Ambientes de dunas costeras	3
Vegetación	3
Composición florística	4
Factores que afectan la vegetación de dunas costeras a nivel local	5
Interacciones bióticas	5
Factores abióticos	7
ANTECEDENTES	12
OBJETIVOS	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
AREA DE ESTUDIO	15
METODOLOGÍA	18
Muestreo	18
Cuantificación de los atributos estructurales de la vegetación.....	18
Suelo	19
Análisis de laboratorio.....	19

Análisis estadísticos	25
RESULTADOS	27
Composición florística (Arbustos)	27
Composición florística (Hierbas)	32
Atributos estructurales de los arbustales: Cobertura y Altura	48
Cobertura.....	48
Altura	52
Distribución de clases de tamaño de los arbustos	52
Clases de cobertura	52
Clases de Altura	53
Condiciones edáficas de cayo Tortuguillo Oeste	55
Correlación de variables físico-químicas de cayo Tortuguillo Oeste.....	57
Asociación de la composición florística con las propiedades físico-químicas de los suelos de cayo Tortuguillo Oeste.....	58
DISCUSIÓN	62
Composición florística	62
Atributos estructurales de los arbustales: Cobertura y Altura	63
Cobertura	63
Altura	65
Condiciones edáficas de los arbustales	67
Relación de las condiciones edáficas y atributos estructurales de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste	68
CONSIDERACIONES FINALES	71
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	81

INDICE DE TABLAS

Tabla

1. Especies censadas en el cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga	45
2. Cobertura de las especies de hierbas en el cayo Tortuguillo Oeste	49
3. Cobertura y Altura de las especies de arbustos en el cayo Tortuguillo Oeste	50
4. Estadística del Anova no paramétrico Kruskal-Wallis para la cobertura de las especies de arbustos en el cayo Tortuguillo Oeste	50
5. Cobertura por unidad de las especies de arbustos en el cayo Tortuguillo Oeste	51
6. Condiciones edáficas de los arbustales en el cayo Tortuguillo Oeste	57
7. Variables ambientales seleccionadas en el modelo de RDA y los valores del factor de inflación de la varianza	59

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Área de estudio	17
2. Detalle del cayo Tortuguillo Oeste. Unidades definidas y puntos de muestreos	20
3. Disposición espacial de las cuadratas para la estimación de los atributos estructurales de los arbustales	21
4. Medición de pH y conductividad específica	22
5. Determinación de textura	23
6. Determinación del porcentaje de humedad y materia orgánica	24

7. Determinación de cationes	25
8. Arbustales del cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga	38
9. Especies de plantas en los arbustales: <i>C. rhacoma</i> , <i>E. fruticosa</i> y <i>J. armillaris</i>	39
10. Especies de plantas en los arbustales: <i>S. maritima</i> , <i>S. plumieri</i>	40
11. Especies de plantas en los arbustales: <i>C. biflora</i> , <i>C. mesembrianthemifolia</i> , <i>C. hirsutus</i>	41
12. Especies de plantas en los arbustales: <i>C. echinatus</i> , <i>C. planifolius</i> , <i>E. ciliaris</i>	42
13. Especies de plantas en los arbustales: <i>S. virginicus</i> , <i>S. pyramidatus</i> , <i>Alternantera sp.</i>	43
14. Especies de plantas en los arbustales: <i>S. portulacastrum</i> , <i>Ditaxis sp</i>	44
15. Histogramas de frecuencia de cobertura de especies arbustivas	54
16. Histogramas de frecuencia de altura de las especies arbustivas	55
17. Análisis de componentes principales de las variables edáficas	60
18. Análisis de Redundancia Canónica	61
19. Cobertura total de las especies de arbustos	64
20. Representación de las zonas encontradas en el cayo Tortuguillo Oeste ...	70

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de dunas costeros son acumulaciones de arena que miden desde unos centímetros, hasta un sistema masivo de colinas de arena ondulantes (Moreno-Casasola y Travieso, 2006; Martínez y col., 2008). Se han formado fundamentalmente por la acción eólica, que levanta y deposita los granos de arena (Ranwell, 1972). Están caracterizados por ser altamente dinámicos (Kim y Yu, 2009) y por presentar fuertes gradientes ambientales que determinan la coexistencia de diferentes comunidades de plantas en un área relativamente pequeña (Ranwell, 1972; Barbour y col., 1985; Wilson y Sykes, 1999; Frederiksen y col., 2006).

La vegetación distintiva de los ambientes de dunas arenosas costeras son los herbazales y arbustales. Los últimos se caracterizan por presentar individuos de bajo porte, en respuesta a las condiciones imperantes como lo son: el aerosol salino y vientos sostenidos (Moreno-Casasola, 1988; Espejel, 1992; Wilson y Sykes, 1999; Medina y col., 2008; Medina y col., 2012). La cobertura de la vegetación varía en función del clima. En zonas de clima sub-húmedo la cobertura puede ser continua (Godfrey, 1985), mientras que en climas áridos la cobertura es muy baja.

La composición florística de ambientes de dunas arenosa, en general, es rica y diversa (Martínez y Valverde, 1992; Moreno-Casasola y Castillo, 1992; Moreno-Casasola; 2004). Sin embargo, trabajos realizados en las dunas de la costa Venezolana, específicamente en la Península de Paraguaná, reportan un bajo número de especies de plantas en este tipo de sistemas (Alarcon y Cuenca, 2005; Colmenares, 2009).

La mayoría de las dunas arenosas costeras se componen de cuarzo y feldespato, aunque también pueden estar compuestas de yeso, carbonato, y de arena volcániclaística, así como gránulos de arcilla (Lancaster, 2009). Los suelos de las zonas costeras de Venezuela en su mayor extensión se caracterizan por ser de tipo arenoso (Medina y col., 2008), pueden ser silíceos o calcáreos, los primeros están formados predominantemente por granos aislados de minerales tales como los silicatos, mientras que los calcáreos están dominados por minerales como la calcita

y la dolomita y cantidades menores de materiales calcáreos producidos por los organismos marinos como fragmentos de conchas, corales y restos de algas calcáreas. Comparado con la mayoría de los suelos, los suelos de las zonas costeras tienen muy bajos niveles de compuestos de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes (Ripley y Pammenter, 2005; Moreno-Casasola, 2006; Gilbert y col., 2008).

En las Islas del Caribe de Venezuela, cuyo régimen de precipitación promedio anual está alrededor de los 320 mm (Estación la Orchila, INAMEH), la lluvia es la única fuente que provee de agua dulce a las especies de plantas presentes. Aunado a la naturaleza arenosa de los suelos con baja capacidad de retención y el efecto del aerosol salino las comunidades de plantas en estos ambientes están sometidas a tensiones como la sequía y la salinidad (Crawford, 1989). Algunas de las adaptaciones fisiológicas de estas plantas que permiten su mantenimiento son el ajuste osmótico y la presión de turgencia en hojas y estomas (Bradford y Hsiao, 1982; Tyree y Jarvis, 1982; Pavilk, 1984).

La compleja relación entre geomorfología, suelo y vegetación es un factor clave en la formación de patrones y procesos ecológicos (Swanson y col., 1988). En las comunidades de plantas de dunas costeras en general, la salinidad es el factor que determina la zonación y disposición de la vegetación (Willis y col., 1959; Sauer, 1976; Barbour y col., 1985; Doing, 1985). Las variables del suelo como pH, materia orgánica, humedad y nutrientes, también juegan un rol importante en la disposición de la vegetación de dunas (Oosting y Billings, 1942; Olson, 1958; Holton y Johnson, 1979).

Debido a la importancia de estos ecosistemas y a la limitada información disponible en el país sobre las comunidades de plantas de dunas arenosas en islas, se propone evaluar en el presente trabajo la composición florística, estructura y la asociación con variables del suelo en un cayo arenoso calcáreo dominado por arbustales.

MARCO TEÓRICO

Ambientes de dunas costeras

Vegetación

La vegetación de las playas y dunas arenosas está formada por especies pioneras, hierbas, gramíneas y arbustos. La estructura puede ser, con el dosel abierto o cerrado, de hábito espinoso o inerme o de porte alto o bajo; frecuentemente se intercalan formando un patrón espacial de zonas o mosaicos (Moreno-Casasola, 2004).

Los atributos más utilizados para la caracterización estructural fisionómica-florística de la vegetación son: densidad o número de individuos según la superficie de muestreo, la altura, la cobertura (%), CAP (circunferencia a la altura del pecho) o DAP (diámetro a la altura del pecho) (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974).

En los ambientes de dunas costeras, diversos autores han descrito la existencia de procesos sucesionales (Doing, 1985; Olf y col. 1992; Franks, 2003; Lubke, 2004; Maun, 2009). Moreno-Casasola en el 2004 reporta que cuando ocurre la estabilización de la arena de la duna, la vegetación de pioneras es reemplazada poco a poco, el ambiente es más estable y existe mayor cobertura de la vegetación, debido a que el movimiento de arena es menor y en general las condiciones son menos drásticas.

La vegetación de plantas pioneras está formada por especies herbáceas y arbustivas, tolerantes a las condiciones drásticas que imperan en las zonas más móviles del sistema, donde hay mayor movimiento de arena (erosión o acumulación), altas fluctuaciones de la temperatura de la arena, de la salinidad, del aerosol marino, la salinidad edáfica y el viento (Moreno-Casasola, 2004; Maun, 2009). La mayoría de estas especies presentan poco crecimiento vertical y son de hábito postrado (Trópicos, en línea).

Composición florística de las dunas costeras

La flora de las playas y dunas arenosas en general no es reconocida como una flora distinta, sin embargo, tiene especies que son características (Moreno-Casasola, 2004). Las especies de los sistemas de dunas arenosas costeras se caracteriza por presentar una distribución pantropical (Araujo y Pererira, 2004).

Golfo de México:

Uniola paniculata, como especies asociadas: *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomea stolonifera*, *Croton punctatus*, *Heterotheca subaxillaris*, *Chamaesyce buxifolia*, *Solidago sempervirens*, *Suriana maritima*, *Tournefortia gnaphalodes*, *Waltheria indica* (Stalter ,1993).

América Central, Cuba y Brasil:

Sporobolus virginicus, *Panicum racemosum*, *Mariscus pedunculatus* como especies asociadas: *Ipomea pes-caprae*, *Ipomea stolonifera*, *Croton punctatus*, *Sesuvium portulacastrum*, *Palafoxia lindenii*, *Scaevola plumieri*, *Chamaescrista chamaecristoides*, *Trachypogon gouini*, *Canavalia rosea*, *Canavalia maritima*, *Abronia maritima*, *Jouvea pilosa* y *Jacquinia armillaris* (Moreno-Casasola, 1993; Borhidi, 1993; De Lacerda y col., 1993; Carnevali y col., 2003; Araujo y Pereira ,2004; Espejel, 2013).

Las Bahamas:

Ambrosia hispida; *Atriplex pentandra*; *Borrchia arborescens*; *Cakile lanceolata*; *Cenchrus incertus*; *Casasia clusiifolia*.; *Cyperus planifolius*.; *Eragrostis ciliaris*.; *Erithalis* sp.; *Chamaesyce mesembrianthemifolia*.; *Heliotropium nashii*; *Mallotonia gnaphalodes*; *Opuntia stricta dillenii*; *Passiflora pectinata*; *Sesuvium portulacastrum*; *Sporobolus virginicus*; *Suriana marítima* y *Uniola paniculata* (McCartney, 1985).

Venezuela:

Para la costa caribeña de Venezuela han sido reconocidas 97 especies, las cuales se encuentran bajo la influencia del aerosol marino y agua intersticial, pueden crecer en suelos arenosos, inestables, actuando frecuentemente como formadoras y fijadoras de dunas (Medina y col, 2012). Dentro de este grupo, las especies que se encuentran en el sistema de dunas arenosas de Isla La Tortuga y sus cayos asociados son: *Sesuvium portulacastrum*, *Batis maritima*, *Cyperus planifolius*, *Chamaesyce mesembrianthemifolia*, *Scaevola plumieri*, *Corchorus hirsutus*, *Cenchrus echinatus*, *Sporobolus pyramidatus*, *Sporobolus virginicus*, *Erithalis fruticosa* y *Suriana maritima*.

Factores que afectan la vegetación de dunas costeras a nivel local

A diferentes escalas espaciales, los factores que determinan la variación en la disposición y la abundancia de especies son distintos.

La composición florística y los atributos fisionómicos-estructurales de las comunidades de dunas arenosas costeras por encontrarse en ambientes altamente dinámicos, son afectados por diversos factores: el transporte de sedimentos por efecto del viento, y, en menor grado, el efecto de la marea y del oleaje (Oosting y Billings, 1942; Ranwell, 1972; Wilson y Sykes, 1999; Espejel, 2013).

Los ambientes de dunas costeras son caracterizados por presentar una fuerte interacción entre los factores abióticos y bióticos (Fenu, 2012).

Interacciones Bióticas

La estructura y dinámica de las comunidades vegetales puede ser explicada por las interacciones bióticas entre las especies (Pickett, 1980), cuyo efecto puede ser positivo, negativo o la interacción de ambos (Martínez y García, 2004). En dunas costeras, la alta heterogeneidad ambiental genera una amplia variedad de interacciones entre plantas (Martínez y García, 2004). Entre las interacciones principales tenemos:

✓ **Competencia:**

Son pocos los estudios de competencia enfocados en sistemas de dunas costeras (Martínez y García, 2004).

Barros-Henriques y Hay (1992) han planteado que la competencia entre las especies es observada durante la sucesión temprana debido a que los recursos son limitados y la superposición de nichos es alta, mientras que Lichter (2000) llegó a la conclusión de que la sucesión en la duna puede explicarse mejor como la dinámica transitoria de la colonización y desplazamiento competitivo, más que el resultado del desarrollo gradual del suelo.

Los efectos de la competencia en las comunidades de plantas en estos sistemas son: disminución del peso de la planta, disminución de la cobertura y el crecimiento individual de las especies (Mack y Harper, 1970; Silander y Antonovics, 1982; Pemadasa y Lovell, 1974).

La competencia también podría generar restricciones en la disposición de las especies como el caso de la especie *Cakile* spp, excluida competitivamente por *Ammophila arenaria* (Barbour, 1970).

✓ **Facilitación:**

La facilitación es producida cuando el establecimiento de una planta modifica las condiciones ambientales permitiendo el establecimiento de nuevas especies (Martínez y García, 2004).

Trabajos tanto a nivel descriptivo como experimental han demostrado, que bajo el dosel de las plantas establecidas, los colonizadores tardíos muestran un mejor establecimiento de sus plántulas, debido a que la temperatura disminuye bajo el dosel y el impacto de movilidad del sustrato es menor (Martínez y García, 2004). La facilitación puede darse frecuente entre plantas anuales y perennes, e incluso entre diferentes especies (Houle, 1997).

En general, la facilitación puede ocurrir principalmente durante las primeras etapas de la sucesión, aunque también se ha observado durante estados sucesionales tardíos, cuando las dunas están cubiertas por bosques (Martínez y García, 2004).

Pocos estudios de facilitación han sido realizados en los sistemas de dunas costeras, sin embargo, se ha demostrado que estas interacciones son frecuentes en este tipo de ecosistemas (Martínez y García, 2004).

Factores Abióticos

A Igual que las interacciones bióticas afectan la estructura y dinámica de las comunidades de plantas, los factores abióticos ejercen un importante papel en la composición y disposición de la vegetación de sistemas de dunas costeras, observando zonas o mosaicos donde existe diferencias en la composición florística y/o estructura.

Los principales factores abióticos que influyen en la composición florística y fisionomía de las comunidades de dunas arenosas costeras son:

✓ El aerosol salino y la salinidad:

El estrés salino se refiere al exceso de iones en el medio ambiente, a lo largo de las costas marítimas que implica un aumento de las cantidades de los iones sodio (Na^+) y Cloruro (Cl^-) (Maun, 2009). Dicho aumento puede producirse por la depositación del aerosol salino, la inundación de la playa por el agua de mar y por la lluvia que lava la sal de las superficies de las plantas en el suelo (Maun, 2009).

Las sales pueden afectar a las plantas de dos maneras: A través de la salinidad en sus raíces, lo que lleva a la dificultad en la absorción de agua, con la toxicidad interna, o a través del aerosol salino, que daña principalmente las hojas (Wilson y Sykes, 1999).

El aerosol salino es un estrés abiótico importante que afecta a la vegetación en las proximidades de las costas marinas (Maun, 2009). Los cristales de sal provenientes del aerosol actúan como núcleos de condensación en el aire. Otro tensor ambiental en los sistemas de dunas costeras son los fuertes vientos, los cuales producen abrasión en las plantas (Maun, 2009).

Las plantas de las comunidades de ambientes de dunas arenosas costeras presentan ciertas características que les permiten tolerar los efectos del aerosol salino y la salinidad (Maun, 2009). Entre ellas tenemos bajos potenciales hídricos, ajuste osmótico y la presión de turgencia (Bradford y Hsiao, 1982; Tyree y Jarvis 1982; Pavlik, 1984), a nivel morfológico las hojas presentan variación en el grosor de la cutícula y la vellosidad, a nivel anatómico son observados cambios en la estructura de la hoja (Maun, 2009) y la incorporación de cristales de sal en las hojas.

Ha sido demostrado que cierta carga del aerosol salino declina el porcentaje de cobertura en las plantas y es sugerido que la disposición de las especies puede ser afectada bajo estas mismas condiciones (Maun, 2009).

Por otra parte el aerosol salino puede ser beneficioso para las comunidades de plantas de los sistemas de dunas costeras, ya que mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas al proporcionar algunos nutrientes esenciales (Maun, 2009). Sin embargo en algunos sistemas de dunas costeras, donde el contenido de sales y la conductividad del suelo son bajos, estos factores pueden no ser importantes al explicar los patrones de zonación característicos de estos ambientes.

✓ **Humedad del suelo:**

El contenido de agua del sustrato en suelos arenosos es uno de los factores limitantes más importantes para el crecimiento vegetal (Maun, 2009); ya que los suelos arenosos tienen alta porosidad y después de una lluvia la mayor parte del agua se drena a causa de los grandes espacios intersticiales entre las partículas del

suelo y la baja capacidad que presentan las partículas de arena para retener el agua (Maun, 2009), por tanto es muy poca el agua disponible para el desarrollo y mantenimiento de las comunidades vegetales. Otros factores que limitan el contenido de agua en sistemas de dunas son las altas tasas de evaporación en costas de clima seco ya que elimina grandes cantidades de agua (Maun, 2009).

El contenido de agua en el suelo influye de manera importante en la dinámica de la absorción de iones por intercambio catiónico (Álvarez y col., 2000), lo cual afecta de manera directa la disponibilidad de los nutrientes, necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

✓ **Déficit de nutrientes:**

Los suelos de las dunas costeras en general carecen de tres macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Maun, 2009). Los cuales son fundamentales para el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Willis y Yemm (1961) y Willis (1963) para dunas costeras mostraron que el crecimiento de la vegetación es escaso y es causado principalmente por la deficiencia de N y P y en menor medida de K. Del mismo modo, Tilman (1986) demostró que N fue el nutriente limitante más importante en suelos arenosos del área natural Cedar Creek, Minnesota.

La adición de nitrógeno al hábitat provocó un cambio en la diversidad de especies y composición relativa debido a la respuesta diferencial de las especies a la concentración total de nitrógeno del suelo (Maun, 2009).

✓ **Materia orgánica:**

En sistemas de dunas costeras, la tasa de descomposición depende del clima de la región, por ejemplo, en regiones tropicales, con altas precipitaciones, el material se descompone rápidamente, mientras que en la zona templada el tiempo de descomposición es mayor (Maun, 2009).

✓ **El viento:**

La velocidad del viento es una fuerza importante en los sistemas de dunas costeras, ya que influye en la vegetación mediante el aumento de la demanda evaporativa, el movimiento de las partículas del suelo lo cual produce el enterramiento y entre otros casos la erosión (Doing, 1983; Ranwell 1972; Moreno-Casasola 1986; Maun, 2009). La pérdida de la humedad por evaporación constante de la humedad del suelo y el aumento de la transpiración reducen la altura de los arbustos y los árboles a lo largo de las costas del mar (Maun, 2009).

Debido a que el sustrato de los sistemas de dunas costeras es arenoso y de baja compactación, el viento lo transporta fácilmente y lo deposita en sitios específicos, dando lugar a diferentes tipos de sistemas de dunas (Chapman, 1978; Moreno-Casasola, 1982; Ranwell, 1972). Existen formas de dunas muy variadas, desde los pequeños cordones de dunas paralelos entre sí, hasta las dunas parabólicas que llegan alcanzar grandes alturas, de 30- 35 metros (Martínez y Valverde, 1992); estas últimas tienen una topografía particular en la cual se puede diferenciar zonas (hondonadas, cimas, brazos y pendientes) con características diferentes, lo cual genera un mosaico de microambientes en los que se establecen asociaciones vegetales específicas (Moreno-Casasola y col., 1982).

✓ **El enterramiento:**

La vegetación de las dunas costeras presenta adaptaciones que facilitan la supervivencia y la reproducción (Ripley y Parammenter, 2004; Gilbert, 2007; Maun, 2009). Una de las características más distintivas y de alto interés científico es la tolerancia de las plantas al enterramiento con arena. Se trata de una característica casi exclusiva de las comunidades vegetales de las dunas costeras (Martínez, 2008).

Cuando las plantas quedan totalmente cubiertas por arena, lo más probable es que mueran, sin embargo, en estos tipos de ecosistemas existen especies preparadas para emerger tras un enterramiento. Las especies que experimentan un enterramiento parcial, son afectadas en su desarrollo, al principio, el crecimiento de estas especies es un poco lento, pero con el tiempo, crecen más y mejor que las especies que no fueron cubiertas con arena (Martínez, 2008)

De acuerdo con su tolerancia al enterramiento, las plantas de dunas se clasifican en no tolerantes, tolerantes y dependientes de la arena. Las especies no tolerantes crecen tierra adentro, sin apenas movimiento de la arena. Las tolerantes crecen en dunas semimóviles y las especies dependientes de la arena crecen en las zonas con mayor movilidad, donde el enterramiento es frecuente e intenso (Martínez, 2008).

En el trópico tenemos el caso de *Chamaecrista chamaecristoides*, *Palafoxia lindenbergii*, *Sporobolus virginicus* y *Scaevola plumieri* (Knevel y Lubke, 2004; Gilbert, 2007; Martínez 2008).

