

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA CUANTITATIVA DE LA VEGETACIÓN EN SITIOS DE LA COSTA CENTRAL DEL GOLFO EN EL DESIERTO SONORENSE

Carlos Hugo Alcalá Galván, Dr.

Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Carretera a Bahía de Kino km. 21. Hermosillo, Sonora, México. C. P. 83000.

José Enrique Maytorena Gaytán, Biol.

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Luis D. Colosio s/n y Sahuaripa. Hermosillo, Sonora, México. C. P. 83000.

Ramón Héctor Barraza Guardado, Dr.

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Luis D. Colosio s/n y Sahuaripa. Hermosillo, Sonora, México. C. P. 83000.

Edgar Omar Rueda-Puente, Dr.

Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Carretera a Bahía de Kino km. 21. Hermosillo, Sonora, México. C. P. 83000.

Resumen:

La Costa Central del Golfo del Desierto Sonorense requiere acciones apremiantes para restauración ecológica y alternativas de desarrollo sustentable que promuevan la generación de beneficios económicos de forma compatible con la conservación de recursos naturales. Se seleccionaron cuatro sitios en la región costera del municipio de Hermosillo entre los 28°42'04" y 28°52'24" de Latitud Norte y los 111°45'39" y 111°56'48" de Longitud Oeste. Los sitios son representativos de las diversas asociaciones vegetales en variantes de estructura del suelo, topografía y grados de uso. En cada sitio se evaluó la diversidad vegetal general, la densidad de plantas, altura y cobertura aérea de arbustivas/arbóreas y la cobertura del estrato herbáceo. Se compararon índices de riqueza específica, equidad y diversidad alfa entre las comunidades vegetales. Se reconocieron como principales asociaciones vegetales el matorral arbocrasicaulescente, matorral arbosufrutescente, matorral sarcocauléscente y agrupaciones de halófitos. Se identificaron 65 especies vegetales en 26 familias. Las familias con mayor número de especies fueron Cactaceae con 12, Euphorbiaceae con 7, Fabaceae con 7 y Malvaceae con 5 especies. Los índices de riqueza y diversidad indicaron diferencias entre los sitios. Se identificaron los valores de importancia relativa entre las asociaciones vegetales para el análisis

subsecuente de la tendencia productiva y ecológica de los sitios, igualmente para la evaluación de diversidad y parámetros poblacionales de fauna silvestre asociada a cada condición de la vegetación con lo que se pretende estructurar modelos de evaluación para la identificación de prioridades y valores de factibilidad para prácticas de restauración ecológica en el Desierto Sonorense.

Palabras Clave: Diversidad, Estructura Vegetal, Desierto Sonorense.

Abstract:

The Central Gulf Coast, subdivision of the Sonoran Desert, requires urgent actions to ecological restoration and development of sustainable alternatives to promote the generation of economic benefits in a manner consistent with the conservation of natural resources. Four sites were selected in the coastal region of the municipality of Hermosillo between 28°42'04" and 28°52'24" North and 111°45'39" and 111°56'48" West. Sites are representative of the various plant associations with variants in soil structure, topography and intensities of use. General plant diversity, plant density, height and canopy cover from shrub/tree plants, and basal cover from herbaceous plants were evaluated at each site. Species richness indices, equity and diversity among plant communities were compared. Major plant associations were identified as 1) Sarcocaulous scrub, 2) Halophytes Communities, 3) Arbo-crasicaulescent scrub, and 4) Arbo-suffrutescent scrub. Sixty five plant species in 26 families were identified. Families with higher number of species were Cactaceae (12), Euphorbiaceae (7), Fabaceae (7) and Malvaceae (5). Species richness and diversity indices indicated differences between sites. Values of relative importance are identified among plant associations for subsequent analysis of productive and ecological trends as well as for the assessment of wildlife diversity and population parameters associated to each condition of the vegetation. This work is aimed to generate integral models for identifying feasibility and setting priorities for ecological restoration practices in the Sonoran Desert.