Todas las variables bióticas y abióticas antes mencionadas presentan variaciones espaciales a lo largo del sistema de dunas arenosas costeras. Otro factor que varía a lo largo del perfil es la edad del sustrato. Los procesos eólicos aportan el aerosol salino a las comunidades de plantas de ambientes de dunas arenosas costeras, adicionalmente transportan los granos de arena desde las fuentes externas, afectando la fisionomía de la vegetación y la edad del sustrato, de esta forma el perfil del suelo representa una serie de tiempo donde se encuentran desde playas recientes hasta playas más antiguas a menudo estabilizadas. Dicho gradiente temporal permite el establecimiento de diversas comunidades de plantas a lo largo del perfil observándose el proceso de sucesión vegetal (Kim y Yu, 2009; Moreno-Casasola, 2004; Lubke, 2004). Ambos, gradientes espaciales y temporales permiten la formación de una gran diversidad de ambientes (Maun, 2009).

ANTECEDENTES

Los sistemas de dunas arenosas costeras se distribuyen ampliamente en todas las zonas climáticas, desde los polos hasta el Ecuador (Martínez, 2008; Maun, 2009). Los principales factores que pueden influir en el desarrollo de la vegetación en los sistemas de dunas arenosas costeras son: el viento, el enterramiento, el aerosol salino, el contenido de materia orgánica, la humedad del suelo y el déficit de nutrientes (Oosting y Billings, 1942; Olson, 1958; Randall, 1970; Holton y Johnson, 1979 ; Moreno-Casasola, 1982; Barbour y col., 1987, Wilson y Sykes ,1999; Pennings y Moore, 2001; Silvestri y col., 2005; Jones y col., 2008 Kim y Yu, 2009).

La relación entre la composición y estructura de la vegetación, con diferentes variables ambientales (edáficas) ha sido ampliamente estudiada en todos los ecosistemas, en los ambientes de dunas costeras son varias las investigaciones que demuestran el papel de los factores abióticos como estructuradores de la vegetación (Moreno-Casasola, 1986; Moreno-Casasola y Castillo, 1992; Espejel, 1992; Fenu y col., 2012). Algunos de los factores que influyen en la composición y estructura de la vegetación son el bajo nivel de compactación del sustrato, el impacto de las altas velocidades del viento, el aerosol salino y los niveles de acreción (Maun, 2009).

Según Espejel (1992), la disposición de la vegetación de dunas costeras en la Península de Yucatán, puede ser explicada en función de las variables edáficas. La salinidad del suelo fue un factor limitante en el desarrollo de la estructura (altura y cobertura) y en la composición y riqueza florística de la vegetación, a medida que la salinidad disminuye aumenta la riqueza de especies. La salinidad permitió delimitar la Península de Yucatán en varias zonas, una zona menos salina donde predominaron especies de hábito herbáceo, arbustivo y suculentas, una zona no salina predominada por árboles y palmas y por último una zona salina con especies herbáceas y suculentas.

Moreno-Casasola (1986,1988) propone que los factores abióticos que explican la asociación entre la vegetación y el ambiente son: la humedad, el contenido de materia orgánica, la textura y el pH. Por otra parte la correlación entre la topografía y la disposición de la vegetación es el resultado de la interacción de los factores físicos, principalmente las arenas en movimiento (factor eólico), la profundidad de la capa freática, y la salinidad (Moreno-Casasola, 1986; Moreno-Casasola y Castillo, 1992; Espejel, 1992; Kim y Yu, 2009).

Por otra parte, Kim (2009) señala que la disposición de la vegetación (árboles, arbustos y hierbas) en suelos arenosos calcáreos de ambientes costeros en Corea del Sur, está relacionada con las condiciones del suelo, y que estas a su vez están controladas por procesos geomorfológicos como lo son la sedimentación y depositación de la arena, y la forma del terreno.

En este orden de ideas, Kim y Yu (2009) proponen que las variables abióticas que explican la disposición de la vegetación varían de acuerdo a la zona de la duna. En la parte frontal de la duna (duna embrionaria, zona más expuesta al mar), las corrientes de aire que transportan el aerosol salino y los granos de arena hacia la duna, condicionan el gradiente de los nutrientes en el suelo, estos son derivados de fuentes marinas; en la parte estable de la duna (posterior a la duna embrionaria, también denominada cresta) el factor determinante es la disponibilidad del recurso agua, y por ultimo en la zona de la duna secundaria (posterior a la duna estable), el factor limitante es el bajo contenido de humedad del suelo.

Para ambientes de dunas arenosas continentales o de islas grandes los parámetros del suelo difieren desde la línea de costa hacia el continente, a medida que incrementa la distancia de la costa, la salinidad disminuye, y el porcentaje de materia orgánica, y de arcillas aumentan; asociados a estos cambios se observan diferencias en la composición florística (Espejel, 1992; Álvarez y col., 2001).

Maun (2009), propone que entre los factores que determinan la composición florística en zonas costeras se encuentra la llegada de los propágulos a las playas y los gradientes microambientales. El establecimiento de las especies depende de

las condiciones locales del suelo como: la temperatura mínima, la precipitación, el grado de exposición del viento, el aerosol salino y los movimientos de las arenas (Moreno- Casasola 1988) así como también las interacciones bióticas como la herbívora, la competencia y la facilitación (Callaway 1997).

En las dunas de la Península de Paraguaná, Falcón, Venezuela han sido desarrollado trabajos en las comunidades de herbazales y arbustales costeros.

Medina y col (2008), para tres localidades de la zona de la Península de Paraguaná (Carretera Coro-La Vela, Carretera El Cruce-Adicora en la costa oriental de la península de Paraguaná y la Bahía de Tacuato) cuantificaron la conductividad eléctrica, cationes solubles, cationes totales y fósforo total en el suelo. La localidad Bahía-Tacuato presentó la mayor conductividad específica ($36064 \text{ mmhos kg}^{-1}$), las mayores concentraciones de cationes totales ($266,5 \text{ mmol kg}^{-1}$) y solubles, la concentración de fósforo total fue mayor en La Carretera Coro-La Vela ($22 \text{ mmol mmol kg}^{-1}$).

También fue determinado un cociente molar de potasio y sodio (K/Na), logrando separar a las plantas en halófitas *sensu stricto* ($K/Na \leq 0,1$), halotolerantes ($0,1 \leq K/Na \leq 1$) y halorresistentes no halófitas ($K/Na > 1$); por último, fue realizada una compilación de especies conocidas para la costa caribeña de Venezuela, evaluando su estatus ecofisiológico con base en la experiencia de diversos autores (Tamayo, 1941; Aristeguieta, 1956; Hoyos, 1985; Steyermark y col., 1994; Lemus y Ramirez, 2002), el total de las especies recopiladas fue de 97, de las cuales los hábitos predominante fue el herbáceo y arbustivo.

Alarcón y Cuenca en 2005 realizaron un estudio de micorrizas en la duna costera arenosa de la Península de Paraguaná, encontrando un total de 15 especies de plantas características de las zonas costeras, donde el 73% de las especies son herbáceas y el resto son especies arbustivas; fue considerado que la Península presenta una composición florística baja en comparación a otras zonas costeras del mundo. Las variables edáficas cuantificadas fueron homogéneas para toda el área

muestreada, exponiendo valores promedios de pH de 8,7 y contenido de materia orgánica 0,74%.

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar la composición florística y estructura de los arbustales, y su relación con las variables edáficas, en el Tortuguillo Oeste de la Isla La Tortuga (Venezuela).

Objetivos Específicos

1. Determinar la composición florística de los arbustales.
2. Cuantificar los atributos estructurales de los arbustales.
3. Cuantificar los factores edáficos: Textura, pH, conductividad, salinidad, cationes mayoritarios, densidad aparente, porcentaje de humedad y contenido de materia orgánica.
4. Evaluar la asociación de la composición florística y/o estructura de los arbustales con las propiedades fisicoquímicas de los suelos.

ÁREA DE ESTUDIO

La isla La Tortuga localizada en las coordenadas 10° 55´ de latitud norte y 65° 20´ de longitud oeste, es la segunda isla más grande que posee Venezuela, después de la isla de Margarita (Méndez, 2007).

Pertenece a las Dependencias Federales de Venezuela, tiene 25 km de largo y 10 km de ancho, y aproximadamente 150 km² de superficie, la elevación máxima es de 45 metros (Figura 1). Está ubicada a 72 kilómetros al noreste de Cabo Codera y a 90 kilómetros al oeste de la isla de Margarita.

Las Isla La Tortuga está compuesta por sedimentos de carbonatos del Pleistoceno y Holoceno, los cuales contienen principalmente fragmentos de corales, algas

calcáreas y moluscos (Méndez, 2007). Se encuentran tres terrazas calcáreas levantadas, derivadas de niveles altos (transgresivos) del Pleistoceno. En forma similar a La Blanquilla la posición de las terrazas corresponde al levantamiento tectónico general de la isla. La plataforma somera desde la cual se eleva la Isla se encuentra situada al norte de la fosa de Cariaco. La isla presenta en su alrededor numerosos arrecifes frangeantes y los cayos Los Tortuguillos Este y Oeste (Figura 1), Los Palanquines y Cayo Herradura situados al norte y noreste de la isla (Méndez, 2007).

La Isla La Tortuga no posee una estación meteorológica, por lo cual fue tomada como referencia para datos climáticos la estación más cercana, Isla “La Orchila”, cuya temperatura máxima media es de 30 °C, temperatura mínima media de 25 °C y precipitación anual 320 mm (1969 – 1989, INAMEH en línea).



Figura 1. Área de estudio. A) Localización a nivel nacional de la Isla La Tortuga. B) Localización regional de la isla La Tortuga. C) Cayo Tortuguillo Oeste. (Imagen elaborada por Lic. Eduardo Barreto).

METODOLOGÍA

Muestreo

La cuantificación de los atributos estructurales, y la toma de las muestras de suelo de las comunidades de arbustales, que crecen sobre dunas arenosas o sustratos arenosos, fueron realizadas en el cayo Tortuguillo Oeste de la Isla La Tortuga. En el área donde se desarrollan los arbustales fueron definidas 12 unidades, tomando como criterio la disposición y cobertura de los arbustales, esto a través de una interpretación visual de los patrones de la vegetación mediante el uso de una Imagen SPOT5 multiespectral, fusionada con una imagen pancromática (Enero 2009) e imagen de Google Earth (2003)(Figura 2).

Cuantificación de los atributos estructurales de la Vegetación

Fueron identificadas todas las especies de arbustos y hierbas que conforman los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste. La composición florística y los atributos estructurales de la vegetación como: cobertura (largo y ancho de la copa), altura y número de individuos (cuando fue posible definir individuos) fueron determinados en cada una de las 12 unidades definidas.

En cada una de las unidades se establecieron 5 parcelas de 10m x 10m, separadas entre sí 10 m (Figura 3A). La cobertura de las hierbas presentes en los arbustales fue estimada en dos cuadratas de 1m x 1m, localizadas diagonalmente en los extremos sentido este – oeste dentro de la parcela de 10x10 m (Figura 3A y 3B).

Para estimar la cobertura de los arbustos fueron tomadas dos medidas a nivel de la copa de cada individuo, una correspondiente al eje más largo y la otra perpendicular a la medida anterior, esto con la ayuda de varas graduadas. Asumiendo que la forma de la copa es elipsoidal se utilizó la siguiente fórmula $[(D1/2)*(D2/2)]* \pi$ para estimar el valor de cobertura en área (m²) y luego expresarlo en porcentaje. La altura de los

arbustos fue estimada con varas graduadas. Para las hierbas sólo fue estimada la cobertura de manera visual.

Para cada una de las especies dentro de cada parcela fueron colectadas al menos tres muestras botánicas, tanto para las especies de arbustos como las especies de hierbas, las mismas fueron colocadas en papel periódico debidamente rotuladas y prensadas en prensas de madera, tratando de que la especie presentara frutos y flores para su identificación en el herbario del Jardín Botánico de Caracas.

Suelo

En el centro de cada parcela de 10m x10m con la ayuda de un barreno se tomó una muestra de suelo a 10 cm de profundidad para determinar textura, conductividad específica, pH, porcentaje de materia orgánica y concentración de cationes totales (Calcio, Potasio, Sodio y Magnesio).

Con un cilindro de PVC de volumen conocido (diámetro 5 cm, altura 10 cm) fue tomada una muestra para obtener la densidad aparente y el porcentaje de humedad inicial del suelo.

Análisis de Laboratorio:

Una vez en el laboratorio las muestras de suelo y las muestras de los cilindros de PVC correspondiente a la densidad aparente fueron pesadas en una balanza de 0,01g de precisión, seguidamente las muestras fueron colocadas en una estufa a una temperatura de aproximadamente 35°C, hasta obtener masa constante. Posteriormente las muestras fueron tamizadas con un tamiz de 2 mm y se trabajó con las partículas menores a este tamaño. La densidad aparente fue determinada para cada una de las muestras de suelo (muestras de cilindros PVC), dividiendo la masa seca de la muestra entre el volumen del cilindro respectivo.

$$DA = \frac{\text{masa seca (g)}}{\text{volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

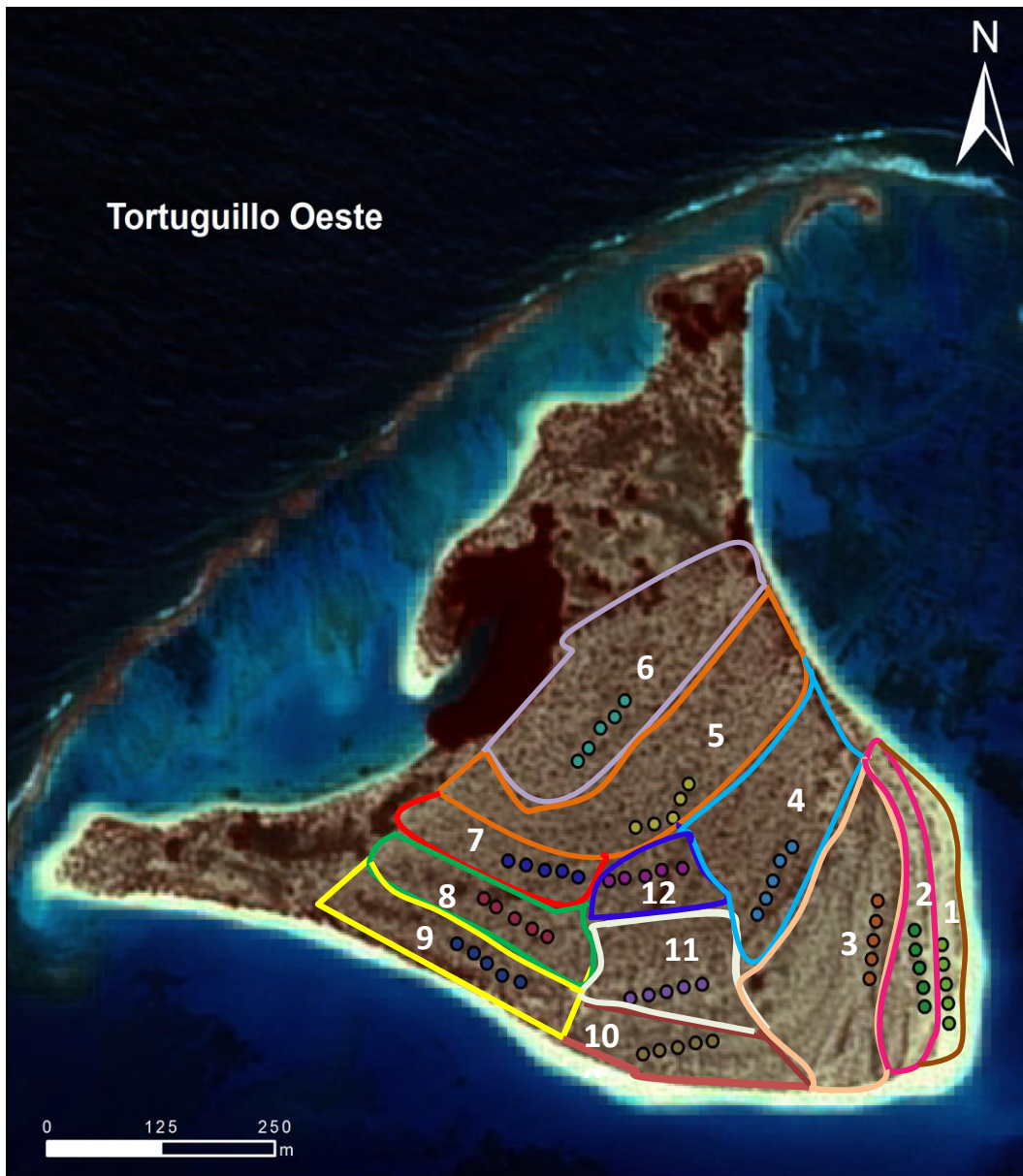


Figura 2. Detalle del cayo Tortuguillo Oeste, unidades definidas y los puntos de muestreo en los arbustales por interpretación visual de una imagen pancromática SPOT5 de Enero de 2009 e Imagen de diciembre de 2003 de Google Earth. Se muestran las unidades enumeradas del 1 al 12 y los puntos de muestreos. (Imagen elaborada por Lic. Eduardo Barreto, modificada por Rossana Mendoza).

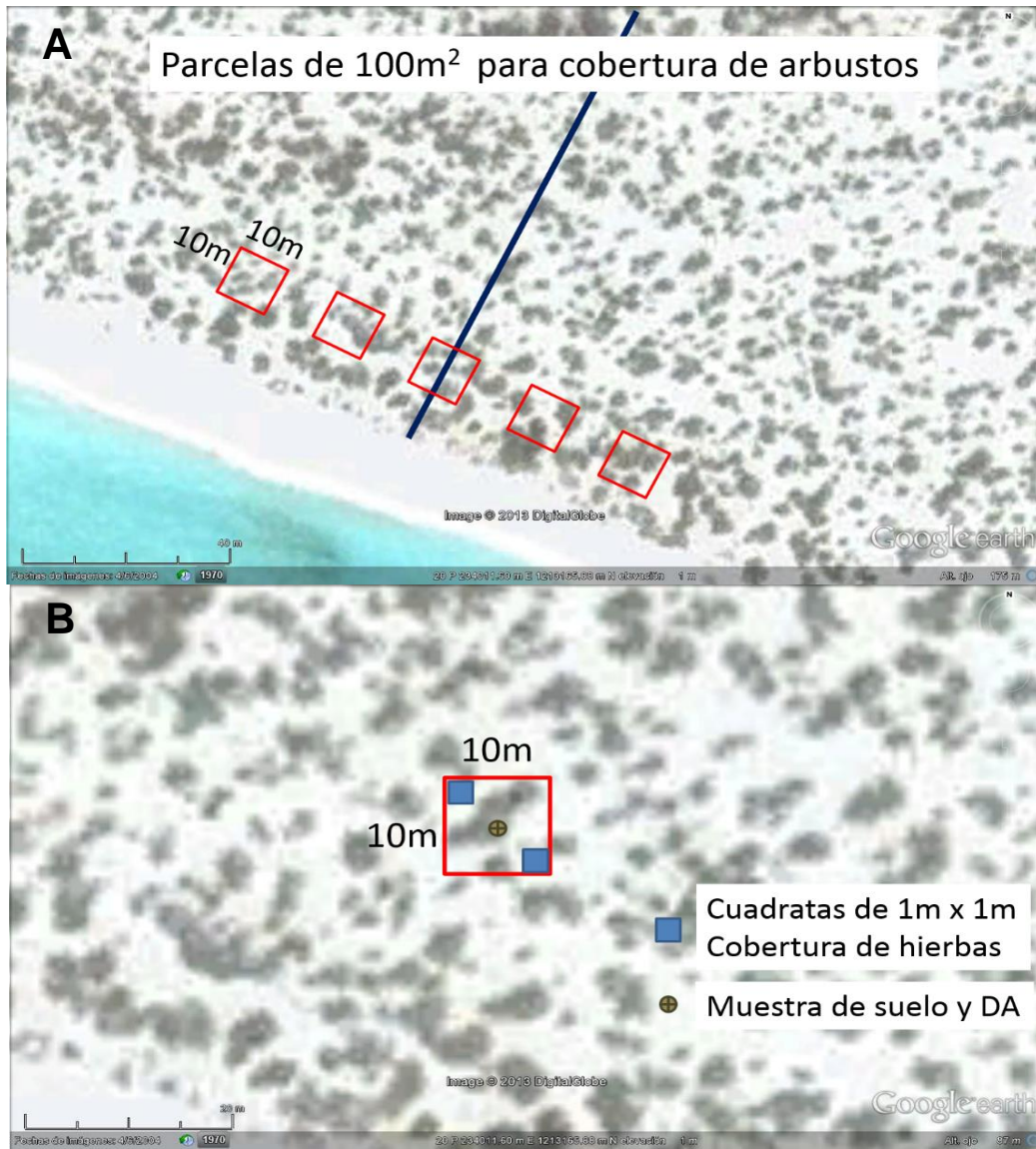


Figura 3. Disposición espacial de las cuadratas para la estimación de los atributos estructurales de los arbustos y hierbas de los arbustales del Tortuguillo Oeste de isla La Tortuga. A). Detalle de la disposición espacial de las cuadratas para la estimación de los atributos estructurales. B) Detalle de la disposición espacial de las cuadratas para la estimación de la cobertura de las hierbas y toma de la muestra de suelo y densidad aparente (DA). (Imagen elaborada por Dra. María Barreto).

Las mediciones de conductividad específica y pH fueron realizadas en solución con una relación masa volumen 1:5, para ello se rehidrataron 3 gramos de suelo seco en 15 mililitros de agua deionizada, mantenidos en reposo durante 14 horas, transcurrido el tiempo fueron realizadas todas las mediciones con un pHmetro marca HANNA modelo HI991301.

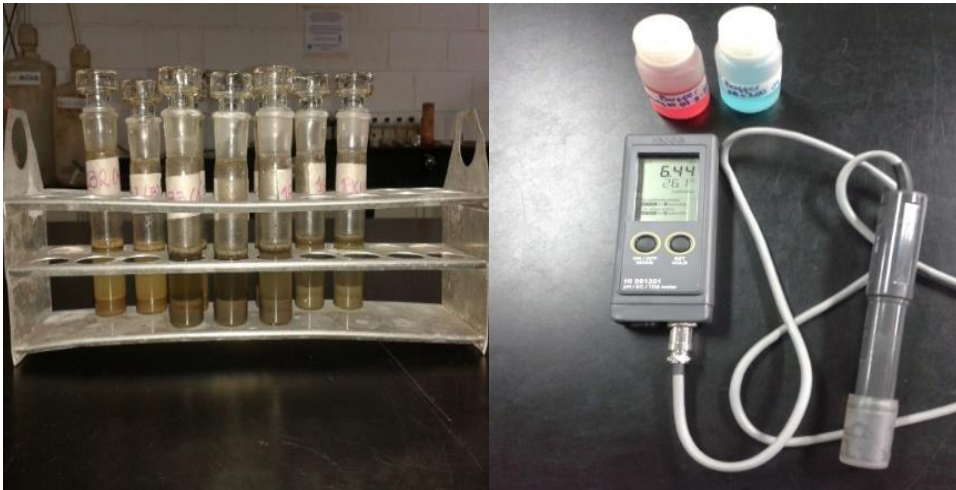


Figura 4. Medición de pH y la conductividad específica con el pHmetro HANNA.

Con el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1962) fue determinada la textura de las muestras de suelo tomadas en cada una de las parcelas. Para ello fue pesado 100g de suelo al cual le fue añadido 50 mL de pirofosfato de sodio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) 0,02N y 125 mL de agua destilada, luego de 15 minutos la suspensión fue trasvasada a un mezclador eléctrico por 15 minutos. Transcurrido el tiempo la mezcla fue trasladada a un cilindro de 1 litro de capacidad teniendo en cuenta no dejar ningún residuo en el envase del mezclador, luego cilindro fue enrasado a 1 litro con agua destilada. Para el blanco de este método fueron utilizados solamente 50 mililitros de pirofosfato de sodio y 950 mililitros de agua destilada. La apertura del cilindro fue cubierta con una bolsa plástica y se procedió a invertir el cilindro varias veces hasta obtener la suspensión de todas las partículas de suelo; seguidamente el cilindro fue colocado en un mesón y se tomaron las lecturas de densidad y temperatura un hidrómetro de alta sensibilidad, y un termómetro a los 40 segundos, 2 horas y a las 24 horas.



Figura 5. Determinación de la Textura de las muestras de suelo del cayo Tortuguillo Oeste isla La Tortuga.

Las lecturas de la densidad fueron corregidas de acuerdo a la temperatura por la siguiente ecuación:

$$\text{Lectura real} = \text{medida leída (g/L)} + (\text{temperatura medida (}^{\circ}\text{C)} - 20^{\circ}\text{C}) \times 0,36\text{g/L } ^{\circ}\text{C}.$$

El porcentaje de arcilla, limo y arena; fue calculado mediante el uso de las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ de arcilla} = \text{lectura del hidrómetro (g/L) a las 2h} \times 100 / \text{Peso de la muestra (g)}.$$

$$\% \text{ de limo} + \text{arcilla} = \text{lectura del hidrómetro (g/L) a los 40s} \times 100 / \text{Peso de la muestra (g)}.$$

$$\% \text{ de arena} = 100 - \% \text{ de limo} + \text{arcilla}.$$

El porcentaje de materia orgánica fue cuantificado aplicando el método de pérdida de peso por ignición (Heiri y col., 2001). En un crisol de porcelana fue pesado aproximadamente 1 g de las muestras de suelo, con una balanza analítica de 0,001g de precisión, seguidamente las muestras fueron colocadas en la estufa a 105 °C por 24 horas; transcurrido el tiempo se procedió a pesar; la diferencia del peso inicial con el peso a 105°C permitió determinar el porcentaje de humedad de cada muestra. Luego las muestras fueron introducidas en una mufla a 550°C por dos horas y media, al cumplirse el tiempo las muestras fueron pesadas nuevamente, y, haciendo uso de la siguiente formula fue obtenido el porcentaje de materia orgánica.

$$MO = (masa \text{ a } 105^{\circ}\text{C} - masa \text{ a } 550^{\circ}\text{C}) * 100 / masa \text{ a } 105^{\circ}\text{C}$$



Figura 6. Determinación del porcentaje de Humedad y de Materia Orgánica de las muestras de suelo del Cayo Tortuguillo Oeste isla La Tortuga.

La concentración de cationes fue medida por absorción atómica. Se pesó aproximadamente 400 mg de la muestra de suelo, para la digestión fue añadido 10 ml de HCl (4 M); dicha digestión ocurrió de manera total en todas las muestras. Luego las muestras fueron filtradas y el volumen resultante del filtrado fue colocado en balones de 100 mL aforando el balón con agua deionizada.

Por último fueron realizadas las mediciones de cada uno de los cationes (Ca^{2+} , K^+ , Na^+ y Mg^{2+}) en el equipo de Absorción Atómica modelo AAnalyst 200.



Figura 7. Determinación de los cationes (Ca^{2+} , K^+ , Na^+ y Mg^{2+}) mediante el equipo de absorción atómica.

Análisis estadísticos:

La técnica no paramétrica Kruskal-Wallis y su respectiva prueba a posteriori de comparaciones de grupo (Siegel y Castellan, 1995) permitieron evaluar diferencias en los atributos estructurales y las variables edáficas, entre las 12 unidades establecidas en el cayo. Dicho análisis de varianza es utilizado cuando los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los residuales no se cumplen (supuesto de ANOVA paramétrica) (Daniel, 2002).

La distribución de clases de cobertura y altura de los arbustos, por especie y por unidad, fue analizada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, la cual es una prueba no paramétrica que permite evaluar diferencias entre dos distribuciones totales o acumulativas (Miller y Feund, 1963). Para evaluar la forma de las distribuciones fue utilizado el criterio de Ajbilou, Marañon y Arroyo (2003), los cuales definen cuatro tipos de distribución: distribución descendiente, asimétrica positiva, asimétrica negativa y distribución ascendiente. Debido a que fueron realizadas múltiples comparaciones, fue aplicada la corrección Sidak, que permite disminuir la

probabilidad de cometer el error tipo 1 (GraphPad statistics guide, consulta en línea). Los análisis antes mencionados fueron realizados en el programa estadístico STATISTICA (StatSoft, 2007).

Con el fin de obtener una ordenación de las unidades de vegetación de arbustales del cayo Tortuguillo Oeste en base a las variables ambientales y observar las correlaciones entre las mismas, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) utilizando la matriz de correlación. Este análisis fue realizado con el programa PAST versión 2.17

Para determinar con cuáles variables son importantes y si hay significancia en la determinación de esas variables fue aplicado el Análisis de Redundancia Canónica (van den Wollenberg, 1977).

Primero se midió la longitud del gradiente; es decir, cuan unimodal es la respuesta de una especie a lo largo de un eje de ordenación asociado con variables ambientales; que se mide en número de desviaciones estándar por medio de análisis de correspondencias linealizados (DCA) (Ter Braak y Smilauer, 1998). Si el valor del gradiente es mayor que 4, se utiliza análisis de correspondencia canónica (CCA), y por el contrario se emplea un análisis de redundancia (RDA), si el valor obtenido es menor a 4 desviaciones estándar (Legendre y Legendre, 2000). Los datos de esta investigación arrojaron que el gradiente fue menor que 4 desviaciones estándar; por tanto, se usó RDA y se da por hecho que las curvas de respuesta de las especies de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste con respecto a las variables edáficas pueden ser lineales. Se utilizaron aleatorizaciones de Montecarlo para determinar la significancia de los ejes canónicos de las especies y variables edáficas. A los datos utilizados para dichos análisis no les fue aplicada ninguna transformación. Ambos análisis RDA y DCA fueron realizados con el programa CANOCO para Windows 4.5

RESULTADOS

Composición florística y atributos estructurales de los arbustales.

En el cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga fueron registradas un total de 16 especies pertenecientes a 12 familias, de las cuales 6 corresponden a especies de hábito arbustivo y 10 a especies de hábito herbáceo y graminoide. La familia Poaceae fue la mejor representada con un total de tres especies, seguida por la familia Euphorbiaceae con un total de dos especies (Tabla 1).

Composición florística (Arbustos).

Las especies de arbustos presentes en los arbustales fueron: *Crossopetalum rhacoma*, *Erithalis fruticosa*, *Jacquinia armillaris*, *Suriana maritima*, *Scaevola plumieri* y *Corchorus hirsutus*.

✓ *Crossopetalum rhacoma*:

Es nativa del sur de Florida, el Caribe, México y Venezuela (Little y col, 1974; Howard, 1989; Francis, consulta en línea; Tropicos, consulta en línea). Es catalogada como una especie en peligro de extinción en el estado de Florida, Estados Unidos (Florida fish and wildlife conservation commission, 1997).

Es un arbusto perenne, comúnmente presenta alturas entre 1-3 m, pero puede llegar a 8 m. Las hojas pueden ser coriáceas con filotaxis opuesta o alterna. Las flores son de color verde-rojizo y nacen en cimas axilares. Los frutos son drupas carnosas, con forma de huevo que maduran a un rojo brillante (Little y col., 1974; Howard, 1989; Liogier, 1994;). Las flores y frutos se encuentran presente todo el año como un proceso asociado con el crecimiento de un nuevo tallo (Nelson, 1996).

Por lo general, es encontrada en sitios rocosos y secos, en diferentes tipos de suelos, principalmente bien drenados. Es poco tolerante a la sombra y resiste

únicamente en competencia moderada de hierbas y arbustos. Las raíces soportan micorrizas arbusculares (TreeGuide Inc, 2002).

Suministra alimento y refugio para la vida silvestre. Está clasificada como una de las plantas de alimento para la iguana *Cyclura pinguis*, especie amenazada (Fundación internacional para la conservación del reptil, 2002). Todos los tejidos de la planta, especialmente las raíces, son diuréticos y son utilizados para promover la micción y para tratar infecciones de los riñones y la vejiga (Liogier, 1990).

✓ *Erithalis fruticosa*:

Es nativa de Florida, Las Bahamas, las Antillas Mayores y Menores, Trinidad, Margarita y otras islas Venezolanas, Quintana Roo (México) y Belice (Little y col., 1974; Howard, 1989). Presenta una distribución Pancaribeña (Negrón y Watson, 2002).

Es un arbusto de hoja perenne que normalmente tiene entre 1-2 m de altura, sin embargo en ocasiones puede llegar a 8 m de altura. El follaje puede ser denso o difuso dependiendo de si los arbustos crecen a pleno sol o sombra parcial. Las hojas son opuestas y presenta pequeñas flores blancas. Las frutas son drupas negras globosas o aplanadas de 3 a 4 mm de diámetro (Howard, 1989; Liogier, 1997; Little y col., 1974; Nelson, 1996) y se presentan durante todo el año (Little y col., 1974; Nelson, 1996). Morfológicamente es una especie muy variable (Francis, consulta en línea).

La especie es resistente a la sequía y poco tolerante a la sombra (Francis, consulta en línea); es común cerca de las playas, formaciones rocosas y acantiladas, cerca de la línea de costa. En Florida, es encontrada en la cadena de vegetación de las playas y en las dunas de arena (Nelson, 1996).

E. fruticosa contribuye a la biodiversidad, en los sitios donde crece, suministra alimentos y refugio para la vida silvestre. La corteza, frutos, y resina tienen propiedades diuréticas y astringentes, y son utilizados para tratar la inflamación de

riñones y vejiga (Liogier, 1990). Las hojas son tostadas y molidas, y son utilizadas para tratar úlceras cutáneas (Universidad de las Islas Vírgenes, 2002).

✓ *Jacquinia armillaris*:

La distribución de *J. armillaris* es principalmente en Brasil, el Caribe, Colombia y Venezuela (Stearn, 1992; Missouri Botanical Garden, 2002; Carnevali y col., 2003; Tropicos consulta en línea).

Las flores son blancas o cremosas, y el fruto es esférico, rojizo, apiculado y carnoso (Francis, consulta en línea). En la temporada de invierno a verano se produce la floración y el fruto madura de primavera a otoño (Little y col., 1974).

J. armillaris es relativamente común en las costas poco perturbadas por el hombre. La especie tolera muy poco la sombra y no es muy competitiva, por lo general, crece en rocas, laderas expuestas y bosques secos costeros. Es tolerante al fuerte aerosol salino, a suelos bien drenados, con pH que van desde ligeramente ácido a suelos ligeramente alcalinos, y de todas las texturas derivadas tanto de rocas sedimentarias como ígneas; además, ayuda a la estabilización del suelo en los sistemas costeros. La especie no presenta ninguna fauna asociada y se desconoce sus beneficios para la salud del hombre (Little y col., 1974; Francis, consulta en línea).

Los frutos han sido empleados para envenenar a los peces y por eso se sospecha que son tóxicos para los seres humanos (Little y col., 1974).

✓ *Suriana maritima*:

Suriana maritima, presenta una amplia distribución global, excepto para el oeste de las costa de África (Schneider, 2007). Ha sido reportada en Australia, Belice, Brasil, el Caribe, China, Colombia, Guatemala, Honduras, India, Kenia, Madagascar, México, Nicaragua, Panamá, Filipinas, Tanzania, Estados Unidos y Venezuela (Gilman, 2007; Tropicos, consulta en línea).

Puede alcanzar los 1,50 m hasta los 6 m de altura. Las hojas son carnosas, espatuladas y minuciosamente pubescente, de color verde y aproximadamente de 2 cm de largo (Gilman, 2007). Las flores son amarillas en forma de copa, pueden encontrarse solas o en grupos, y son producidas constantemente a lo largo del año (Little y col., 1974; Gilman, 1999; Schneider, 2007).

Es comúnmente encontrada creciendo en matorrales sobre dunas arenosas y costas rocosas, frecuentemente justo detrás de la línea de marea alta (Nelson, 1996; Gilman, 1999). Está clasificada como en peligro de extinción en su forma silvestre en la Florida (Smithsonian Institution, 2002).

Dicha especie permite estabilizar las playas y dunas costeras, y suministra alimento y refugio para la vida silvestre (Universidad de Florida, consulta en línea). Los frutos atraen a las aves que se alimentan de ellos (Gilman, 1999). El follaje proporciona alimentos para la larva de mariposa azul *hairstreak* (Schaefer y col., 2002). Los extractos de las hojas y la corteza son utilizados para el tratamiento de reumatismo y úlceras de la piel y para detener la hemorragia (Liogier, 1990).

✓ *Scaevola plumieri*:

Es nativa de Florida y el Caribe. Ha sido reportada para Angola, Brasil, Ecuador, Madagascar, México, Senegal, Somalia, Sur África, Sri Lanka, Estados Unidos y Venezuela (Gilman, 2007; Tropicos consulta en línea).

A nivel fisionómico la hoja de *S. plumieri* es de forma espatulada, no presenta venación, es de color verde y su hábito es perenne (Gilman, 1999). Las flores son de 1,9-2,54 cm de largo (Universidad de Florida, consulta en línea) de color blanco, y su floración se presenta en verano (Gilman, 1999). Atraen a las abejas y las mariposas (Universidad de Florida, consulta en línea). El fruto es una drupa del tamaño y apariencia como la de una aceituna y es bastante prominente entre el follaje. Las aves, y las iguanas, se comen el fruto de dicha especie (Universidad de Florida, consulta en línea).

✓ *Corchorus hirsutus*:

Es nativo de las Indias Occidentales y se ha informado de su presencia en Estados Unidos, México, América Central, América del Sur y en el noreste de África (Britton y Millspaugh, 1962; Howard, 1989; Liogier, 1994; Tropicos consulta en línea). Existen ejemplares en los herbarios de Bolivia y Paraguay (Missouri Botanical Garden, 2002). Es exótica en el extremo sur de Florida (Instituto de Botánica Sistemática, 2002).

Es un arbusto alrededor de 1-2 m de altura, con raíces profundas y raíces laterales finas en todos los niveles (Universidad de Florida, consulta en línea). Las hojas son alternas y ovadas, de 2 a 6 cm de largo, tienen un color gris-verdoso, tienden a marchitarse en lugar de deshojar durante estaciones secas. Las flores son amarillas (Francis, consulta en línea).

Es poco tolerante a la sombra y crece en áreas abiertas o en claros de selvas de bajo porte. No puede soportar la fuerte competencia. La especie crece generalmente cerca de la costa o en el interior en los sitios secos, a menudo muy drenados. Estos son por lo general las arenas costeras o crestas rocosas y laderas (Universidad de Florida, consulta en línea). Invade suelos erosionados y físicamente perturbados.

Ayuda al establecimiento de la fauna y a proteger el suelo. Las hojas son cocinadas y son convertidas en té (Garland, 2002).

Composición florística (Hierbas)

Las especies de hierbas en los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste son: *Capraria biflora*, *Chamaesyce mesembrianthemifolia*, *Cenchrus echinatus*, *Cyperus planifolius*, *Eragrostis ciliaris*, *Sporobolus pyramidatus*, *Sporobolus virginicus*, *Sesuvium portulacastrum*.

✓ *Capraria biflora*:

Es nativa de la Florida y Texas, las Bahamas, las Antillas, Trinidad, México, Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, el Caribe, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guayana, Honduras, Nicaragua, Panamá; Perú, Estados Unidos y Venezuela (Flora de Tejas Consorcio, 2002; Grisebach, 1963; Pezzatti y col., 1998; Tropicos, consulta en línea).

Es poco tolerante a la sombra. Crece en los pastizales de costas rocosas y zonas de arena detrás de las playas. Ha sido reportada en áreas perturbadas en la Florida (Long y Lakela, 1976); y en una amplia gama de texturas de suelo y de fertilidad, además requiere condiciones de buen drenaje (Universidad de Florida, consulta en línea).

Presenta una raíz bien desarrollada con ramificaciones laterales. Generalmente tiene múltiples tallos y muchas ramas finas. Las hojas son lanceoladas a obovadas, de 2-12 cm de largo. La flor es de color blanco de alrededor de 5mm de largo (Universidad de Florida, consulta en línea). Las flores y frutos se generan durante todo el año (Long y Lakela, 1976; Stevens y col., 2001).

La perturbación es, probablemente, un requisito para el establecimiento de dicha especie. Una vez establecida, *C. biflora* compite con las especies de gramíneas (Universidad de Florida, consulta en línea).

✓ *Chamaesyce mesembrianthemifolia*:

Pequeña flor silvestre herbácea perenne, su rango de distribución es al sur de Florida, a lo largo de las costas de los Cayos de Monroe County, el Caribe, Colombia, Costa Rica, México y Venezuela (Regional conservation consulta en línea ; Tropicos, consulta en línea). Típicamente es de 30-90 cm de altura, es más alta que ancha. Su hábitat característico son las dunas de playa, filamento costero y praderas costeras. Los suelos donde se desarrollan son principalmente húmedos, bien drenados y arenosos. A nivel nutricional sus requerimientos son bajos (Regional conservation, consulta en línea).

✓ *Cenchrus echinatus*:

C. echinatus es encontrada en Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, las Islas del Caribe, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Estados Unidos y Venezuela (Tropicos, en línea). Es declarada maleza nociva en varios estados de la Unión Americana y de Australia (Malezas de México, 2009. Consulta en línea).

Es una hierba anual, erecta, con frecuencia crece varios individuos juntos, de 25-60 cm de altura. Se establece preferiblemente en suelos arenosos. Las hojas son alternas. Las flores o espiguillas son unifloras y su floración se produce en verano. El fruto es ovoide, de 1.6-3.2 mm de largo por 1.3-2.2 mm de ancho, además es espinoso y pueden causar heridas.

Se propaga por las semillas que quedan encerradas en un falso fruto formado por el involucro espinoso, el cual se adhiere a la ropa y al pelo de los animales (Malezas de México, 2009. Consulta en línea).

Villaseñor y Espinosa (1998) la reportan como maleza de algodón, arroz, avena, cacahuate, caña, cebolla, cítricos, estropajo, frijol, girasol, maíz, mango, manzana, nardo, papaya, pepino, plátano, sorgo, soya, tomate y uva.

✓ *Cyperus planifolius*:

Es una especie de planta del género *Cyperus*. Se encuentra en las islas junto a la costa, playas altas de arena calcárea o de coral y matorrales rocosos en calizas, su distribución es principalmente Belice, Brasil, el Caribe, Honduras, México, Estados Unidos y Venezuela (Conabio, consulta en línea; Tropicós, consulta en línea).

Es una planta perenne, de tallos de 60-90 cm de largo y de 5-8 mm de ancho. Las hojas de 15-90 mm de alto y 3-10 mm de ancho, son erectas, aplanadas y fibrosas. Presenta espiguillas de color marrón rojizo con 8-14 flores, que generalmente se desprenden completas (Conabio, consulta en línea). Su fructificación es durante todo el año (Flora de Norte América, consulta en línea).

✓ *Eragrostis ciliaris*:

Es reportada para Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Honduras, México, Panamá, Nicaragua, el Caribe, Estados Unidos, Venezuela, Perú y Paraguay (Tropicós, consulta en línea).

E. ciliaris es de hábito anual erecto, de 5-60 cm de largo, presenta como inflorescencia una panícula (Clayton y col., 2006). Las espiguillas son de 1.8-3.2 mm x 1.2 mm, se da de 6-11 flores de forma elíptico-ovadas a oval-lanceoladas, de color marrón amarillento, a veces con un tinte púrpura (Peterson y Giraldo-Cañas, 2008). El fruto es de forma elipsoide de 0,3-0,5 mm de largo (Clayton y col, 2006).

La mayoría de las especies de *Eragrostis* ocupan hábitats abiertos con suelos pobres en nutrientes y sitios ruderales (Clayton y Renvoize ,1986; Van den Borre y Watson, 1994), también crecen a lo largo de los caminos, en sitios de desechos, y asociada a vegetación xerotérmica y a hábitats salinos (Peterson y Giraldo-Cañas, 2008).

En Ghana, la ceniza de la planta *E. ciliaris* es mezclada con la manteca de karité, y se unta sobre quemaduras en la piel (Dokosi, 1998), además es utilizada para malestares estomacales (Zeid y col., 2011).

✓ *Sporobolus pyramidatus*:

S. pyramidatus pertenece a la familia Poaceae, es encontrada en, Argentina, Bolivia, Brasil, Islas del Caribe, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Estados Unidos, Uruguay y Venezuela (Trópicos consulta en línea).

Es una hierba perenne o de vida corta, que forma pequeñas macollas, con tallos de hasta 60 cm de largo erectos o ascendentes. Las hojas son alternas, la mayoría basales. La inflorescencia es una panícula amplia de contorno piramidal o elipsoide, de hasta 13 cm de largo, con las ramas ascendentes dispuestas en verticilos regulares.