Key Words: Sonoran Desert, Diversity, Plant Community Structure

Introducción:

El Desierto Sonorense ocupa las porciones centro y noroeste del Sonora. La subdivisión del Desierto Sonorense conocida como Costa Central del

Golfo, ocurre en ambos lados del Golfo de California con muchas especies en común (Van Devender et al., 2010).

La biodiversidad florística de la Costa Central del Golfo del Desierto Sonorense (desierto sarcocaulécetes o región *Bursera-Jatropha*) según Shreve y Wiggins (1964), ha sido estudiada por diversos autores, Johnson (1977, 1982) registró la diversidad de plantas de la costa del Pacífico Norte, desde Tijuana (Baja California) hasta La Paz (Baja California Sur) y la del golfo de Santa Clara (Sonora) hasta San Blas (Nayarit). Ella determinó que los límites de las asociaciones de plantas están dados por los límites climáticos y características sedimentarias de cada región (Jiménez-Orocio et al., 2015).

Turner y Brown (1982) realizaron una descripción de las subdivisiones del Desierto Sonorense; dividiendo a la Costa Central del Golfo en 4 asociaciones: torote-cardón (*Bursera microphylla*, *B. hindsiana*-*Pachycereus pringlei*), ocotillo-sangre de drago-gobernadora (*Fouquieria splendens*-*Jatropha cuneata*-*Larrea tridentata*), Frankenia (*Frankenia palmeri*) y cactus columnares-mezquite-chamizo (*Pachycereus spp*-*Prosopis sp*-*Atriplex spp*). Posteriormente Espejel et al. (2013) realizaron un listado florístico de todas las zonas costeras del país, donde clasifican 6 regiones florísticas, con inclusión de las costas de Sonora en la región denominada Golfo de California Continental. Peinado et al. (1994) consideraron que la región Central del Golfo en la Península de Baja California posee notables diferencias florísticas con respecto a las partes continentales. En cuanto a la región del Golfo de California Continental ha habido pocos estudios de las comunidades vegetales, comparado con la región Golfo de California Peninsular, por lo que se busca contribuir al conocimiento florístico y

Comment [JD2]:

Comment [JD3]:

Comment [JD4]:

funcional de las comunidades de la Costa Central del Golfo, en el Estado de Sonora.

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Hermosillo, Sonora, en la costa sonorensis, la cual ha sido impactada por diversas acciones antrópicas desde actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas, recreativas, hasta el desarrollo de complejos turísticos y habitacionales. Estas actividades ocasionan en diversas medidas impactos sobre las características estructurales de la vegetación y en consecuencia sobre el hábitat de fauna silvestre. Es importante identificar medidas efectivas para la restauración y conservación biológica basadas en el conocimiento científico que permitan a la vez diseñar acciones alternativas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El análisis de la estructura y condiciones que definen la condición actual de las comunidades vegetales es imprescindible para permitir a investigadores, conservacionistas y legisladores encontrar un común denominador en la restauración ecológica.

Los resultados generados a partir de este trabajo permitirán desarrollar estrategias de manejo para mejorar y conservar las condiciones ecológicas y productivas de las comunidades vegetales y la fauna silvestre asociada. De igual forma se busca contribuir a la definición de alternativas de aprovechamiento y generación de beneficios económicos para los poseedores de la tierra en esta región del país.

El estudio se realizó con la finalidad de obtener datos cuantitativos de las comunidades vegetales en 4 sitios de la Costa Central del Golfo del Desierto Sonorense y contribuir al desarrollo de propuestas de manejo y conservación.

Objetivos

- 1) Determinar la composición botánica y condición ecológica actual de las comunidades vegetales en 4 sitios de la Costa Central del Golfo del Desierto Sonorense.
- 2) Generar indicadores cuantitativos de la riqueza, equidad y valores de diversidad verdadera.
- 3) Describir parámetros estructurales como densidad poblacional, altura media de árboles y arbustos, cobertura aérea de especies leñosas, cobertura del estrato herbáceo de la vegetación en los 4 sitios.