Presenta espiguillas o flores, las cuales son cortas y pediceladas, acomodadas en las ramillas; cada espiguilla tiene una sola flor. En el oeste de México florece de julio a octubre (McVaugh, 1983). Aparece con frecuencia en pastizales o en la vegetación secundaria sobre suelos salinos o alcalinos (Davidse y Pohl, 1994; Rzedowski y Rzedowski, 2001). Con humedad las semillas se vuelven pegajosas y se dispersan por acción de los animales.

✓ *Sporobolus virginicus*:

Sporobolus virginicus pertenece a la familia de las Poaceae. Se distribuye en Argentina, Belice, China, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guayana, Honduras, India, Japón, Madagascar, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Sur África, Estados Unidos y Venezuela (Tropicos, consulta en línea). Crece en una amplia

variedad de sustratos que abarcan desde texturas arenosas hasta arcillosas (Duvauchelle, 2007; FAO, consulta en línea).

S. virginicus es una hierba perenne vigorosa de crecimiento lento que se propaga por rizomas. La altura oscila entre 10cm y 20 cm de altura. Las raíces pueden crecer hasta 45 cm de profundidad. Las hojas son de 2-10 cm de largo y 0,10 a 0,30 cm de ancho, es común la presencia de cristales de sal en las hojas y tallos. Su inflorescencia es densa y en forma de espiga (Duvauchelle, 2007).

Comúnmente es encontrada en los hábitats de dunas costeras, es considerada como una especie estabilizadora de dunas y se establece mejor si el nivel de agua de mar varía de 5 cm por encima de la superficie del suelo a 15 cm por debajo. En algunos lugares *S. virginicus* es utilizada medicinalmente para aliviar la irritación urinaria y la irritación de garganta (Duvauchelle, 2007).

✓ *Sesuvium portulacastrum*:

Sesuvium portulacastrum es una especie de crecimiento rápido, herbácea, perenne, dicotómica, halófila que pertenece a la familia Aizoaceae (Lokhande y col., 2009).

Se encuentra distribuida en las costas de los cinco continentes, presente en muchas islas tropicales así como en playas subtropicales, es considerada una especie pionera en las zonas adyacentes a la costa donde el movimiento de arena está influenciado por la prevalencia del viento (Lonard y Judd, 1997).

S. portulacastrum tiene hojas gruesas y carnosas, opuestas, y un tallo verde suculento, de color rojizo con ramas decorativas con purpurina rosa y flores blancas (Lokhande y col., 2008). Los frutos son cápsulas membranosas, en forma de huevo, de color rojo, de aproximadamente unos 6 mm de largo y contienen varias pequeñas semillas de color negro (Lonard y Judd, 1997).

Generalmente crece en suelos salinos litorales o hábitats continentales (Lokhande y col., 2009). Es considerada una especie pionera en las zonas adyacentes a la costa donde el movimiento de arena está influenciado por la prevalencia del viento (Lonard y Judd, 1997).

Juega un papel importante en la protección del medio ambiente, tales como la fijación de dunas, la estabilización de suelos salinos, y la fito-desalinación de los suelos (Lokhande y col., 2011 y Rahbi y col., 2010), por lo tanto, puede actuar como alternativa a los suelos problemáticos en regiones semiáridas del mundo. Esta planta puede sobrevivir en condiciones de alta salinidad mediante la acumulación de altas concentraciones de iones en sus células y tejidos, por lo que se denomina acumuladora de sal (Lokhande y col., 2011 y Rahbi y col., 2010), además no puede soportar el enterramiento completo bajo la arena arrastrada por el viento (Lonard y Judd, 1997).

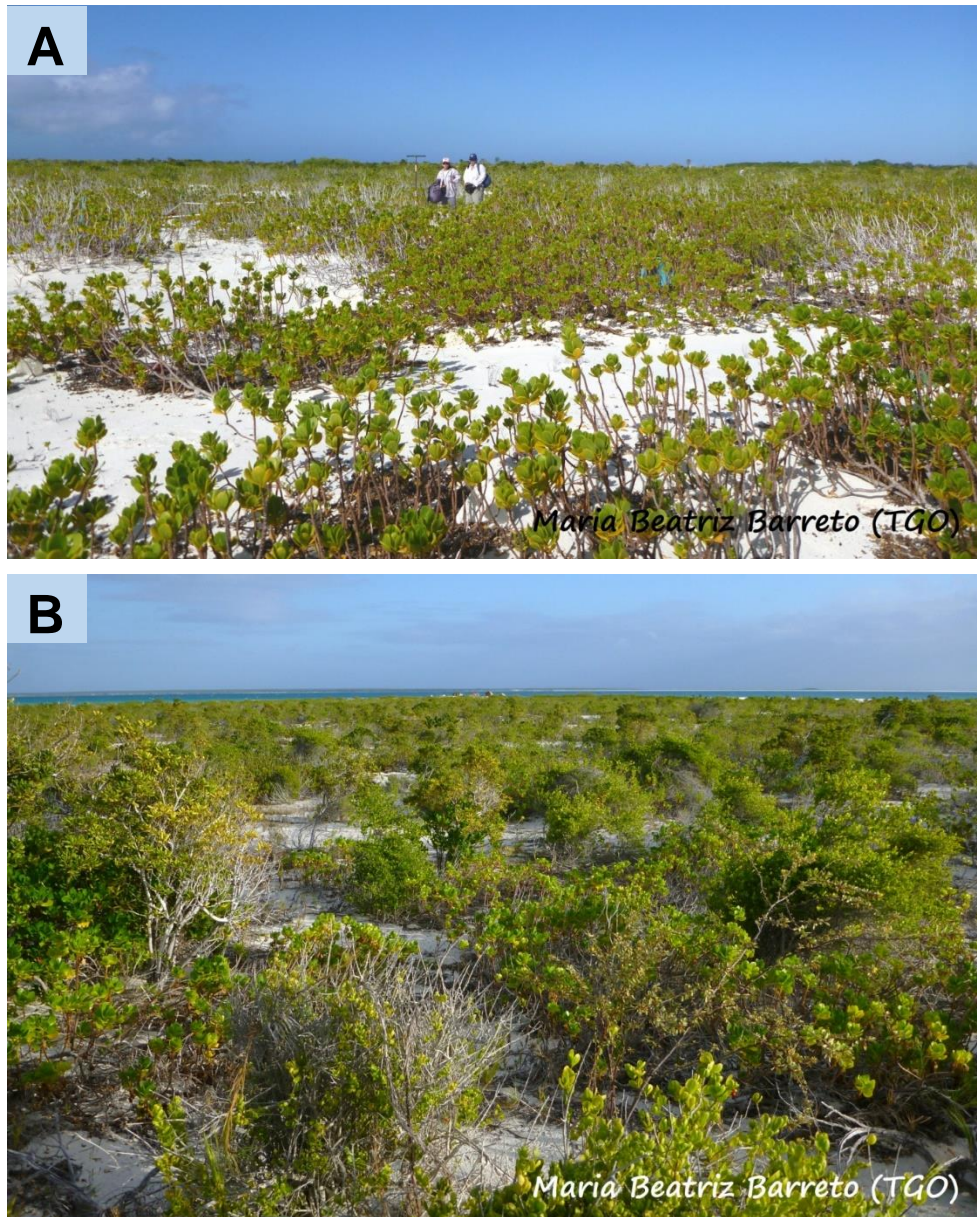


Figura 8. Arbustales del cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga. A) Arbustal dominado por *S. plumieri*, unidades 1 a 3. B) Arbustal de la unidad 4 con *J. armillaris*, *C. rhacoma*, *S. plumieri* y *C. hirsutus*.



Figura 9. Especies de plantas encontradas en los arbustales. A) *Crossopetalum rhacoma*, B) *Erithalis fruticosa*, C) *Jacquinia armillaris*.



Figura 10. Especies de plantas encontradas en los arbustales. A) *Suriana maritima*, B) *Scaevola plumieri*.



Figura 11. Especies de plantas encontradas en los arbustales. A) *Capraria biflora*, B) *Chamaesyce mesembrianthemifolia*, C) *Corchorus hirsutus*.



Figura 12. Especies de plantas encontradas en los arbustales. A) *Cenchrus echinatus*, B) *Cyperus planifolius*, C) *Eragrotis ciliaris*.



Figura 13. Especies de plantas encontradas en los arbustales. A) *Sporobolus virginicus*, B) *Sporobolus pyramidatus*, C) *Alternanthera* sp.



Figura 14. Especies de plantas encontradas en los arbustales. A) *Sesuvium portulacastrum*, B) *Ditaxis* sp.

Tabla 1. Especies censadas en el cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga.

Espece	Familia	Hábito de crecimiento	Distribución	Referencia
<i>Crossopetalum rhacoma</i> Crantz	Celastraceae	Arbusto	Belice, el Caribe, México, Estados Unidos(Florida) y Venezuela.	Little y col, 1974; Howard, 1989; www.fs.fed.us y www.Tropicos.org (consultado Octubre 2013)
<i>Erithalis fruticosa</i> L.	Rubiaceae	Arbusto	Florida, Las Bahamas, Antillas Mayores y Menores, Margarita y otras islas de Venezuela, México, Trinidad y Belice	Howard,1989; Little y col 1974; Negron y Watson, 2002; www.fs.fed.us (consultado Octubre 2013)
<i>Jacquinia armillaris</i> Jacq.	Primulaceae	Arbusto	Républica Dominicana, Jamaica, Puerto Rico, Curacao, Bonaire, Aruba, Trinidad y Tobago, Islas Vírgenes, Barbados, México y Venezuela	Carnevali y col, 2003; Stearn, 1992; Missouri Botanical Garden, 2002; www.Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Suriana maritima</i> L.	Surianaceae	Arbusto	Sur de Florida, las Bermudas, las Bahamas, las Antillas, la parte oriental de México a través de Brasil, el este de África, Asia tropical, Australia, y muchas de las islas de los océanos Índico y Pacífico	Gilman, E 2007; Schneider,2007; www.Tropicos.org (consultado Octubre 2013)
<i>Scaevola plumieri</i> (L). Vahl	Goodeniaceae	Arbusto	Florida y el Caribe, África, Islas del Pacífico, golfo de México, Brasil y Ecuador.	Gilman, E 2007; www.Tropicos.org (consultado Octubre 2013)

Tabla 1. Continuación.

Especie	Familia	Hábito de crecimiento	Distribución	Referencia
<i>Alternanthera sp.</i>	Amaranthaceae	Hierba	Venezuela	www. Tropicos.org http:// plants.usda.gov (consultado en Octubre 2013)
<i>Capraria biflora</i> L.	Scrophulariaceae	Arbusto/ Hierba	Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Islas del Caribe, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guayana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Estados Unidos y Venezuela.	Grisebach, 1963; Pezzatti y col, 1998; www.fs.fed.us y www.Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae	Gramínea	Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Islas del Caribe, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Peru, Estados Unidos y Venezuela	www. Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Chamaesyce mesembryanthemifolia</i> (Jacq.) Dugand	Euphorbiaceae	Hierba	El Caribe, Colombia, Costa Rica, México, Estados Unidos(Florida) y Venezuela.	www. Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Corchorus hirsutus</i> L.	Malvaceae	Arbusto	Nativa de las Indias Occidentales reportada en México a través de América Central y América del Sur y en el noreste de África y Florida	Britton y Millspaugh, 1962; Howard, 1989; Liogier, 1994; www.fs.fed.us (consultado Octubre 2013)
<i>Cyperus planifolius</i> Rich.	Cyperaceae	Gramínea	Belice, Brasil, El Caribe, Honduras, México, Estados Unidos y	www. Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)

Tabla 1. Continuación.

Especie	Familia	Hábito de crecimiento	Distribución	Referencia
<i>Ditaxis sp.</i>	Euphorbiaceae	Hierba	Florida, Aruba, Curaçao, Trinidad, Colombia, Venezuela	http://apps.kew.org http://eol.org http://plants.usda.gov (consultado en Octubre 2013)
<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R.Br.	Poaceae	Gramínea	Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Honduras, México, Panamá, Nicaragua, El Caribe, Estados Unidos, Venezuela, Perú y Paraguay.	www. Tropicos.org http://eol.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) C.L.Hitchc.	Poaceae	Gramínea	Argentina, Bolivia, Brasil, Islas del Caribe, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Estados Unidos, Uruguay y Venezuela	www. Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth.	Poaceae	Gramínea	Australia, Belice, Bolivia, Brasil, El Caribe, Chile, China, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guayana, Honduras, India, Japon, Madagascar, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Sur Africa, Estados Unidos y Venezuela.	www. Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Aizoaceae	Hierba	Argentina, Australia, Belice, Bolivia, Brasil, El Caribe, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Sur Africa, Estados Unidos y Venezuela.	Lonard y Judd, 1997; www. Tropicos.org (consultado en Octubre 2013)

Atributos Estructurales de los arbustales: Cobertura y Altura

Los atributos estructurales de la vegetación estimados en los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste fueron cobertura y altura por especie, para plantas de hábito arbustivo, y sólo cobertura para especies herbáceas.

Cobertura

De las 10 especies registradas como hierbas solo a 8 especies les fue estimada la cobertura (*C. mesembrianthemifolia*, *C. planifolius* morfotipo 2, *Alternanthera* sp., *E. ciliaris*, *S. virginicus*, *S. portulacastrum*, *Ditaxis* sp. y *C. hirsitus*). Las tres especies restantes se encontraron presentes en la parcela de 10m x 10m. La cobertura promedio de las hierbas osciló entre 0,20% para *Ditaxis* sp. y 2,18% para *E.ciliaris* (Tabla 2).

En cada una de las 12 unidades definidas en el cayo, fue cuantificada la cobertura por especie de arbustos, el valor promedio varió entre 0,54% para *E. fruticosa*, la de más baja cobertura, y 14,53% para *S. plumieri*, la de más alta cobertura (Tabla 3).

La cobertura de *S. plumieri* fue estimada de manera visual, método diferente al utilizado con el resto de las especies de arbustos, a los cuales les fue cuantificada una medida correspondiente al eje más largo y otra medida perpendicular a la medida anterior, para luego con el uso de fórmula de elipse, lograr la determinación de la cobertura.

S. plumieri presentó mayor cobertura en las unidades 1, 2, 3, 10 y 11 (Figura 2), ubicadas en la parte sur-este (1, 2 y 3) y sur (10 y 11) del cayo. Las unidades estadísticamente diferentes fueron las unidades 8 y 9 con la unidad 10 (Tabla 6). Además fue observado que en las unidades donde *S. plumieri* presentó mayor cobertura, el resto de las especies están ausentes o en bajo porcentaje.

E. fruticosa seguida de *J. armillaris* fueron las especies con menor cobertura para todas las unidades del Cayo (Tabla 6), y no presentaron diferencias estadísticamente significativas (Tablas 4 y 6).

La cobertura de *S. maritima* fue baja y poco variable, el valor más bajo corresponde con la unidad 2, y el más alto a las unidades 6 y 10 (Tabla 4 y 6).

C. rhacoma mostró el porcentaje más alto de cobertura en las unidades 4-12, contiguas una a la otra y localizadas hacia la parte oeste del cayo, mientras que las unidades con menor porcentaje de cobertura fueron de 1, 2 y 3, ubicadas al sureste. (Figura 2). Las unidades que presentaron diferencias estadísticamente significativas fueron la unidad 3 y 8 (Tabla 4).

Tabla 2. Cobertura de las especies de hierbas en el Cayo Tortuguillo Oeste. Los valores corresponden a al promedio de las 60 parcelas ubicadas en las 12 unidades delimitadas en el cayo, y a los valores mínimos y máximos.

Especies	Cobertura (%)				
	Media		Error Est	Mín	Máx
<i>Alternanthera</i> sp.	1,00	±	0,21	0,05	6,65
<i>C. hirsutus</i>	0,68	±	0,32	4,0	15,00
<i>C. mesembrianthemifolia</i>	1,06	±	0,40	0,50	17,50
<i>C. planifolius</i> 2	1,65	±	0,44	0,25	16,50
<i>Ditaxis</i> sp.	0,22	±	0,10	0,05	5,50
<i>E. ciliaris</i>	2,19	±	0,44	0,05	12,50
<i>S. virginicus</i>	1,26	±	0,40	0,05	17,25
<i>S. portulacastrum</i>	0,40	±	0,29	0,35	16,65

Error Est: Error Estándar; **Min:** Valor mínimo; **Máx:** Valor máximo. El valor mínimo y máximo de altura corresponde al individuo más bajo o alto registrado en el muestreo.

Tabla 3. Cobertura y altura de las especies de arbustos en el Cayo Tortuguillo Oeste. Los valores corresponden a la cobertura y altura promedio de las 60 parcelas ubicadas en las 12 unidades delimitadas en el cayo, y a los valores mínimos y máximos.

Especies	Cobertura (%)				Altura (cm)			
	Media	Error Est	Mín	Máx	Media	Error Est	Mín	Máx
<i>C. rhacoma</i>	8,47 ±	0,89	0	23,29	104,90 ±	2,70	50	70
<i>E. fruticosa</i>	0,54 ±	0,14	0	5,94	109,08 ±	6,34	70	170
<i>J. armillaris</i>	0,75 ±	0,20	0	9,92	123,12 ±	7,15	17	220
<i>S. maritima</i>	5,62 ±	0,69	0	25,00	78,55 ±	3,21	22	140
<i>S. plumieri</i>	11,00 ±	1,85	0	51,75	102,38 ±	5,31	13	170

Error Est: Desviación Estándar; **Min:** Valor mínimo; **Máx:** Valor máximo. El valor mínimo y máximo de altura corresponde al individuo más bajo o alto registrado en el muestreo.

Tabla 4. Resultados del Anova no paramétrico Kruskal-Wallis, para la cobertura de las especies de arbustos del cayo Tortuguillo Oeste. Los valores corresponden a: Grados de libertad (**GL**), tamaño de la muestra (**n**), estadístico de la prueba (**H**) y nivel de significancia (**p**).

	Especies	GL	N	H	P
	<i>C.rhacoma</i>	11	60	47,54288	< 0.001
	<i>E.fruticosa</i>	11	60	33,30833	< 0.001
Cobertura	<i>J.armillaris</i>	11	60	27,86152	0.0034
	<i>S.maritima</i>	11	60	30,63886	0.0013
	<i>S.plumieri</i>	11	60	43,80652	< 0.001

Tabla 5. Cobertura por unidad de las especies de arbustos en el Cayo Tortuguillo Oeste. Los valores corresponden a la Media \pm Error Estándar.

	Unidad	<i>Crha</i>	<i>Efru</i>	<i>Jarm</i>	<i>Smar</i>	<i>Splu</i>	Todas las especies
Cobertura	1	N.P \pm N.P	N.P \pm N.P	N.P \pm N.P	6,30 \pm 4,69 ab	15,84 \pm 5,26 ab	22,14 \pm 6,82
	2	N.P \pm N.P	N.P \pm N.P	N.P \pm N.P	0,20 \pm 0,20 a	24,79 \pm 5,76 ab	24,99 \pm 5,65
	3	1,48 \pm 0,37 a	0,37 \pm 0,31 a	0,43 \pm 0,19 a	5,86 \pm 1,46 ab	19,11 \pm 9,74 ab	27,25 \pm 10,04
	4	11,13 \pm 2,22 ab	0,67 \pm 1,04 a	0,96 \pm 0,96 a	6,14 \pm 0,65 ab	8,03 \pm 2,16 ab	29,08 \pm 2,82
	5	11,18 \pm 1,40 ab	0,03 \pm 0,03 a	0,72 \pm 0,28 a	6,76 \pm 1,23 b	1,20 \pm 0,58 ab	19,89 \pm 2,40
	6	11,54 \pm 2,85 ab	0,32 \pm 0,32 a	0,36 \pm 0,33 a	5,16 \pm 1,06 ab	1,40 \pm 0,98 ab	18,79 \pm 2,25
	7	10,98 \pm 3,05 ab	N.P \pm N.P	0,05 \pm 0,05 a	5,67 \pm 0,58 ab	N.P \pm N.P	16,70 \pm 2,75
	8	17,61 \pm 1,85 b	N.P \pm N.P	2,18 \pm 1,94 a	6,03 \pm 0,57 ab	0,50 \pm 0,39 a	26,33 \pm 2,33
	9	14,75 \pm 2,39 ab	0,25 \pm 0,25 a	0,34 \pm 0,21 a	14,60 \pm 3,65 b	0,10 \pm 0,10 a	30,03 \pm 4,63
	10	2,58 \pm 0,60 ab	0,76 \pm 0,49 a	0,40 \pm 0,30 a	4,47 \pm 1,42 ab	38,00 \pm 3,39 B	46,21 \pm 3,63
	11	5,74 \pm 1,01 ab	1,97 \pm 0,50 a	0,70 \pm 0,34 a	2,07 \pm 0,41 ab	19,00 \pm 1,00 ab	29,48 \pm 1,72
	12	12,49 \pm 1,24 ab	0,32 \pm 0,25 a	1,51 \pm 0,52 a	7,25 \pm 2,62 ab	4,30 \pm 3,93 ab	25,88 \pm 6,09

Crha: *Crossopetalum rhacoma*; **Efru:** *Erithalis fruticosa*; **Jarm:** *Jacquinia armillaris*; **Smar:** *Suriana maritima* y **Splu:** *Scaevola plumieri*, **N.P:** No presente en la unidad. Diferentes letras sobre las columnas representan diferencias significativas $p < .05$ en la prueba a posteriori del análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis.

Altura

La especie que presentó la mayor altura promedio en todo el cayó fue *J. armillaris* con 123 cm, por el contrario, la especie de menor valor promedio fue *S. maritima* con 78 cm (Tabla 3).

Este atributo estructural, no mostró diferencias significativas para ninguna de las especies de arbustos encontradas el cayó Tortuguillo Oeste.

Distribución de clases de tamaño de los arbustos

En las unidades con más de 10 individuos por especie, fueron realizados gráficos de distribución de clases para la cobertura y para la altura (Figura 15 y 16), con excepción de *S. plumieri* ya que la estimación de ambos atributos no fue realizada con el mismo método que para el resto de las especies arbustivas.

Clases de cobertura

La especie *C. rhacoma* fue la más abundante en todo el cayó, con un total de 512 individuos. La forma de la distribución predominante fue descendiente, donde la totalidad de los arbustos fueron ubicados en las primeras clases.

La prueba Kolmogorov-Smirnov para comparación de distribuciones mostró para la especie que las unidades que difieren estadísticamente fueron: 3 y 4, 3 y 6, la unidad 3 con la 7, 4 con las unidades 8 y 10 y por último la unidad 8 con la unidad 10 (Anexo 2A).