Área de estudio

Los sitios de estudio se ubican dentro de los predios “San Nicolás” y “El Fresnillo” (Fig. 1), que se encuentran en la costa de Hermosillo. Los productores propietarios de los predios participantes manifestaron interés para el registro de parte de sus terrenos como Áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

Además, los sitios se ubican en zona contigua al Estero La Cruz con denominación internacional como Sitio RAMSAR para protección y conservación de los ecosistemas de humedales, así como área de importancia para la conservación de aves. Igualmente se encuentran cercanos a varias regiones prioritarias para la conservación como son la Sierra Seri, al Canal el Infernillo y a la región hidrológica prioritaria Isla Tiburón-Río Bacoachi (Arriaga et al., 2000; Arriaga et al., 2002)



Figura 1. Localización del área de estudio

Comment [JD6]:

El Predio San Nicolás colinda al Norte con el Estero Santa Cruz, al Oeste con el Golfo de California, al Este y Sur con granjas acuícolas de camarón. El Predio El Fresnillo colinda al Oeste con Bahía de Kino, al Sur con el Estero; los cuales se encuentra situadas entre la Carretera Estatal Sonora No. 26 (Hermosillo-Bahía de Kino).

El clima es el cálido muy árido, con temperatura media anual de 22 a 24 °C, temperatura media para el mes más frío de 13 a 14 °C, con un período libre de heladas que varía de 295 a 330 días al año; la precipitación pluvial es de 75 a 250 mm anuales (Rzedowky y Huerta 1978)

Comment [JD7]:
referencia mas reciente

Las asociaciones de vegetación se describen de acuerdo a COTECOCA (1974) que reconoce los siguientes tipos de vegetación: 1) Matorral Sarcocaulalescente Subinerme, 2) Agrupación de Halófitas, 3) Matorral Arbocrasicaulescente y 4) Matorral Arbosufrutescente.

Comment [JD8]:
de estas siglas?.

Los suelos pertenecen al grupo zonal de los sierozem, en planos aluviales profundos, en cerriles son de formación *in situ*, someros, pedregosos y rocosos; dominan las texturas arenosas y existen áreas de dunas. También existen suelos franco-arenosos y de migajones arenosarcillosos; son de color claro, con muy bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno y presentan la tendencia a la acumulación de sales, en general son suelos bien drenados (Rzedowky y Huerta 1978).

Comment [JD9]:
referencia mas reciente

Métodos

En cada sitio representativo de las asociaciones vegetales se ubicaron stands de muestreo para el registro de la composición botánica, densidad, altura, cobertura aérea de especies leñosas y cobertura del estrato herbáceo. En cada sitio se registró la localización geográfica y se realizaron las mediciones de la vegetación mediante punto centrado en cuadrante para el estrato arbustivo/arbóreo y parcelas circulares de 1 m² para el estrato herbáceo. Se siguieron las recomendaciones técnicas recomendadas por Elzinga et al. (1998), Además de los muestreos oficiales se realizaron recorridos para análisis visuales de la vegetación circundante y obtener un listado florístico de área de estudio en el entendimiento que no todas las especies presentes en un sitio aparecen en los muestreos.

La identificación taxonómica se realizó en base a las obras de Shreve y Wiggins (1964), Felger (2001) y comparación con ejemplares de áreas afines al estudio que se encuentran depositados en el Herbario USON y la consulta de colecciones en base de datos de la Red de Herbarios del Noroeste de México (Herbanwmex.net).

Se generaron estimadores de la composición botánica de cada comunidad vegetal, así parámetros estructurales de la arquitectura vegetal

como son cobertura de la copa de árboles y arbustos, altura de las plantas, cobertura basal del estrato herbáceo y la cubierta del suelo por mantillo orgánico.

Se calcularon varios índices de riqueza de especies, equidad y diversidad vegetal de acuerdo a metodología descrita por Jost (2006) y Moreno *et al.* (2011)

Comment [JD10]

Resultados y Discusión

Se seleccionaron sitios representativos de las 4 asociaciones vegetales dentro de los predios de productores participantes. La Figura 2 muestra la distribución de las asociaciones vegetales en el terreno. Los puntos de observación y registro de las características de vegetación variaron de 60 a 160 para las cuatro asociaciones vegetales (60, 84, 160 y 160 puntos de observación y medición para los Sitios 1 a 4 respectivamente).

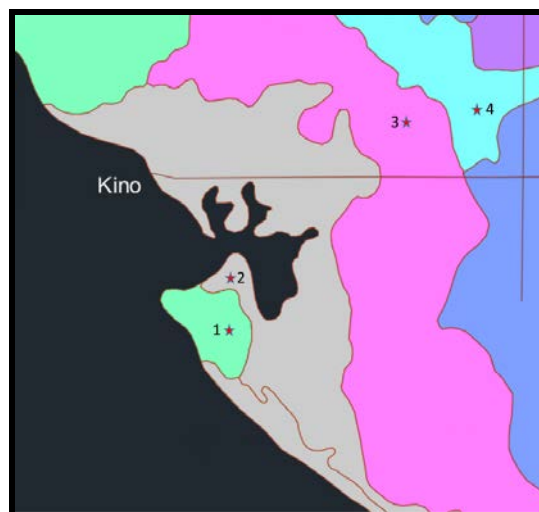


Figura 2. Distribución de asociaciones vegetales en el área de estudio

Comment [JD11]

Sitio 1. Matorral sarcocauléscente subinermé: representado por especies arbustivas, de baja altura y de tronco blando. La vegetación es una asociación de arbustivas con especies herbáceas. Las especies más características son *Bursera*, *Jatropha*, con una altura que varía de 1 a 2 metros y especies menos dominantes como *Encelia*, *Fouquieria* y *Simmondsia*.

Sitio 2. Agrupaciones de halófitas: representado por especies de arbusto halófitos de poca altura con tallos u hojas suculentas, con suelos arenosos profundos, alta concentración de sales y especies resistentes al enterramiento por arena. Las especies principales son *Maytenus phyllanthoides*, *Jatropha cinerea* y *Jatropha cuneata*, con una altura promedio de 1.5 a 2 metros, en asociación con especies suculentas, como Cactáceas.

Sitio 3. Matorral arbocraucáuléscente: representado por especies arbustivas de 1 a 3 metros de alto y cactáceas columnares de 3 a 6 metros, que sobresalen del estrato arbustivo. La vegetación es una asociación de árboles y arbustos con cactáceas que le dan un aspecto muy característico. Las especies arbustivas más comunes son *Prosopis*, *Lycium* y *Atriplex*, junto con cactáceas como *Cylindropuntia*, *Pachycereus*, *Carnegiea*, *Lophocereus*.

Sitio 4. Matorral arbofrutescente: representado por especies de arbustos y árboles de baja talla, que se presentan de forma abierta y dispersa. La vegetación es una asociación de árboles, arbustos, junto con Cactáceas columnares. Las especies más características son *Jatropha*, *Atriplex* y *Cylindropuntia*, con una altura de entre 0.5 y 1.5 metros, y cactáceas columnares como *Stenocereus*, *Carnegiea*, *Lophocereus* y *Pachycereus* de entre los 1.5 a 7 metros

En total se identificaron 65 especies vegetales en 26 familias para los cuatro sitios (Cuadro 1). Las familias con mayor número de especies fueron

Cactaceae con 12, Euphorbiaceae con 7, Fabaceae con 7 y Malvaceae con 5 especies.

Cuadro 1. Listado florístico del total de especies registradas en los 4 sitios estudiados.