La especie *E. fruticosa*, fue registrada en todas las unidades del cayó, excepto en las unidades 1 y 2. Presentó un total de 32 individuos y una distribución de clases de asimétrica positiva para todo el cayó, la clase de cobertura con mayor número de individuos fue la 0,5% de cobertura con 8 individuos y seguidamente la clase con mayor número de individuos fue 0,2% de cobertura con 6 individuos (Figura 15). La distribución poblacional no mostró diferencias significativas entre las unidades de *E. fruticosa* (Anexo 1A).

J. armillaris mostró muy bajo porcentaje de cobertura en cada una de las unidades del cayo (0,2% de cobertura). La distribución de clases para todo el cayo fue de forma descendiente. No hubo diferencias significativas en la distribución de esta especie en las diferentes unidades del cayo (Anexo 1A).

La especie *S. maritima* fue la segunda especie con más individuos, para todo el cayo la distribución de las clases de tamaño fue asimétrica positiva. Del total, 368 individuos, 92 presentaron 0,2% de cobertura, 119 individuos 0,5%, y 68 individuos un 1% de cobertura; representando estas tres primeras clases el 75% de los individuos registrados (Figura 15). En la comparación múltiple las unidades estadísticamente diferentes fueron las unidades 3 y 5, la unidad 4 con la unidad 9 y la unidad 5 con la unidad 9 (Anexo 1A).

Clases de altura

La frecuencia de altura de los individuos de *C. rhacoma* permite identificar que de los 511 individuos registrados en todo el cayo Tortuguillo Oeste, las clases mejor representadas fueron los individuos de 80 y 100 cm de altura (Figura 16). La forma de la distribución de frecuencia de altura para todo el cayo fue asimétrica positiva, mostrando diferencias entre la unidad 6 con la unidad 10 y 11 y las unidades 7 y 11 (Anexo 1B).

La distribución de frecuencia de clases de altura en la especie *E. fruticosa* presentó forma asimétrica para todo el cayo (Figura 16). Las clases de la distribución poblacional mejor representadas fueron la clase de los 100 cm, 120 cm y 140 cm de altura. Para esta especie no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo 1B).

La especie *J. armillaris* en general para todo el cayo presentó gran variabilidad en la altura, las clases mejor representadas fueron los 140 cm y 160 cm. Estadísticamente no se encontraron diferencias entre las unidades definidas (Anexo 1B).

La frecuencia de altura para *S. maritima* permite observar que para todo el cayo, las clases donde hubo mayor representación de individuos fueron los 80 cm y

100 cm de altura (Figura 16). Las comparaciones de distribución poblacional, muestran como unidades diferentes la unidad 5 y 9 (Anexo 1B).

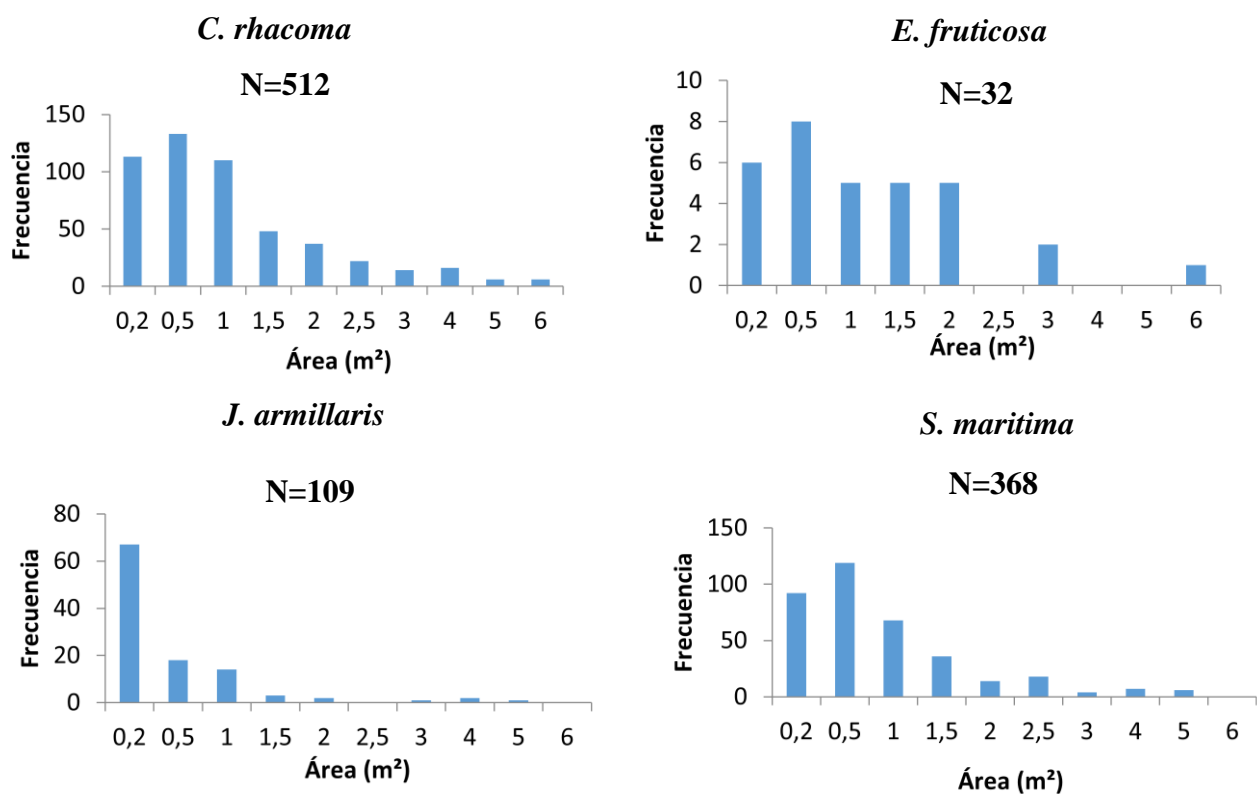


Figura 15. Histogramas de frecuencia de la cobertura ($m^2/100m^2$) de *Crossopetalum rhacoma*, *Erithalis fruticosa*, *Jacquinia armillaris* y *Suriana maritima* para todas las unidades (1 a 12). La figura muestra la distribución de clases de cobertura de número de individuos totales de las especies de arbustos.

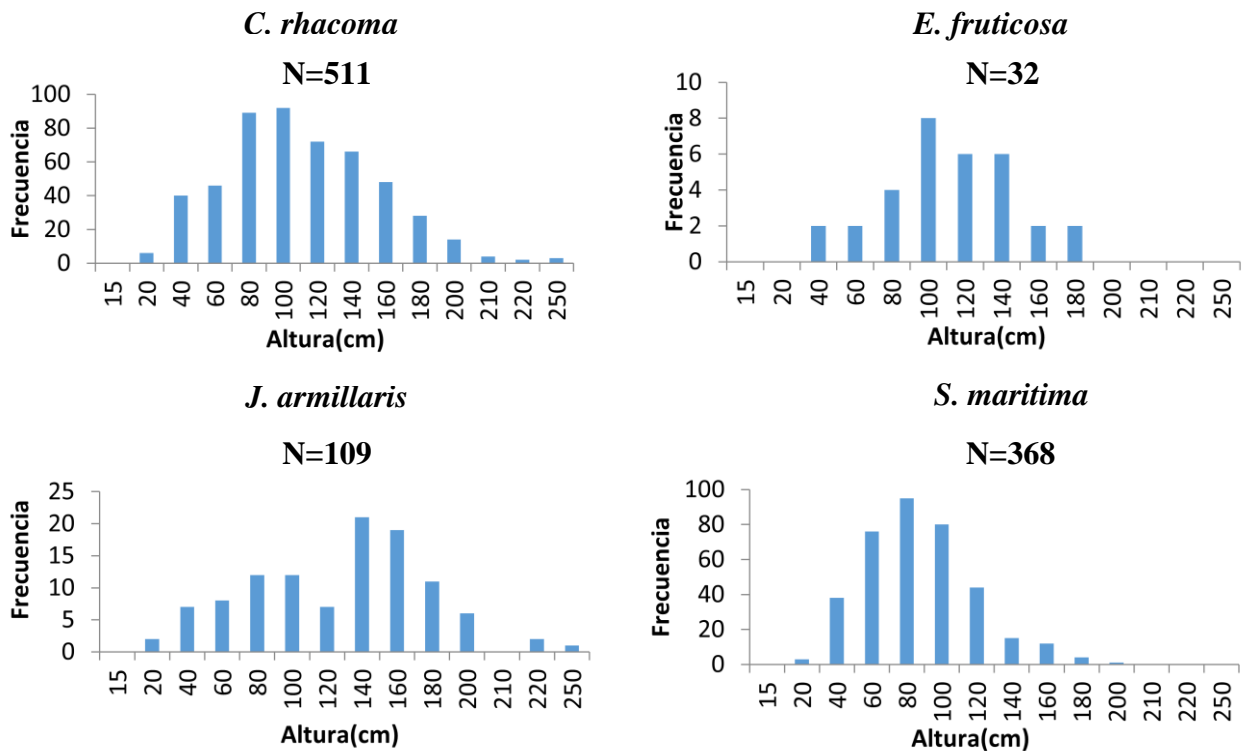


Figura 16. Histogramas de frecuencia de la altura (cm) de *Crossopetalum rhacoma*, *Erithalis fruticosa*, *Jacquinia armillaris* y *Suriana marítima* para todas las unidades (1 a 12). La figura muestra la distribución de clases de altura del número total de individuos para las especies de arbustos.

Condiciones edáficas del cayo Tortuguillo Oeste

Las características del suelo de los arbustales del Cayo Tortuguillo Oeste como lo son: densidad aparente, contenido de materia orgánica, contenido de humedad, pH, conductividad específica, porcentaje de arena, limo y arcilla, concentración total de potasio, sodio, calcio y magnesio, y las relaciones sodio-potasio y calcio-magnesio, mostraron un comportamiento similar en todas las unidades, esto basado en la prueba de análisis de varianza no paramétrica Kruskal-Wallis y su respectiva prueba a posteriori. Los valores promedios para estas variables pueden observarse en la Tabla 6.

La densidad aparente varió entre 1,21 a 1,37 g/cm³, con un valor promedio para todas las unidades de 1,30 g/cm³, estos valores son característicos de suelos

que presentan texturas arenosas. La tendencia observada para la densidad aparente es una disminución en las unidades 5,6 y 7, y el resto de las unidades presentaron un comportamiento similar; sin embargo, estadísticamente la única unidad diferente fue la unidad 5 (Anexo 2, tabla 6).

El porcentaje de materia orgánica para todas las unidades mostró una baja variación, estuvo entre 2,22% y 3,53% (Anexo 2). En suelos arenosos, como los de esta investigación, los valores obtenidos de materia orgánica son considerados medios (1,5-3%) y altos (>3%). Las unidades estadísticamente diferentes son las unidad 5 y la 12 (Tabla 6).

El porcentaje de humedad promedio fue de 0,23%. Las muestras de las unidades 9-12 presentaron los mayores valores de la variable. El análisis estadístico mostró que las unidades 1 y 7 fueron iguales y ambas difirieron de la unidad 12, el resto fue de comportamiento similar a las unidades anteriormente mencionadas (Anexo 2).

Las unidades 1 y 3 fueron estadísticamente diferentes a las unidades 8 y 11 para el porcentaje de limo, su valor promedio fue de 0,79%, y la variación estuvo entre 0,07-3,20% (Tabla 6, Anexo 2).

El valor promedio para el catión calcio fue 341,17mg/g, las unidades 2 y 3 fueron diferentes a las unidades 4 y 12 (Tabla 6). El magnesio mostró como valor promedio para todo el cayo 5,32 mg/g, las unidades 2 y 4 son diferentes para esta variable, al igual que las unidades 3 y 4 y las unidades 2 y 12, el resto de las unidades mostraron características similares. Por último tenemos la relación calcio-magnesio, en donde las unidades 1, 2 y 9 son iguales entre sí y diferentes de la unidad 8, el valor promedio de esta relación fue de 64,99 (Tabla 6). El resto de las variables como pH, conductividad específica, porcentaje de arena y limo, contenido de sodio y potasio, y, la relación de estos dos últimos cationes, no presentaron diferencias significativas.

Tabla 6. Condiciones edáficas de los arbustales en el cayo Tortuguillo Oeste. Los valores representan la media \pm error estándar, el valor del estadístico de prueba (**H**) y el nivel de significancia (**p**) de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

Variables Edáficas	Media	Error Estan.	H	P
DA (g/cm ³)	1,30 \pm	0,01	32,94230	.0005*
MO (%)	2,96 \pm	0,07	33,96262	.0004*
Húmedad (%)	0,23 \pm	0,01	30,69646	.0012*
pH	8,84 \pm	0,04	23,16490	.0168
Conduct. Especif. (ms)	0,52 \pm	0,06	14,19808	.2222
Arena (%)	96,44 \pm	0,18	25,31376	.0082
Limo (%)	0,79 \pm	0,16	31,62478	.0009*
Arcilla (%)	2,77 \pm	0,13	23,27949	.0161
Na ⁺ _(mg/g)	3,20 \pm	0,03	20,51344	.0388
K ⁺ _(mg/g)	8,81 \pm	0,30	4,815544	.9398
Ca ²⁺ _(mg/g)	341,17 \pm	1,62	30,91344	.0011*
Mg ²⁺ _(mg/g)	5,32 \pm	0,08	36,72852	.0001*
K ⁺ / Na ⁺	2,76 \pm	0,09	6,491000	.8327
Ca ²⁺ / Mg ²⁺	64,99 \pm	1,00	31,28382	.0010*

* Denota diferencias significativas.

Correlación de variables físico-químicas del cayo Tortuguillo Oeste

La correlación entre las variables cuantificadas en el suelo en general fue baja (anexo 3).

Con el fin de obtener una ordenación de las unidades de vegetación de arbustales del cayo Tortuguillo Oeste en base a las variables ambientales y observar las correlaciones entre las mismas, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA). En la Figura 17 se observa que las unidades 1, 2 y 3 (representadas en color rojo) ubicadas en el extremo sur-este del cayo están caracterizada por presentar altos valores de densidad aparente, pH, contenido de calcio, sodio, magnesio y porcentaje de limo, las variables densidad

aparente y pH están correlacionadas presentando un ángulo entre sí muy cercano, al igual que el contenido de sodio y magnesio. La unidad 8 está asociada a mayores porcentajes de arena y una alta relación calcio/magnesio, variables que presentan una alta correlación entre sí.

La unidad 12 ubicada en la parte central de los arbustales presentó altos porcentajes de humedad (Figura 17), la unidad 9 localizada en la parte externa sur-oeste fue caracterizadas por presentar una alta conductividad específica, contenido de potasio y alta relación potasio/sodio, las correlaciones entre las mismas fueron positivas y considerables ya que muestran un ángulo muy cercano entre sí.

Las variables que se encontraron correlacionadas negativamente son la densidad aparente con la materia orgánica, contenido de magnesio con el porcentaje de arena y el porcentaje de limo con la humedad, gráficamente estas variables presentan un ángulo entre sí de 180° (Figura 17).

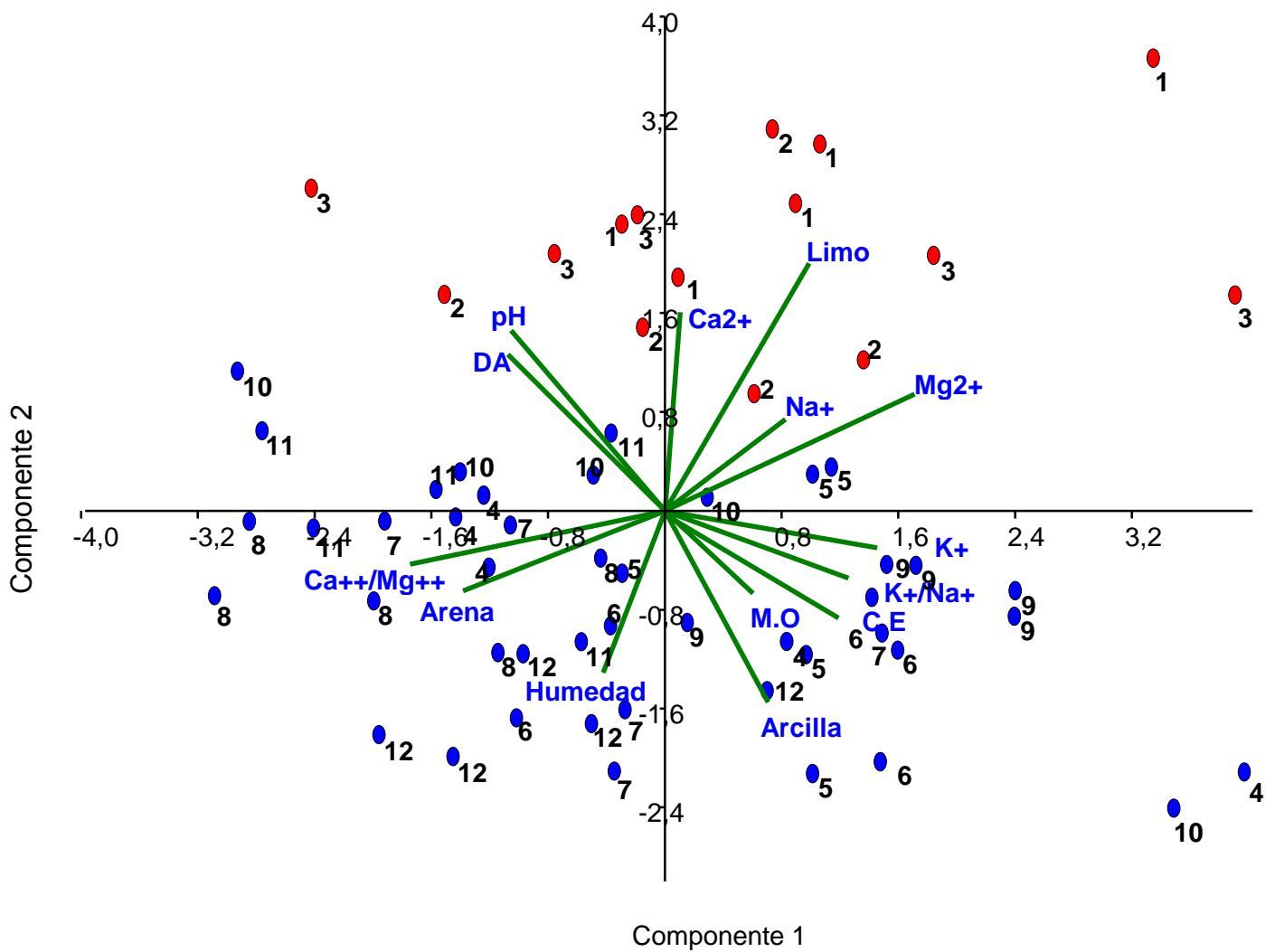


Figura 17. Análisis de Componentes Principales (PCA) donde se muestra la asociación entre las variables ambientales y las unidades del cayo Tortuguillo Oeste Isla La Tortuga (37,249% de la varianza es explicada en los dos primeros ejes, primer eje 20,747%, segundo eje 16,502%). Densidad aparente (**DA**), Materia orgánica (**MO**), porcentaje de humedad (**Humedad**), Conductividad específica (**C.E**), porcentaje de arena (**Arena**), porcentaje de limo (**Limo**), porcentaje de arcilla (**Arcilla**), concentración de Calcio (**Ca²⁺**), concentración de potasio (**K⁺**), concentración de sodio (**Na⁺**), relación potasio/sodio (**K⁺/Na⁺**), relación Calcio/Magnesio (**Ca²⁺/Mg²⁺**).

Asociación de la composición florística con las propiedades fisicoquímicas de los suelos de cayo Tortuguillo Oeste

Diversos autores han demostrado que en los sistemas de dunas costeras las variables edáficas modifican el desarrollo de las especies vegetales, por tanto, en esta investigación fue evaluada la relación entre las variables edáficas cuantificadas con la presencia de las especies de arbustos y hierbas del cayo Tortuguillo Oeste, para ello fue aplicado el Análisis de Redundancia Canónica (RDA), La figura 18 muestra las asociaciones entre las especies y las mejores variables ambientales seleccionadas (Tabla 7). Para interpretar este gráfico, es importante considerar que a mayor longitud de una flecha, mayor es el porcentaje de varianza con que contribuye esa variable; y cuanto menor es el ángulo entre las variables biológicas y ambientales, mayor es su asociación. Además si las flechas van en la misma dirección, las asociaciones son positivas y si van en contra son negativas. Dado esto, la ordenación por el análisis RDA muestra que las unidades 1, 2,3, 10 y 11 ubicadas en la parte sur-este y sur del cayo están caracterizadas por presentar mayor densidad aparente, mayor contenido del catión magnesio y mayor porcentaje de limo, y las mismas están dominadas por el arbusto *S. plumieri* y por las hierbas *C. mesembrianthemifolia*, *S. portulacastrum*, *C. planifolius* morfotipo 1 y *C. echinatus*. La unidad 4 ubicada en el centro del cayo muestra valores promedio de todas las variables ambientales y está caracterizada por la dominancia de *E. fruticosa* y *C. hirsutus*; el resto de las unidades se encuentran en un gran grupo, sin embargo, dentro del mismo las unidades 8 y 12 localizadas en la parte sur-oeste del cayo dominadas por *J. armillaris*, *C. rhacoma*, *Alternanthera* sp., *S. virgicus* y *C. planifolius* morfotipo 2, presentan mayor contenido de potasio y arena, y las unidades ubicadas en la parte noroeste 5,6,7 y 9 son dominadas por *S. maritima*, *Ditaxis* sp., *E. ciliaris*, *C. biflora*, y *S. pyramaditus* presentan mayor contenido de arcilla.

Tabla 7. Variables ambientales seleccionadas en el modelo de RDA y los valores del factor de inflación de la varianza (VIF).

Variable ambiental	VIF
DA(g/cm ³)	1,2653
Arena%	2,4452
Limo%	2,3153
K ⁺ (mg/g)	1,1353
Mg ²⁺ (mg/g)	1,1028

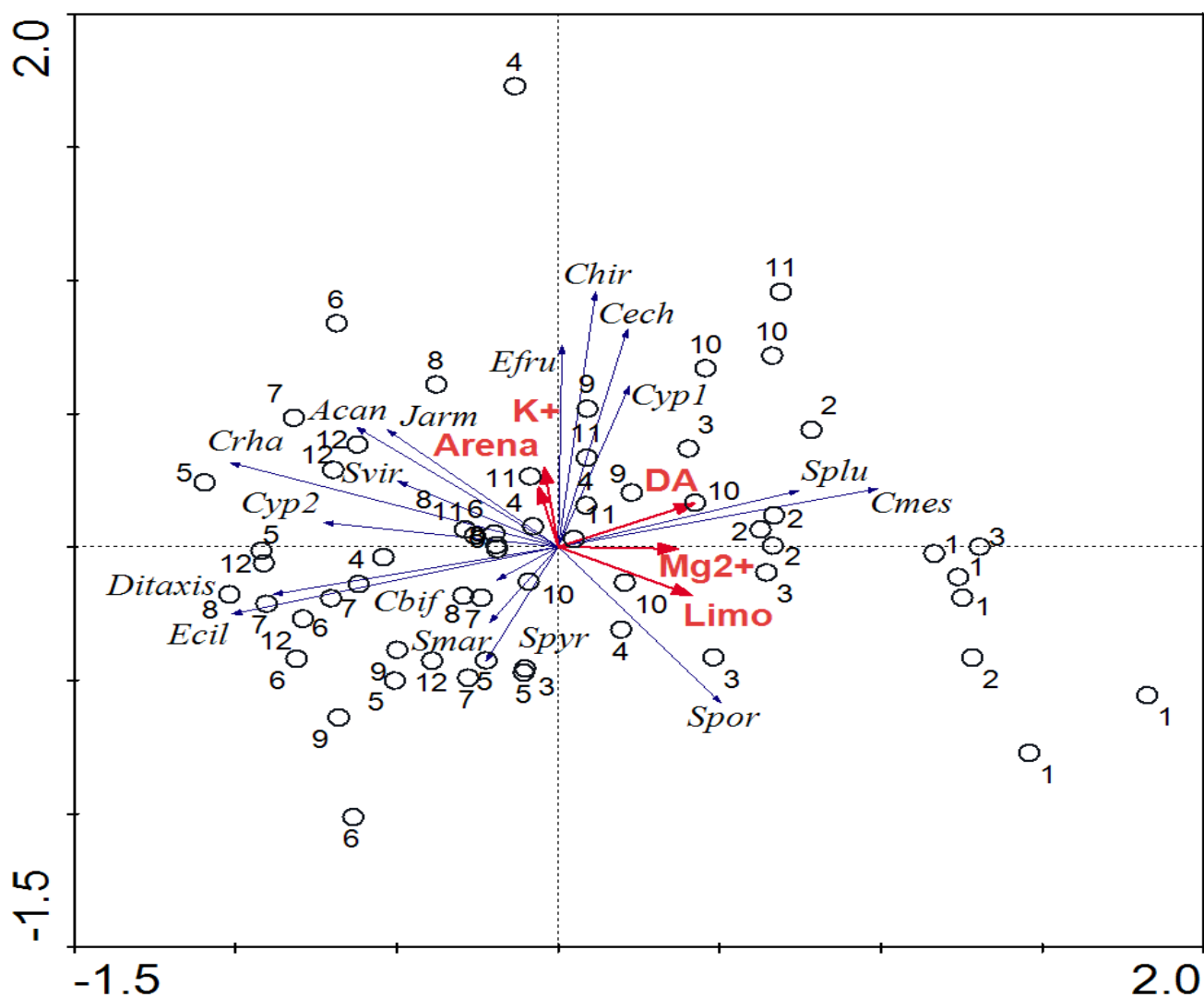


Figura 18. Triplot derivado del análisis de Redundancia Canónica (RDA) donde se muestra la asociación estadística entre los arbustales, las especies y las variables ambientales en las unidades del cayo Tortuguillo Oeste. La varianza

total del sistema 1,000 y varianza explicada por el modelo 0,310. *Crossopetalum rhacoma* (**Crha**), *Erithalis fruticosa* (**Efru**), *Jacquinia armillaris* (**Jarm**), *Suriana marítima* (**Smar**), *Scaevola plumieri* (**Splu**), *C. mesenbrianthemifolia* (**Cmes**), *C. planifolius* morfotipo 1 (**Cyp1**), *C. planifolius* morfotipo 2 (**Cyp2**), *Althernanthera* sp. (**Acan**), *Ditaxis* sp. (**Ditaxis**) *E. ciliaris* (**Ecil**), *S. virginicus* (**Svir**), *S. portulacastrum* (**Spor**), *C. hirsutus* (**Chir**), *S. pyramidatus* (**Spyr**), *C. biflora* (**Cbif**), y *C. echinatus* (**Cech**). Densidad aparente (**DA**), porcentaje de arena (**Arena**), porcentaje de limo (**Limo**), porcentaje de arcilla (**Arcilla**), concentración de potasio (**K⁺**), concentración de magnesio (**Mg²⁺**)

Discusión

Composición florística de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste

En las dunas arenosas del cayo Tortuguillo Oeste de Isla La Tortuga la composición florística es baja, 16 especies, de las cuales 6 fueron de hábito arbustivo y 10 de hábito herbáceo. Están distribuidas principalmente en: Estados Unidos, México, El Caribe, América Central y el norte de América del Sur (Britton y Millspaugh, 1962; Grisebach, 1963; Little y col., 1974; Howard, 1989; Lonard y Judd, 1997; Pezzatti y col., 1998; Negron y Watson, 2002; Carnevali y col., 2003; Gilman, 2007; Schneider, 2007).

La composición florística del cayo es similar en número de especies a lo reportado por Alarcón y Cuenca (2005) y Colmenares (2009); con 15 especies y 28 especies, respectivamente, ambos estudios fueron realizados en la zona de dunas costeras de la Península de Paraguaná, en Falcón, Venezuela.

A pesar de que existe similitud en el número de especies, la composición florística de las dunas costeras del cayo Tortuguillo Oeste y de la península de Paraguaná difieren, lo cual puede atribuirse a diferencias en el clima, el origen y tipo del sustrato, la disponibilidad de nutrientes, de agua y/o a la topografía local (Ripley y Pammenter, 2004; Gilbert y col., 2008; Medina y col., 2008).

Las especies de plantas encontradas en el cayo Tortuguillo Oeste, varían desde psamófilas, con adaptaciones para establecerse en suelos arenosos donde es común el déficit hídrico y deficiencias de nutrientes.

En particular fueron registradas especies halófilas como *S. plumieri*, *S. portulacastrum*, *C. planifolius*, *S. virginicus*, no halófilas o halotolerantes como *C. mesembrianthemifolia*, *E. fruticosa*, *C. hirsutus*, *C. echinatus*, *S. pyramidatus*, acumuladoras de potasio y calcio como *S. maritima* (Medina y col. 2008; Holf y col., 1997) y estabilizadoras de las dunas como *S. virginicus* (Little y col.; 1974; Lornad y Jubb, 1997; Gilman 1999; Araujo y Pereira 2004; Knevel y Lubke, 2004).

Araujo y Pereira (2004) reportan que muchas de las especies de ambientes de dunas arenosas costeras son hierbas como *S. virginicus* que tienen estolones o rizomas largos de crecimiento rápido, para mantener el ritmo con el enterramiento de la arena, o arbustos con adaptaciones al enterramiento como *S. plumieri* (Gilbert, 2007; Maun, 2009).

Atributos estructurales de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste

Cobertura

En los ambientes de dunas arenosas de Isla La Tortuga, específicamente en el cayo Tortuguillo Oeste, la vegetación dominante son los arbustales.

De las cinco especies de arbustos consideradas, la que presentó menor cobertura en todo el cayo fue *E. fruticosa* (0,54%). Medina y colaboradores (2012), para el bosque costero La Guánica en Puerto Rico, desarrollado sobre sustratos calcáreos, reportan la especie como una de las dominantes en el bosque costero, con una cobertura promedio de 69 m², en un área de 1021m², esto representa una cobertura de 6,7%.

C. rhacoma y *J. armillaris*, también son reportadas para el bosque costero de Puerto Rico, sin embargo, la cobertura fue más baja que la reportada en el presente trabajo.

Estas diferencias entre los arbustales sobre dunas de arena en el cayo Tortuguillo Oeste y el bosque costero de Puerto Rico, podrían atribuirse a diferencias en la disponibilidad de agua y nutrientes (Ripley y Pammenter, 2004; Gilbert y col., 2008; Medina y col., 2012). La precipitación en el bosque costero es de 791 mm, mientras que en el cayo es de 320 mm.

De acuerdo a la composición florística y la cobertura, se definieron dos zonas, la primera zona comprendida por las unidades 1, 2, 3, 10 y 11 ubicadas al sur-este y sur del cayo, y la segunda zona compuesta por el resto de las unidades (Figura 22).

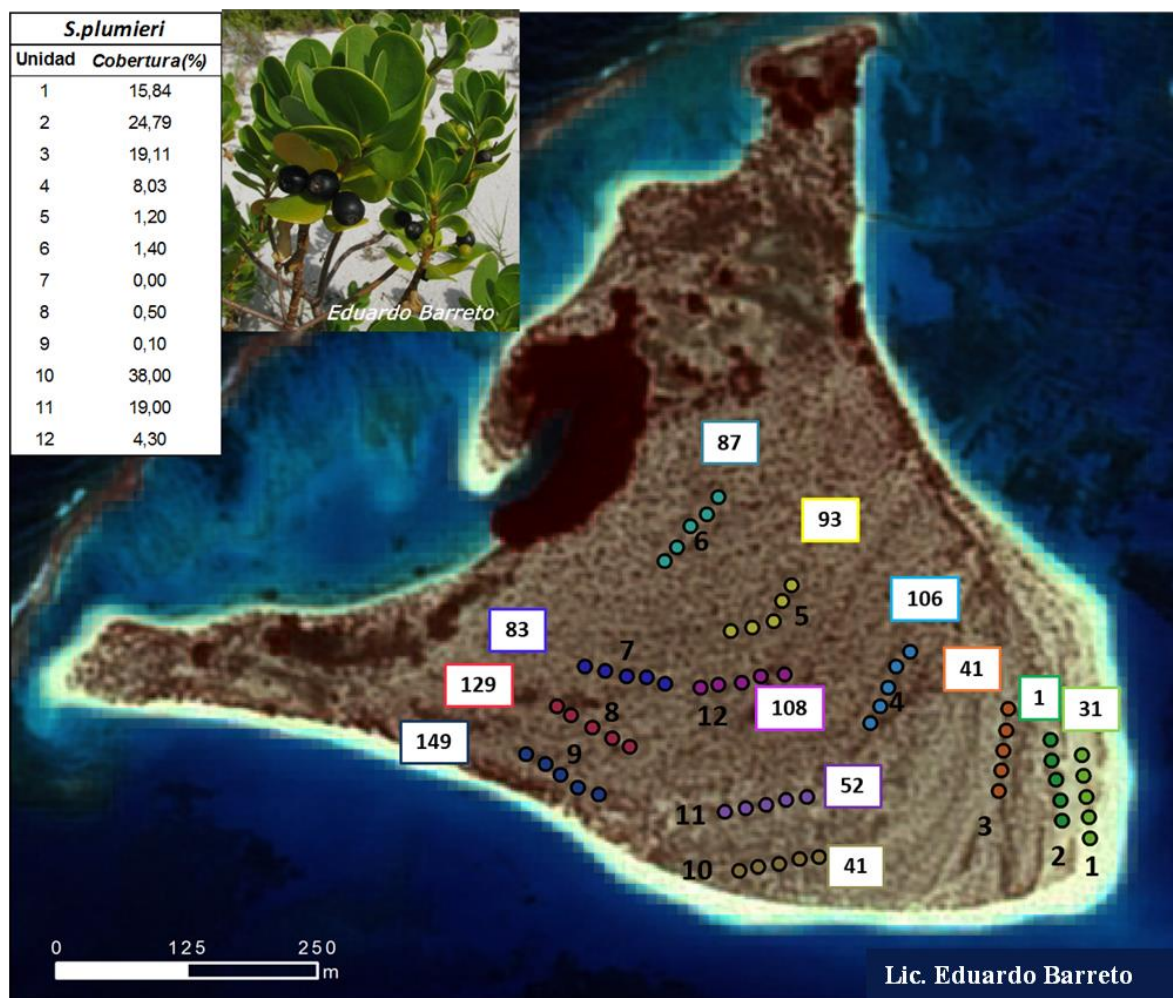


Figura. 19. Valores de cobertura total de los arbustos en el cayo Tortuguillo Oeste. Los valores en los recuadros adyacentes a los puntos que representan el transecto y las respectivas parcelas establecidas en cada unidad (numeradas del 1 al 12), corresponde a la sumatoria de la cobertura total de las especies *C. rhacoma*, *E. fruticosa*, *J. armillaris* y *S. marítima*. La cobertura total de *S. plumieri*

en cada unidad se muestra en la tabla adjunta en la parte superior izquierda de la figura.

En la primera zona la especie dominante y con mayor cobertura fue *S. plumieri*, presentando el valor más alto en la unidad 10 con 38%, seguido de la unidad 2. En la segunda zona la especie dominante fue *C. rhacoma* con la más alta cobertura seguida de *S. maritima*, *J. armillaris* y por último *E. fruticosa*, esta última, fue la especie menos abundante y con menor cobertura.

El análisis de imágenes de diferentes años del cayo Tortuguillo Oeste, Isla La Tortuga, mostró cambios importantes en la línea de costa. En la zona sur-este-este, es evidente el proceso de acumulación de sedimentos (comunicación personal Lic. Eduardo Barreto). Lo anterior podría explicar la dominancia de especies que toleran el enterramiento como *S. plumieri* y *S. virginicus* (Gilbert, 2007; Maun, 2009).

S. plumieri, en diversos estudios de ambientes de dunas arenosas costeras es considerada una especie pionera, que se reproduce de forma vegetativa, presentando una conexión subterránea entre ramas, lo cual le permite ser más tolerante a los factores abióticos como los fuertes vientos y el enterramiento (Araujo y Pereira, 2004; Knevel y Lubke, 2004; Gilbert y col., 2008; Maun, 2009, Martínez y col., 2009). Gilbert (2007) sugiere que el enterramiento actúa como un filtro para las especies, y es una de las principales causas de la zonificación en la costa del Este de África.

La baja cobertura de *J. armillaris* y de *E. fruticosa* puede ser explicada por las condiciones edáficas relacionadas a la textura. En los suelos arenosos existe baja capacidad de absorción y retención de agua y nutrientes, principalmente de nitrógeno y fósforo (Ripley y Pammenter, 2004, Gilbert y col., 2008).

Altura

La altura de los arbustos presentes en el cayo Tortuguillo Oeste fue menor a los 2 metros. El bajo porte de la vegetación asociada a sistemas de dunas costeras es explicado por el efecto de las frecuentes perturbaciones por movimientos de

arena causados por el viento (Araujo y Pereira, 2004; Martínez y Moreno-Casasola 1996; Maun, 2009).

Existen diversas adaptaciones en plantas de dunas arenosas costeras: 1) alta biomasa en pie y baja altura, 2) baja biomasa en pie y alta altura. (Ripley y Pammenter, 2004). La especie *S. maritima*, responde a la primera adaptación, es una especie de bajo porte, ramificada y con tolerancia a luz (Gilman, 2007; Schneider, 2007) mientras que *J. armillaris* presenta el segundo tipo de adaptación, en el cayo. Las adaptaciones antes descritas para sistemas de dunas arenosas costeras, indican una posible limitación de recursos (Ripley y Pammenter, 2004).

En la Isla La Tortuga *J. armillaris* y *E. fruticosa* presentan altos valores de grosor cuticular, tanto en la epidermis adaxial como abaxial, estos altos valores son característicos de plantas que habitan en regiones áridas (Wilkinson 1979; Lindorf y col., 1991) y probablemente constituyen un rasgo adaptativo de estas especies en respuesta a las condiciones ambientales extremas de la Isla La Tortuga. Estas adaptaciones confieren protección contra la luz intensa, evitando el sobrecalentamiento de los tejidos internos y de la lámina foliar por un incremento de la reflectancia (Roth 1984), adicionalmente las paredes celulares epidérmicas gruesas y lignificadas (caso de *J. armillaris*), pueden evitar daños mecánicos provocados por el viento y prevenir el colapso o marchitamiento de los tejidos de la hoja cuando hay excesiva pérdida de agua (Daubenmire 1988; Lindorf y col., 1991).

Se ha descrito que en el bosque costero de Puerto Rico, la especie *C. rhacoma* presenta una altura de 87 cm, valor menor al obtenido en el cayo Tortuguillo Oeste (104 cm). Las especies *E. fruticosa* y *J. armillaris* presentan un mayor desarrollo estructural en el bosque costero de Puerto Rico (con alturas de 136 y 185 cm respectivamente), en comparación a lo obtenido en el cayo (109 y 123 cm de altura). Las diferencias encontradas podrían atribuirse a una baja disponibilidad de agua dulce y de nutrientes (Ripley y Parammenter, 2004; Gilbert y col., 2008), y a el efecto menos pronunciado del viento en el bosque costero.

Alarcon y Cuenca (2005) encontraron un alto porcentaje de micorrización en las especies de dunas costeras de la Península de Paraguaná, como el caso de *S.plumieri*, *S. maritima* y *S. virginicus* .Otro factor limitante en el desarrollo de las plantas de dunas costeras es el enterramiento por arena, la disponibilidad de nutrientes, principalmente del nitrógeno y el fósforo, y la interacción ente ellos (Maun, 2009; Gilbert y col, 2008).

Medina y colaboradores (2008) sugieren que el bajo porte es una característica que favorece el establecimiento de plantas de hábito herbáceo, en suelos arenosos. Lo cual logró observarse para las especies de hábito herbáceo encontradas en el presente trabajo.

Condiciones edáficas de los arbustales

En el caso del cayo Tortuguillo Oeste las variables edáficas cuantificadas presentaron una baja correlación y alta homogeneidad, resultados que difieren de los encontrados por otros autores, los cuales han demostrado que las variables abióticas cambian a lo largo del sistema de dunas costeras, existiendo disminución de la salinidad a medida que se adentra al continente, así mismo, las variables como pH, materia orgánica, humedad y nutrientes, también presentan variación en este tipo de ambientes.(Willis y col., 1959; Sauer, 1976, Doing 1985; Barbour y col., 1985).Oosting y Billings 1942, Olson 1958, Holton y Johnson 1979).

La localización de la Isla La Tortuga al norte de la Fosa de Cariaco sobre una plataforma ígnea-metamórfica (Galaviz y Louder 1971), y las dimensiones del cayo (44 ha aproximadamente), explican la poca variabilidad de las condiciones edáficas en los arbustales. Sin embargo, observando los datos se puede decir que existe una tendencia, la densidad aparente de los suelos es menor, y, el porcentaje de humedad y el contenido de materia orgánica son mayores en las unidades internas, pertenecientes a la segunda zona o también denominada zona de duna estable (Gilbert, 2007).

Estudios realizados en las dunas de la Península de Paraguaná en Falcón, reflejan una variación de pH del suelo entre 7,97 y 8,7 (Colmenares, 2009 y Alarcón y Cuenca, 2005), valores básicos, sin embargo para el cayo Tortuguillo

Oeste los suelos fueron un poco más básicos, esto puede ser explicado por la geología del sustrato, en el cayo los suelos son calcáreos, presentando un valor promedio de 8,84. El contenido de materia orgánica fue de 2,96% porcentaje mayor al determinado para la Península de Paraguaná el cual fue de 0,74% (Alarcon y Cuenca, 2005).

La densidad aparente para el cayo fue igual a la reportada en la Península de Paraguaná (Alarcon y Cuenca, 2005).

La concentración de cationes, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} y Ca^{2+} en el cayo Tortuguillo Oeste fueron mayores a las reportadas por Medina y colaboradores (2012) en comunidades halófilas de la Costa Oriental Paraguaná. Las diferencias entre ambas localidades pueden atribuirse a diferentes condiciones y/o factores. Las mayores concentraciones de calcio y magnesio pueden deberse a diferencias en la geología del sustrato, siendo los suelos de la Isla La Tortuga de origen carbonatico (carbonatos de calcio y magnesio: calcita, dolomita y aragonita). Una alta exposición a los vientos, mayor influencia del aerosol salino y bajas precipitaciones en el cayo posiblemente explican las mayores concentraciones del resto de los cationes (Mendez, 2007; Medina y col., 2008).

Relación de las condiciones edáficas y atributos estructurales de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste

El Análisis de Redundancia mostro que la composición de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste, responden principalmente a variaciones en la textura del suelo (porcentaje de arena, limo, arcilla) y la densidad aparente. Estas variables ambientales solo explican un 30% ($p=0,0020$) de la estructura comunitaria de los arbustales (arbustos y hierbas). Otros procesos como las interacciones bióticas y otras variables ambientales no cuantificadas, como la topografía y el contenido de nutrientes podrían explicar las diferencias en la composición florística de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste.

El perfil del suelo en los ambientes de dunas arenosas costeras representa una serie de tiempo donde se encuentran desde playas recientes a playas más

antiguas a menudo estabilizadas (Kim y Yu, 2009; Moreno-Casasola, 2004; Lubke, 2004). Los eventos eólicos aportan continuamente granos de arenas desde las fuentes externas, generando zonas cronológicamente más recientes. Las áreas menos expuestas a la acción del viento, se caracterizan por sustratos estabilizados y de mayor edad.

En la Isla La Tortuga, los vientos predominantes tienen sentido Este-noreste (Figura 20), tomando como referencia información de la Isla de Margarita, específicamente de Playa El Yaque (Windfinder, consulta en línea). En este sentido las unidades más expuestas a la acción del viento son las ubicadas al sur-este y sur del cayo (1, 2, 3, 10 y 11).

El viento es un factor abiótico que influye directamente en el desarrollo estructural de las especies de dunas costeras (Maun, 2009). Las plantas que ocupan la duna frontal o delantera pueden ser sometidas a tensiones asociadas con las limitaciones de recursos, así como a la perturbación por factores abióticos, como el viento y el aerosol salino (Ripley y Pammenter, 2004, Maun, 2009). Buckley (1987) demostró que una cobertura de 17% de las plantas de bajo porte ayudan a la reducción de más de un 80% en el movimiento de arena por los vientos.

Avis (1982) afirma que el movimiento de la arena es un componente natural e intrínseco de la dinámica del sistema de dunas costeras. La forma de las dunas está en constante cambio por la erosión o acreción de arena en respuesta a los factores climáticos y ambientales experimentado a lo largo de la costa.