Comment [JD12]

| Familia | Nombre científico | Familia | Nombre científico |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Acanthaceae | <i>Justicia californica</i> | Euphorbiaceae | <i>Jatropha cuneata</i> |
| Amaranthaceae | <i>Amaranthus palmeri</i> | Fabaceae | <i>Errazurizia megacarpa</i> |
| Asteraceae | <i>Encelia halimifolia</i> | Fabaceae | <i>Hoffmansegia intricata</i> |
| Asteraceae | <i>Eupatorium sagittatum</i> | Fabaceae | <i>Olnya tesota</i> |
| Asteraceae | <i>Palafoxia arida</i> | Fabaceae | <i>Parkinsonia microphylla</i> |
| Asteraceae | <i>Perityle emoryi</i> | Fabaceae | <i>Parkinsonia sp</i> |
| Boraginaceae | <i>Tiquilia palmeri</i> | Fabaceae | <i>Prosopis juliflora</i> |
| Burseraceae | <i>Bursera hidsiana</i> | Fabaceae | <i>Psorothamnus emoryi</i> |
| Burseraceae | <i>Bursera microphylla</i> | Fouquieriaceae | <i>Fouquieria splendens</i> |
| Cactaceae | <i>Carnegiea gigantea</i> | Frankeniaceae | <i>Frankenia palmeri</i> |
| Cactaceae | <i>Cylindropuntia arbuscula</i> | Krameriaceae | <i>Krameria bicolor</i> |
| Cactaceae | <i>Cylindropuntia bigelovii</i> | Loasaceae | <i>Mentzelia adhaerens</i> |
| Cactaceae | <i>Cylindropuntia fulgida</i> | Loranthaceae | <i>Struthanthus palmeri</i> |
| Cactaceae | <i>Cylindropuntia leptocaulis</i> | Malvaceae | <i>Abutilon abutiloides</i> |
| Cactaceae | <i>Cylindropuntia versicolor</i> | Malvaceae | <i>Abutilon sp</i> |
| Cactaceae | <i>Cylindropuntia thurberi</i> | Malvaceae | <i>Horsfordia alata</i> |
| Cactaceae | <i>Ferocactus emoryi</i> | Malvaceae | <i>Melochia tomentosa</i> |
| Cactaceae | <i>Lophocereus schottii</i> | Malvaceae | <i>Sphaeralcea coulteri</i> |
| Cactaceae | <i>Mammillaria grahamii</i> | Nyctaginaceae | <i>Abronia maritima</i> |
| Cactaceae | <i>Pachycereus pringlei</i> | Poaceae | <i>Penicetum ciliare</i> |
| Cactaceae | <i>Stenocereus thurberi</i> | Poaceae | <i>Sporobolus virginianus</i> |
| Capparaceae | <i>Atamisquea emarginata</i> | Rhamanaceae | <i>Colubrina viridis</i> |
| Celastraceae | <i>Maytenus phyllanthoides</i> | Rhamanaceae | <i>Ziziphus obtusifolia</i> |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex barclayana</i> | Simmondsiaceae | <i>Simmondsia chinensis</i> |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex linearis</i> | Solanaceae | <i>Datura discolor</i> |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex polycarpa</i> | Solanaceae | <i>Lycium andersonni</i> |
| Cleomaceae | <i>Wislizenia palmeri</i> | Solanaceae | <i>Lycium sp</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Croton californicum</i> | Viscaceae | <i>Phoradendron brachystachyum</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Ditaxis neomexicana</i> | Theophrastaceae | <i>Jacquinia pungens</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia eriantha</i> | Zygophyllaceae | <i>Fagonia sp</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia leucophylla</i> | Zygophyllaceae | <i>Larrea tridentata</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia micromera</i> | Zygophyllaceae | <i>Viscanea geniculata</i> |
| Euphorbiaceae | <i>Jatropha cinerea</i> | | |