Gilbert (2007) afirma que el enterramiento actúa en la zonación de las dunas de la costa de África, generando dos zonas, una zona de duna-móvil y una zona de duna-estable. Un patrón similar a lo observado en el presente estudio. En las zonas de sedimentación más recientes dominan *S. plumieri* se encuentra asociada a *C. mesembrianthemifolia*, *S. portulacastrum*, *C. planifolius* morfotipo 1 y *C. echinatus*. Estas especies dominan en las zonas de dunas móviles, expuestas a la acción del viento y al enterramiento por arena (Araujo y Pereira, 2004; Knevel y Lubke, 2004; Gilbert y col., 2008; Maun, 2009, Martínez y col., 2009; Alarcon y Cuenca, 2005; Gilbert, 2007), por el contrario, el resto de las

especies arbustivas (*E. fruticosa*, *C. rhacoma*, *C. hisutus*, *J. armillaris*, *S. maritima*) dominan en la zonas denominadas como más antiguas, que según Gilbert (2007) corresponden a las dunas más estabilizadas.

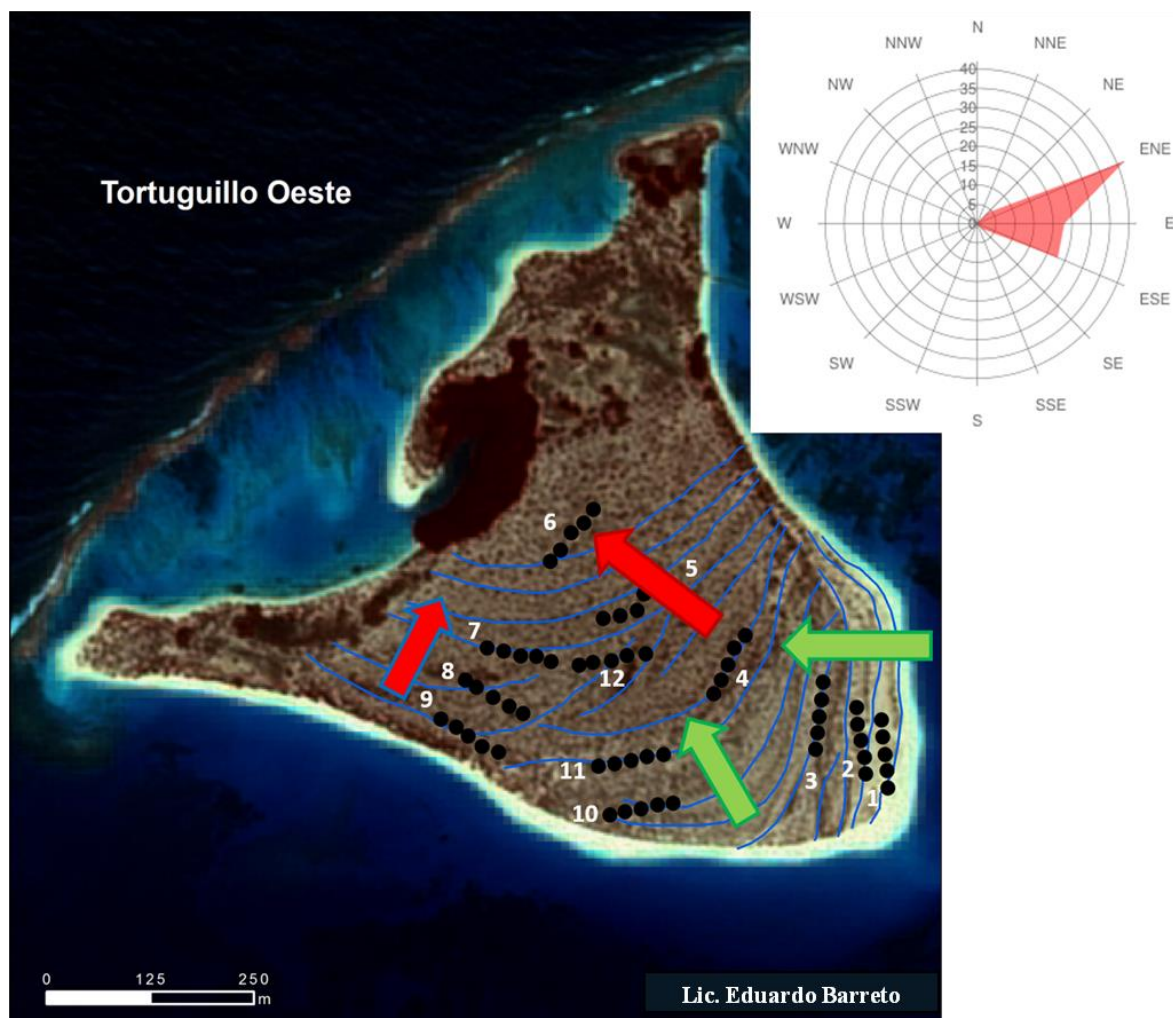


Figura. 20. Representación de los patrones de sedimentación del sustrato por acción del viento y de las corrientes, indicado por las líneas azules. Las zonas más recientes están señalada por las flechas verdes, y las más antiguas por las flechas rojas. La figura adjunta en la esquina superior derecha representa la dirección del viento dominante (Figura e interpretación de Eduardo Barreto).

CONSIDERACIONES FINALES

Los principales factores que pueden influir en el desarrollo de las comunidades de plantas de dunas arenosas costeras son: el contenido de materia orgánica, la humedad del suelo, el pH y la textura. Sin embargo en el presente estudio se refleja una alta homogeneidad en las variables ambientales, explicando solo un 30% la estructura comunitaria de los arbustales del cayo Tortuguillo Oeste.

Otros factores abióticos: el contenido de nutrientes, disponibilidad del agua, topografía y la influencia del viento, y bióticos como la competencia, no considerados en este estudio podrían explicar la variabilidad en la composición florística y estructura de la vegetación en los arbustales del cayo. La especie *S. plumieri* refleja la dinámica de zonación y/o sucesión observada en el cayo, ya que se encuentra establecida en la zona más expuesta a los procesos eólicos, presentando mayor cobertura en esta zona de reciente sedimentación.

En la actualidad, existen diversos proyectos turísticos en la zona, lo cual representa un alto riesgo para las comunidades de plantas presentes. Estos proyectos turísticos generarían una alta actividad en las zonas de playa lo cual podría afectar directamente a las especies pioneras y estabilizadoras del sustrato y consecuentemente el resto de las especies presentes.

Se sugiere continuar con esta línea de investigación, a manera de conocer los procesos e interacciones que determinan la dinámica de este tipo de ambientes costeros arenosos para el país y que los mismos contribuyan a generar una figura de protección para estas comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajbilou, R., Marañón, T., Marañón, J. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For* **12(2)**:111-123
- Adams, D.A. 1963. Factors influencing vascular plant zonation in North Carolina salt marshes. *Ecology* **44**: 445-456.
- Alarcon, C., Cuenca, G. 2005. Arbuscular mycorrhizas in coastal sand dunes of the Paraguaná Peninsula, Venezuela. *Mycorrhiza* **16**: 1-9.
- Álvarez, J., Ariza, F., Silla, R. 2000. Soil salinity and moisture gradients and plant zonation in Mediterranean salt marshes of southeast Spain. *Wetlands* **20(2)**: 357-372.
- Araujo, D., Pereira, M. 2004. Sandy Coastal Vegetation. International commission on tropical biology and natural resources. Encyclopedia of life support systems (EOLSS).
- Aristeguieta, L. 1956. Vegetación. In: El Archipiélago de los Roques y la Orchila. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Ed. Sucre, Caracas.
- B. Ramani, T. Reeck, A. Debez, R. Stelzer, B. Huchzermeyer, A. Schmidt, J. 2006. Papanbrock, Aster tripolium L. and Sesuvium portulacastrum L.: two halophytes, two strategies to survive in saline habitats, *Plant Physiol. Biochem.* **44**: 395-408.
- Barbour, M. 1970. Seedling ecology of *Cakile maritima* along the California coast. *Bull Torrey Bot Club*. **97**:280–289.
- Barbour, M.G., Dejong, T.M., and Pavlik, B.M. 1985. In “ Physiological Ecology of North American Plant Communities”. Chabot, B., Mooney, H. 296-322.
- Barbour, M., Rejmanek, M., Johnson, A., Pavlik, B. 1987. Beach vegetation and plant distribution patterns along the northern Gulf of México. *Phytocoenología*. **15**: 201-233.
- Barros-Henriques, R., Hay, J. 1992. Nutrient content and the structure of a plant community on a tropical beach-dune system in Brazil. *Acta Oecologica*. **13**:101–117
- Borhidi, A. 1993. Dry coastal ecosystems of Cuba. Págs: 423–452: Van der Maarel, ed., Ecosystems of the world 2B. Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Elsevier, Amsterdam.
- Boyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*. **54**: 464-465.
- Bradford, K., Hsiao, T. 1982. Physiological responses to moderate water stress. Págs: 264-316 In: Lange, O. L., P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler (eds). Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Springer. Berlin. Alemania.
- Britton, N., y Millspaugh, C. 1962. The Bahama flora. The New York Botanical Garden, New York. 695 p.
- Buckley, T.M. Miller, J.M. Farquhar, G.D. 2002. The mathematics of linked optimisation for water and nitrogen use in a canopy. *Silva Fennica* **36(3)**: 639-669.
- Callaway, R. 1997. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. *Oecología*. **112**: 143-149.

- Carnevali, G., Hernández-Aguilar, S., y Tapia, J. 2003. A new *Jaquinia* (Theophrastaceae) from the Yucatán Peninsula with a Synopsis of Pale-Flowered Species in Mesoamerica. *Novon* Vol. **13**: 289-295.
- Chapman, V. 1978. Coastal vegetation. Pergaman press. Oxford.
- Clayton, W. D., y Renvoize, S. 1986. *Genera Graminum: Grasses of the World*. Her Majesty's Stationary Office, London.
- Colmenares, M. 2009. Caracterización Fisonómico-Florística de la Vegetación de Dunas Costeras en el Sector Sur-Este de la Península de Paraguaná. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Crawford, R.M.M. 1989. Studies in plant survival. *Blackwell scientific publications. Oxford* 296 pp.
- Daniel, W. 2002. Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4° edición. Editorial Limusa Wiley.
- Daubenmire, R. 1988. *Ecología Vegetal*. Limusa, S.A. de C.V., México.
- Davidse, G. y Pohl, G. 1994. Poaceae. Flora Mesoamericana. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. **6**.
- De Lacerda L., De Araujo, D., Maciel, N. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. Págs: 477–493: Van der Maarel, ed., Ecosystems of the world 2B. Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Elsevier, Amsterdam.
- Doing, H. 1983. Geomorphology and soil of dune. En: Dijkema, K., Wolff, W. (eds), Págs: 145-154. Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal áreas. Stichting Veth.
- Doing, H. 1985. Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. *Vegetatio* **61**: 65-75.
- Dokosi, O.B. (1998). Herbs of Ghana. Ghana Unive Press, Accra.
- Eleuterius, L.N., and C.K Eleuterius.1979. Tide levels and salt marsh zonation. *Bulletin of Marine Science*. **29**:394-400.
- Espejel, I. 1992. Coastal sand dune communities and soil relationships in the Yucatan Peninsula, Mexico. En: U Seeliger (ed) *Coastal Plant communities of Latin America*. Chapter **20**. 323 - 335.
- Espejel, I.1984. La vegetación de las dunas costeras de la península de Yucatán. I. Análisis florístico del Estado de Yucatán. *Biotica*.**9**: 183-210.
- Fenu, G., Cogoni, D., Ferrara, C., Pinna, M., y Bacchetta, M. 2012. Relationships between coastal sand dune properties and plant community distribution: The case of Is Arenas (Sardinia). *Plant Biosystems*, **146(3)**: 586–602.
- Fenu,G., Cogoni,D., Ferrara, C.,Pinna,M.,Bacchetta,G.2012. Relationships between coastal sand dune properties and plant community distribution: The case of Is Arenas (Sardinia). *Plant biosystems*. **146(3)**: 586-602.
- Franks, S. 2003. Facilitation in multiple life-history stages: evidence for nucleated succession in coastal dunes. *Plant Ecology*. **168**:1-11.
- Gilbert, M. 2007. The Zonation Of Coastal Dune Plants In Relation To Sand Burial, Resource Availability And Physiological Adaptation. Tesis Doctoral. Rhodes University.

- Gilbert, M., Pammenter, N., y Ripley, B. 2008. The growth responses of coastal dune species are determined by nutrient limitation and sand burial. *Oecologia*. **156**: 169-178.
- Gilman, E.F. 1999. *Suriana maritima*. Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL. 3 p.
- Gilman, E.F. 2007. *Suriana maritima* Bay Cedar. Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL. 565p.
- Godfrey, P., Herchenreder, K. 1985. The flora and vegetation of sand Cay (21° 12'N, 71° 15') in the turks and caicos islands, southern Bahamas. Proceedings of The First Symposium on The Botany of The Bahamas, June 11-14.1985. College Center of the Finger lakes. Bahamian Field station San Salvador, Bahamas. (ed) Robert Smith.
- Grisebach, A. 1963. Flora of the British West Indian Islands. J. Cramer-Weinheim. New York. 789 p.
- Guevara, S. 1986. Plant species availability and regeneration in Mexican tropical rain forest. *Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science* **48**. Uppsala University.
- Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* **25**: 101-110.
- Hinde, H.P.1954. The vertical distribution of salt marsh phanerogams in relation to tide levels. *Ecological Monographs*. **24**: 209-225.
- Holton, B., Johnson, A. 1979. Dune scrub communities and their correlation with environmental factors at Point Reyes National Seashore California. *Journal of Biogeography*. **6**: 317-328.
- Houle, G. 1997. No evidence for interspecific interactions between plants in the first stage of succession on coastal dunes in subarctic Quebec, Canada. *Can J Bot* **75**: 902-915
- Howard, R. 1989. Flora of the Lesser Antilles, Leeward and Windward Islands. Arnold Arboretum, Harvard University, Jamaica Plain, MA. **6**: 658 p.
- Hoyos, J. 1985. Flora de la Isla Margarita. Monografía N°34. Sociedad y Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas.
- Jones, M., Sowerby, A., Williams, D., Jones, R. 2008. Factors controlling soil development in sand dunes: evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant soil*. **307**: 219-234.
- Kim, D., Yu, K. 2009. A conceptual model of coastal dune ecology synthesizing spatial gradients of vegetation, soil, and geomorphology. *Plant Ecology*. **202**: 135-148.
- Knevel, I., y Lubke, R. 2004. Reproductive phenology of *Scaevola plumieri*; a key coloniser of the coastal foredunes of South Africa. *Plant ecology*. **175**: 137-145.
- Lacanster, N. 2009. Dune Morphology and Dynamics. Cap 18 en: A.J. Parsons, A.D. Abrahams (eds.), *Geomorphology of Desert Environments*, 2nd ed., 557. Springer Science + Business Media B.V.
- Lathman, R., Ricklefs, R. 1993. Global patterns of tree species richness in moist forest: Energy diversity theory does not account for variation in species richness. *Oikos* **67**: 325-33.

- Legendre, P., y Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. 2nd English Ed. Elsevier Science Bv, Amsterdam, The Netherlands.
- Lemus, L., Ramírez, N. 2002. Fenología reproductiva en tres tipos de vegetación de la planicie costera de la Península de Paraguaná, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*. **53**: 266-278.
- Lichter, J. 2000. Colonization constraints during primary succession on coastal Lake Michigan sand dunes. *Journal of Ecology*. **88**: 825–839.
- Lindorf, H., De Parisca, L., y Rodríguez, P. 1991. *Botánica: Clasificación. Estructura. Reproducción*. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca, Caracas.
- Liogier, H. 1990. Plantas medicinales de Puerto Rico y del Caribe. Iberoamericana de Ediciones, Inc., San Juan, PR. 566 p.
- Liogier, H. 1994. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent Islands. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. Río Piedras, PR. **3**: 461.
- Liogier, H. 1997. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands. Editorial de la Universidad de Puerto Rico, San Juan, PR. **5**: 436.
- Little, E., Woodbury, R., y Wadsworth. F. 1974. Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agriculture Handbook U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. **2(449)**: 1024.
- Lokhande, V., Nikam, T., Patade, V., Ahire, M., y Suprasanna, P. 2011. Effects of optimal and supra-optimal salinity stress on antioxidative defence, osmolytes and in vitro growth responses in *Sesuvium portulacastrum* L, *Plant Cell Tiss.Organ. Cult.* **104**: 41-49.
- Lonard, R.I., Judd, F.W. 1997. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands. *Sesuvium portulacastrum* (L). *Journal of Coastal Research*. **13(1)**: 96-104.
- Long, R., y Lakela. O. 1976. A flora of Tropical Florida. Banyan Books, Miami, FL. 962p.
- Lubke, R. 2004. Vegetation dynamics and Succession on sand dunes of the Eastern coasta of Africa. Coastal Dunes, Ecology and Conservation. Martinez, M.L., Psuty, N. (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. *Ecological studies*.**171**: 67-84.
- Mack, R., Harper, J. 1977. Interference in dune annuals: spatial pattern and neighbourhood effects. *Journal of Ecology*. **65**:345–363.
- Martínez ML and Moreno-Casasola P. 1996. Effects of burial by sand on seedling growth and survival in six tropical sand dune species from the Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, **12**: 406–419.
- Martínez, M. 2008. Dunas costeras. *Investigación y Ciencia*. **383**: 26-35.
- Martínez, M., Moreno-Casasola, P., Rincón, M. 1994. Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de un arbusto endémico de dunas costeras antes condiciones de sequía. *Acta Botánica Mexicana*. **045**: 53-62.
- Martínez, M., Valverde, M. 1992. Las dunas costeras. *Revista Ciencias*. **26**: 35-42.
- Martínez, M.,García, J. 2004. Plant-Plant interactions in coastal dunes. Coastal Dunes, Ecology and Conservation. Martinez, M.L., Psuty, N. (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. *Ecological studies*.**171**: 205-220.
- Matteucci, S., Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Universidad nacional experimental Francisco de Miranda. Coro, Estado Falcón, Venezuela.

- Maun, M. 2009. The biology of coastal sand dunes. Oxford University Press. Primera Edición. New York. Estados Unidos.
- Mc Cartney, D., Lundgren, J., Godfrey, P. 1985. The flora and vegetation of sand cay (21°12'N, 71° 15'W) in the Turks and Caicos Islands, southern Bahamas. Proceedings of The First Symposium on The Botany of The Bahamas, June 11-14.1985. College Center of the Finger lakes. Bahamian Field station San Salvador, Bahamas. (ed) Robert. Smith.
- McVaugh, R., 1983. Gramineae. En: W. R. Anderson (ed.). Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. **14**.
- Medina, E., Cuevas, E., Molina, S., Lugo, A., Ramos, O. 2012. Structural variability and species diversity of a dwarf Caribbean dry forest. *Carribbean Journal of Sciencie*. **46(23)**: 1-13.
- Medina, E., Francisco, A., Wingfield, R., Casañas, O. 2008. Halofitismo en plantas de la costa Caribe de Venezuela: Halófitos y Halotolerantes. *Acta Botanica.Venezuelica*. **31 (1)**:49-80.
- Méndez, J. 2007 Medio Físico y Recursos Ambientales. Tomado de Geo Venezuela, Tomo 2, pp. 226-227 (Fundación Polar).
- Miller, I., y Freund, J. 1963. Probabilidad y estadística para ingenieros. Editorial Reverté S.A. New Jersey, EE.UU.
- Moreno, P., Castillo, S.1992. Dune Ecology on the Eastern Coast of Mexico. En: U Seeliger (ed) Coastal Plant communities of Latin America. Chapter **19**: 309-321.
- Moreno-Casasola, P. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras. Factores físicos. *Biotica* **7(4)**: 577-602.
- Moreno-Casasola, P. 1986. Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. *Vegetatio* **65(2)**: 67-76.
- Moreno-Casasola, P. 1988 Patterns of plant species distribution on coastal dunes along the Gulf of Mexico. *Journal of Biogeography*. **15**: 787-806
- Moreno-Casasola, P. 1993. Dry coastal ecosystems of the Atlantic coasts of Mexico and Central America. Págs: 389–405 en: Van der Maarel, ed., Ecosystems of the world 2B. Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Elsevier, Amsterdam.
- Moreno-Casasola, P. 2004. Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de la situación actual. Págs: 491-520 en: Diagnóstico ambiental del Golfo de México 2004.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley y Sons. Primera edición. New York. Estados Unidos.
- Negrón-Ortiz, V., y Watson, L. 2002. Molecular Phylogeny and Biogeography of *Erithalis* (Rubiaceae), and Endemic of the Caribbean Basin. *Plant.Syst.Evol.* Vol **234**: 71-83.
- Nelson, G. 1996. The shrubs and woody vines of Florida. Pineapple Press, Inc., Sarasota, FL. 390 p.
- Olf, H., Huisman, J., Tooren, V. 1992. Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. *Journal of Ecology*. **81**:693-706.

- Olson, J. 1958. Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan sand dunes. *Botanical gazette*. **119**: 125-170.
- Oosting, J., Billings, W. 1942. Factors affecting vegetation zonation on coastal dunes. *Ecology*. **23**: 131-142.
- Pavilk, B. 1984. Seasonal changes of osmotic pressure, simplasmic water content and tissue elasticity in the blades of dune grasses growing in situ along the coast of Oregon. *Plant Cell and Environment* **7**: 531-539.
- Pemadasa, MA, Lovell PH (1974) Interference in populations of some dune annuals. *Journal of Ecology* **62**: 855–868.
- Pennings, S., Moore, D. 2001. Zonation of shrubs in western Atlantic salt marshes. *Oecologia* **126**: 587-594.
- Peterson, P., y Giraldo-Casañas, D. 2008. *Eragrostis* (Poaceae: Chloridoideae: Eragrostideae) in Colombia. *J.Bot.Res.Inst.* **2(2)**: 875-916.
- Pezzatti, B., Irzan, T., y Lakela. 1976. A Flora of Tropical Florida Bonyan Books, Miami FL. 962 p.
- Pickett, S. 1980. Non-equilibrium coexistence of plants. *Bull Torrey Bot Club* **107**:238–248.
- Rabhi, M., Ferchichi, S., Jouini, J., Hamrouni, M., Koyro, H., Ranieri, A., Abdelly, C., y Smaoui, A. 2010. Phytodesalination of a salt-affected soil with the halophyte *Sesuvium portulacastrum* L. to arrange in advance the requirements for the successful growth of a glycophytic crop, *Bioresour. Technol.* **101**: 6822-6828.
- Ramani, B., Reeck, T., Debez, A., Stelzer, R., Huchzermeyer, B., Schmidt, A., y Papenbrock, J. 2006. *Aster tripolium* L. and *Sesuvium portulacastrum* L.: two halophytes, two strategies to survive in saline habitats, *Plant Physiol. Biochem.* **44**: 395-408.
- Randall, R. 1970. Vegetation and environment on the Barbados coast. *Journal of Ecology* **58**: 155-172.
- Ranwell, D. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall. Págs: 135-200. Londres, Inglaterra.
- Ripley, B. 2001. The ecophysiology of selected coastal dune pioneer plants of the Eastern Cape. Tesis PhDoctoral, Universidad Rhodes, South Africa.
- Ripley, B.S., Pammenter, N.W. 2004. Physiological Characteristics of Coastal Dune Pioneer Species from the Eastern Cape, South Africa, in Relation to Stress and Disturbance. Coastal Dunes, Ecology and Conservation. Martinez, M.L., Psuty, N. (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. *Ecological studies*. **171**. 137-154.
- Roth, I. 1964. *Microtecnia vegetal*. Imprenta de la Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sauer, J. 1976. Problems and prospects of vegetational research in coastal environments. *Geoscience and man*. **14**:1-16

- Schneider, J. 2007. Surianaceae. 449-455.
- Siegel, S y Castellan, N.J. 1995. Estadística no paramétrica aplicada a las Ciencias de la Conducta. Cuarta edición. Editorial Trillas, México.
- Silander, J., y Antonovics, J. 1982. Analysis of interspecific interactions in a coastal plant community – a perturbation approach. *Nature* **298**: 557–260.
- Silvestri, S., Defina A., Marani, M. 2005. Tidel regime, salinity and salt marsh plant zonation. *Estuar coast shelves*. **62**: 119-130.
- Stalter, R. 1993. Dry coastal ecosystems of the Gulf coast of the United States of America. Págs: 375–387 en: Van der Maarel, ed., Ecosystems of the world 2B. Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia and Oceania. Elsevier, Amsterdam.
- Stearn, W. 1992. The genus *Jacquinia* (Theophrastaceae) in Jamaica. *Nordic Journal of Botany* Vol **12(2)**: 231-238.
- Stevens, W., Ulloa-U, C., Pool, A., y Montiel, O. 2001. Flora de Nicaragua. Monographs of Systematic Botany. Missouri Botanical Garden Press. **85(1)**: 943.
- Steyermark, J. y colaboradores. 1994. Flora del Parque Nacional Morrocoy (Manara, B., ed). Fundación Instituto Botánico de Venezuela y Agencia Española de Cooperación Internacional (AEIC).
- Swanson F., Kratz, T., Woodmansee, R.1988. Landform effects on ecosystem patterns and processes. *Bioscience* **38**:92-98
- Sýkora, K., van den, B., Jeroen, C., Berendse, F. 2004. Changes in soil and vegetatio during dune slack succession. *Journal of Vegetation Science*. **15**: 209-218.
- Tamayo, F. 1941. Exploraciones botánicas en la Península de Paraguaná, estado Falcón. *Bol. Soc. Venez. Ci. Nat.* **47**: 1-78.
- Ter Braak, C., Y Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows. - Software for canonical community ordination. Microcomputer Power. Ithaca, N.Y., 325 pp.
- Tilman, D. 1986. Nitrogen-limited growth in plants from different successional stages. *Ecology*. **67**, 555–563.
- Tyree, M., Jarvis, P. 1982. Water in tissues and cells. In: Lange, O. L., P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler (eds). Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. *Springer – Verlag Berlin*. pp. 36-77.
- Universidad de Florida: <http://www.ufl.edu/>
- Van den Bare, A., y Watson, L. 1994. The infrageneric classification of the *Eragrostis* (Poaceae). *Taxon*. **43**: 383-422.
- Van den Wollenberg, A. L. 1977. Redundancy Analysis. An Alternative for canonical correlation analysis. *Psychometrika* **42**:207-219.
- Villaseñor, R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

- Willis, A. 1963. Branton Burrows: the effects on the vegetation of the addition of mineral nutrients to the dune soils. *Journal of Ecology*.**51**: 353–374.
- Willis, A., Yemm, E., (1961). Branton Burrows: mineral nutrient status of the dune soils. *Journal of Ecology*.**49**: 377–390.
- Willis, A.J., Folkes, B.F., Hope-Simson, J.F y Yemm, E.W. 1959. Branton Burrows: The dune system and its vegetation. I. *Journal Ecology*. **47**:1-24.
- Wilson, J., Skykes, M.1999. Is zonation on coastal sand dunes determined primarily by sand burial or by salt spray? A test in New Zeland dunes. *Ecology Letters*. **2**: 233-236.
- Zeid, M., Echenique, V., Diaz, M., Pessino, S., y Sorrelis, M. 2011. *Eragrostis* cap. 8 Genomic and Breeding resources Millets and Grasses. Springer.

Referencias Electrónicas

- Clayton, WD, Vorontsova, MS, Harman, KT y Williamson, H. (2006). GrassBase - El Mundo Online Hierba Fauna. <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>. **(Consultado el 15 de Diciembre de 2013)**
- Conabio:www.conabio.gob.mx. Heike Vibrans (ed.), 2009, Malezas de México, fecha de acceso. **Consultado el 15 de diciembre de 2013.**
- EE.UU John K. Francis, Research Forester, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Jardín Botánico Sur. <http://www.fs.fed.us/global/iitf/pdf/shrub/crossopetalum%20rhacoma.pdf>. **(Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Espejel, I.2013. Manejo de Ecosistemas de dunas costeras, criterios ecológicos y estrategias.Tomado de: www.semarnat.gob.mx [Consultado 02 de febrero de 2014]
- FAO: <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000328.htm>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Flora de Norteamérica: <http://floranorthamerica.org/>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Flora of Texas Consortium. 2002. Texas vascular plant checklist: Scrophulariaceae. http://csdl.tamu.edu/FLORA/ftc/dft/ftc_scr.htm 5 p. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. 1997. Florida's endangered species, threatened species and species of special concern. <http://floridaconservation.org/pubs/endanger.html>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Gann, G.D., Abdo, J.W., Woodmansee, K.A., Bradley, E., Grahl y Hines, K.N.. 2005-2014. Natives For Your Neighborhood. [<http://www.regionalconservation.org>.] El Instituto de Conservación Regional. Delray Beach, Florida, EE.UU. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- García, R., Torres, W., Espejel,I. Vegetación de dunas costeras. Tomado de: <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/04%20Vegetacion%20de%20dunas.pdf> [Consulta 15 de febrero de 2014]

- Garland, K. 2002. UVI Wetland Reserve plants: *Corchorus hirsutus* (jack-switch). <http://rps.uvi.edu/VIMAS/jackswitch.htm> 1 p. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Malezas de México: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cenchrus-echinatus/fichas/pagina1.htm>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- INAMEH en línea [<http://www.inameh.gob.ve/>] .Consultado el día 18 de Noviembre de 2012. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Institute of Systematic Botany. 2002. Atlas of Florida Vascular Plants: *Corchorus hirsutus*. University of South Florida, Tampa, FL. <http://www.plantatlas.usf.edu/main.asp?plantID=4142> [not paged]. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- International Reptile Conservation Foundation. 2002. Effects of introduced ungulates on the iguana of Anegada. <http://www.cyclura.com/article/articleview/248/1/6/> 12 p. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Missouri Botanical Garden. 2002. W3-Specime Data Base: Current specimen list for *Corchorus hirsutus*. http://www.mobot.mobot.org/cgi-bin/search_vast. [notpaged]. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Moreno-Casasola, P., Travieso-Bello, A. 2006. Dunas y Playas. Tomado de: <http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/VOLI/SECCIONII/DunasYPlayas.pdf>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Regional Conservation: <http://www.regionalconservation.org/>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Schaefer, J., Huegel, C., y Mazzotti, F. 2002. Butterfly gardening in Florida. Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL. http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_UW057 24 p. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Smithsonian Institution. 2002. Special status species in the Indian River Lagoon. Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, Smithsonian Institution, Washington, DC. <http://www.sms.si.edu/IRLSpec/ListedSpec.htm> 3 p. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Treeguide Inc. 2002. Florida *Crossopetalum*, *Crossopetalum rhacoma* Crantz, Celastraceae. <HTTP://www.treeguide.com>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 15 Octubre 2013 <http://www.tropicos.org/Name/25513457>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- University of the Virgin Islands. 2002. *Erithalis fruticosa* (blacktorch). <http://rps.uvi.edu/VIMAS/blacktorch.htm>. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**
- USDA: David Duvauchelle, USDA NRCS Hawaii Plant Materials Center, Hoolahua, Hawaii and Percy Magee, USDA NRCS National Plant Data Center, Baton Rouge, Louisiana Agosto 2007. [http://plants.usda.gov/factsheet/pdf/fs_spvi3.pdf]. **Consultado el 12 de Octubre de 2013).**

Anexo 1A. Comparación de distribución de clases de cobertura entre las unidades de vegetación establecidas en el cayo Tortuguillo Oeste. Los valores representan el valor de significancia estadística de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Para cada especie fue empleada la corrección de Sidak donde el nuevo nivel de significancia viene dado por la ecuación: $p = 1 - (1-\alpha)^{1/n^\circ \text{ de comparaciones}}$

<i>C. rhacoma</i> $p < 0,0013$ (n =45)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		< ,01	< ,10	< ,025	< ,05	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
4			> ,10	> ,10	> ,10	< ,01	< ,05	< ,001	< ,025	< ,10
5				> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	< ,025	> ,10	> ,10
6					> ,10	> ,10	> ,10	< ,005	< ,10	> ,10
7						< ,025	> ,10	< ,10	< ,10	> ,10
8							> ,10	< ,01	> ,10	> ,10
9								< ,05	> ,10	> ,10
10									< ,10	< ,005
11										> ,10
12										

<i>E. fruticosa</i> $p < 0,0051$ (n =10)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		> ,10	---	---	N.P	N.P	---	> ,10	> ,10	> ,10
4			---	---	N.P	N.P	---	> ,10	> ,10	> ,10
5				---	---	---	---	---	---	---
6					---	---	---	---	---	---
7						N.P	N.P	N.P	N.P	N.P
8							N.P	N.P	N.P	N.P
9								---	---	---
10									> ,10	> ,10
11										> ,10
12										

<i>J. armillaris</i> $p < 0,0014$ (n =36)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		> ,10	> ,10	> ,10	---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
4			> ,10	> ,10	---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
5				> ,10	---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
6					---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
7						---	---	---	---	---
8							> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
9								> ,10	> ,10	> ,10
10										> ,10
11										> ,10
12										

<i>S. maritima</i> $p < 0,0013$ (n =45)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		< ,025	< ,001	> ,10	< ,025	< ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
4			> ,10	> ,10	< ,01	< ,05	< ,001	< ,10	< ,10	< ,025
5				< ,05	< ,005	< ,025	< ,001	< ,10	> ,10	< ,005
6					> ,10	> ,10	< ,025	> ,10	> ,10	> ,10
7						> ,10	< ,005	> ,10	< ,10	> ,10
8							< ,01	> ,10	> ,10	> ,10
9								> ,10	< ,01	< ,01
10									> ,10	> ,10
11										< ,01
12										

No presente (N.P), unidades con un solo individuo (---).

Anexo 1B. Comparación de distribución de clases de altura entre las unidades de vegetación establecidas en el cayo Tortuguillo Oeste. Los valores representan el valor de significancia estadística de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Para cada especie fue empleada la corrección de Sidak donde el nuevo nivel de significancia viene dado por la ecuación: $p = 1 - (1-\alpha)^{1/n}$ de comparaciones

<i>C. rhacoma</i> $p < 0,0013$ (n =45)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		< ,10	< ,10	< ,005	< ,005	< ,10	< ,005	> ,10	> ,10	> ,10
4			> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
5				> ,10	< ,10	> ,10	> ,10	< ,10	< ,10	> ,10
6					> ,10	> ,10	> ,10	< ,01	< ,01	> ,10
7						< ,025	> ,10	< ,005	< ,01	< ,10
8							< ,10	> ,10	> ,10	> ,10
9								< ,025	< ,025	> ,10
10									> ,10	> ,10
11										> ,10
12										

<i>E. frutucosa</i> $p < 0,0051$ (n =10)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		> ,10	---	---	N.P	N.P	---	> ,10	> ,10	> ,10
4			---	---	N.P	N.P	---	> ,10	> ,10	> ,10
5				---	N.P	N.P	---	---	---	---
6					N.P	N.P	---	---	---	---
7						N.P	N.P	N.P	N.P	N.P
8							N.P	N.P	N.P	N.P
9								---	---	---
10									> ,10	> ,10
11										> ,10
12										

<i>J. armillaris</i> $p < 0,0014$ (n =36)										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		< ,05	< ,10	> ,10	---	> ,10	> ,10	< ,025	> ,10	< ,05
4			< ,025	> ,10	---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
5				> ,10	---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	< ,10
6					---	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
7						---	---	---	---	---
8							> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
9								> ,10	> ,10	> ,10
10									> ,10	> ,10
11										> ,10
12										

<i>S. maritima</i>										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3		> ,10	> ,10	> ,10	< ,10	< ,025	< ,025	< ,10	> ,10	< ,05
4			> ,10	> ,10	> ,10	< ,025	< ,01	< ,10	> ,10	< ,10
5				< ,10	< ,005	< ,005	< ,001	< ,025	> ,10	< ,01
6					> ,10	> ,10	< ,10	< ,10	> ,10	> ,10
7						> ,10	> ,10	> ,10	> ,10	> ,10
8							> ,10	> ,10	< ,05	> ,10
9								> ,10	< ,025	> ,10
10									> ,10	> ,10
11										< ,10
12										

No presente (**N.P**), unidades con un solo individuo (---).

Anexo 2. Condiciones edáficas de los arbustales en el Cayo Tortuguillo Oeste. Los valores representan la media y desviación estándar.

	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6	Unidad 7	Unidad 8	Unidad 9	Unidad 10	Unidad 11	Unidad 12
DA (g/cm³)	1.37 ± 0.04	1.32 ± 0.04	1.30 ± 0.15	1.30 ± 0.03	1.21 ± 0.07	1.22 ± 0.05	1.27 ± 0.03	1.33 ± 0.03	1.25 ± 0.06	1.37 ± 0.08	1.37 ± 0.04	1.27 ± 0.05
M.O (%)	2.79 ± 0.23	2.95 ± 0.42	2.52 ± 0.29	3.05 ± 0.53	3.50 ± 0.37	3.46 ± 0.59	3.53 ± 0.18	2.86 ± 0.51	2.99 ± 0.32	3.02 ± 0.29	2.65 ± 0.31	2.22 ± 0.28
Hum (%)	0.15 ± 0.06	0.17 ± 0.06	0.18 ± 0.06	0.19 ± 0.09	0.19 ± 0.11	0.22 ± 0.08	0.15 ± 0.08	0.22 ± 0.08	0.31 ± 0.07	0.31 ± 0.04	0.28 ± 0.04	0.41 ± 0.06
pH	8.91 ± 0.11	9.05 ± 0.24	9.13 ± 0.14	8.74 ± 0.30	8.60 ± 0.20	8.81 ± 0.25	8.64 ± 0.11	8.82 ± 0.15	8.68 ± 0.28	8.78 ± 0.41	9.08 ± 0.56	8.81 ± 0.20
CE (mS/cm)	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.13 ± 0.13	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.16 ± 0.14	0.19 ± 0.26	0.07 ± 0.02	0.09 ± 0.02
Are (%)	94.80 ± 1.79	97.46 ± 0.83	95.24 ± 0.89	97.31 ± 0.95	95.93 ± 2.09	95.86 ± 1.30	96.66 ± 1.08	97.20 ± 1.10	95.71 ± 0.16	97.24 ± 0.89	97.64 ± 0.25	96.26 ± 0.99
Lim (%)	3.20 ± 1.79	0.62 ± 0.99	2.76 ± 0.89	0.29 ± 0.16	0.80 ± 0.95	0.54 ± 0.83	0.29 ± 0.16	0.07 ± 0.16	0.29 ± 0.16	0.36 ± 0.00	0.07 ± 0.16	0.14 ± 0.20
Arci (%)	2.00 ± 0.00	1.93 ± 0.16	2.00 ± 0.00	2.40 ± 0.89	3.27 ± 1.34	3.60 ± 0.89	3.06 ± 1.14	2.73 ± 1.17	4.00 ± 0.00	2.40 ± 0.89	2.29 ± 0.30	3.60 ± 0.89
Na⁺ (mg/g)	3.30 ± 0.26	3.24 ± 0.10	3.30 ± 0.23	3.17 ± 0.35	3.24 ± 0.29	2.87 ± 0.15	3.16 ± 0.18	3.12 ± 0.30	3.35 ± 0.17	3.34 ± 0.15	3.27 ± 0.21	3.02 ± 0.14
K⁺ (mg/g)	8.16 ± 1.44	8.20 ± 1.21	10.46 ± 3.59	10.06 ± 4.64	9.15 ± 2.30	9.15 ± 2.83	8.27 ± 2.42	7.90 ± 1.73	8.73 ± 1.81	8.53 ± 1.73	8.55 ± 1.56	8.58 ± 1.51
Ca²⁺ (mg/g)	344.94 ± 8.38	356.56 ± 4.99	355.38 ± 8.18	329.61 ± 9.98	347.44 ± 4.05	333.86 ± 14.16	335.42 ± 8.92	339.70 ± 7.11	344.51 ± 13.73	343.80 ± 8.33	332.90 ± 12.44	329.95 ± 11.97
Mg²⁺ (mg/g)	5.92 ± 0.18	6.28 ± 0.42	5.27 ± 0.54	5.22 ± 0.17	5.17 ± 0.23	5.28 ± 0.29	4.79 ± 0.19	4.49 ± 0.48	6.10 ± 0.42	5.41 ± 0.57	5.00 ± 0.47	4.90 ± 0.63
K⁺ / Na⁺	2.48 ± 0.46	2.54 ± 0.43	3.15 ± 0.96	3.10 ± 1.05	2.83 ± 0.68	3.19 ± 0.95	2.62 ± 0.72	2.56 ± 0.67	2.60 ± 0.53	2.54 ± 0.43	2.61 ± 0.38	2.84 ± 0.49
Ca²⁺ / Mg²⁺	58.27 ± 2.57	57.05 ± 4.80	68.15 ± 8.91	63.18 ± 3.58	67.28 ± 3.25	63.46 ± 5.30	70.12 ± 3.92	76.14 ± 6.18	56.78 ± 5.63	64.16 ± 7.34	67.12 ± 8.01	68.14 ± 8.02

Densidad aparente (**DA**), contenido de materia orgánica (**M.O.**), contenido de humedad (**Hum**), conductividad específica (**CE**), porcentaje de arena (**Are**), limo (**Lim**) y arcilla (**Arc**), concentración total de sodio (**Na⁺**), potasio (**K⁺**), magnesio (**Mg²⁺**) y calcio (**Ca²⁺**), relación potasio sodio (**K⁺ / Na⁺**) y relación calcio magnesio (**Ca²⁺ / Mg²⁺**).

Anexo 3. Correlación entre las variables edáficas cuantificadas en los arbustales en el cayo Tortuguillo Oeste. Los valores de la diagonal inferior representan las correlaciones, y en la diagonal superior el nivel de significancia estadística.

	DA (g/cm ³)	M.O (%)	Hum (%)	pH	CE (mS/cm)	Are (%)	Lim (%)	Arci (%)	Na ⁺ (mg/g)	K ⁺ (mg/g)	Ca ²⁺ (mg/g)	Mg ²⁺ (mg/g)	K ⁺ / Na ⁺	Ca ²⁺ / Mg ²⁺
DA (g/cm ³)		0.04	0.74	0.02	0.12	0.06	0.90	0.01	0.07	0.07	0.53	0.83	0.01	0.57
M.O (%)	-0.26		0.00	0.02	0.68	0.58	0.23	0.49	0.91	0.56	0.63	0.57	0.62	0.40
Hum (%)	0.04	-0.36		0.62	0.48	0.26	0.00	0.02	0.90	0.71	0.08	0.53	0.74	0.92
pH	0.31	-0.30	-0.06		0.00	0.32	0.23	0.00	0.23	0.35	0.46	0.70	0.57	0.43
CE (mS/cm)	-0.21	0.05	0.09	-0.47		0.30	0.76	0.07	0.13	0.23	0.85	0.08	0.51	0.07
Are (%)	0.25	0.07	0.15	0.13	-0.14		0.00	2.64E-05	0.79	0.75	0.21	0.05	0.80	0.09
Lim (%)	0.02	-0.16	-0.42	0.16	-0.04	-0.71		0.07	0.34	0.30	0.01	0.04	0.46	0.18
Arci (%)	-0.36	0.09	0.31	-0.37	0.24	-0.51	-0.24		0.43	0.41	0.18	0.78	0.58	0.47
Na ⁺ (mg/g)	0.23	0.01	-0.02	-0.16	0.20	-0.04	0.13	-0.10		0.01	0.06	0.04	0.94	0.13
K ⁺ (mg/g)	-0.23	0.08	-0.05	-0.12	0.16	-0.04	0.14	-0.11	0.32		0.36	0.30	1.23E-30	0.14
Ca ²⁺ (mg/g)	0.08	-0.06	-0.23	0.10	-0.02	-0.16	0.33	-0.18	0.24	-0.12		0.13	0.14	0.39
Mg ²⁺ (mg/g)	-0.03	0.07	-0.08	-0.05	0.23	-2.59E-01	0.26	0.04	0.27	0.14	0.20		0.65	2.08E-29
K ⁺ / Na ⁺	-0.32	0.06	-0.04	-0.07	0.09	-0.03	0.10	-0.07	0.01	0.95	-0.19	0.06		0.29
Ca ²⁺ / Mg ²⁺	0.07	-0.11	0.01	0.10	-0.24	0.22	-0.18	-0.09	-0.20	-0.19	0.11	-0.94	-0.14	

Densidad aparente (DA), contenido de materia orgánica (M.O), contenido de humedad (Hum), conductividad específica (CE), porcentaje de arena (Are), limo (Lim) y arcilla (Arc), concentración total de sodio (Na⁺), potasio (K⁺), magnesio (Mg²⁺) y calcio (Ca²⁺), relación potasio sodio (K⁺ / Na⁺) y relación calcio magnesio (Ca²⁺ / Mg²⁺).