En el sitio 1 Matorral Sarcocauléscente Subinérme se encontraron 32 especies en 16 familias; las familias con más número de especies son las Cactaceae (10), Fabaceae (4). En este sitio sobresalieron 13 especies en la caracterización de la comunidad. Los datos de composición botánica, promedio de cobertura por planta, cobertura por hectárea y promedio de alturas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies sobresalientes y caracterización de la estructura de comunidad vegetal Matorral Sarcocaulalescente

| Especie | Composición botánica | Promedio cobertura/planta | Cobertura por ha | Promedio de alturas (metros) |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------|------------------------------|
| <i>Bursera microphylla</i> | 10.71 | 8.79 | 768.40 | 2.38 |
| <i>Hoffmanseggia intricata</i> | 1.19 | 0.16 | 18.93 | 1.00 |
| <i>Colubrina viridis</i> | 3.57 | 3.88 | 138.12 | 2.00 |
| <i>Cylindropuntia fulgida</i> | 10.71 | 0.64 | 125.33 | 0.72 |
| <i>Jatropha cinerea</i> | 20.24 | 3.13 | 1269.45 | 2.04 |
| <i>Jatropha cuneata</i> | 25.00 | 3.48 | 1065.13 | 1.44 |
| <i>Krameria bicolor</i> | 1.19 | 3.14 | 93.50 | 0.50 |
| <i>Lycium sp</i> | 2.50 | 8.34 | 927.21 | 1.85 |
| <i>Maytenus phyllanthoides</i> | 5.95 | 13.16 | 1957.66 | 1.78 |
| <i>Olneya tesota</i> | 1.19 | 7.07 | 33.66 | 3.00 |
| <i>Pachycereus pringlei</i> | 3.57 | 10.14 | 226.45 | 8.67 |
| <i>Prosopis sp</i> | 2.38 | 7.07 | 269.28 | 2.00 |
| <i>Simmondsia chinensis</i> | 13.10 | 3.93 | 389.42 | 1.28 |

Comment [JD13]

Comment [JD14] alineados a la izquierda

En el sitio 2 Agrupaciones de Halófitas se encontraron 38 especies en 19 familias; las familias más representativas son las Cactácea (8), Euphorbiaceae (6) y Fabaceae (5). En el muestreo sobresalieron 11 especies que se muestran en el Cuadro 3 con los datos de composición botánica y promedio de las alturas por especies.

En el sitio 3 Matorral Arbocrasicaulescente se encontraron 29 especies pertenecientes a 16 familias; las de mayor número de especies son Cactaceae (8). El Cuadro 4 muestra las características estructurales de este sitio.

En el sitio 4 Matorral Arbosufrutescente se encontraron 25 especies pertenecientes a 16 familias; las de mayor número de especies son Cactaceae (7). El Cuadro 5 muestra las 18 especies sobresalientes y los valores para composición botánica, promedio de cobertura por planta, cobertura por hectárea y promedio de alturas.

Cuadro 3.- Especies sobresalientes y caracterización de la estructura de comunidad vegetal en el Sitio Agrupaciones de Halófitas

| Especie | Composición botánica | Cobertura por ha | Promedio de alturas (metros) |
|-----------------------------------|----------------------|------------------|------------------------------|
| <i>Bursera microphylla</i> | 11.67 | 232.10 | 1.64 |
| <i>Cylindropuntia fulgida</i> | 1.67 | 98.62 | 1.67 |
| <i>Cylindropuntia leptocaulis</i> | 1.67 | 65.10 | 1.32 |
| <i>Encelia halimifolia</i> | 20.00 | 414.16 | 1.07 |
| <i>Fouquieria splendens</i> | 3.33 | 461.36 | 2.60 |
| <i>Horsfordia alata</i> | 3.33 | 158.54 | 0.90 |
| <i>Jatropha cinerea</i> | 33.33 | 674.83 | 1.09 |
| <i>Jatropha cuneata</i> | 15.00 | 300.82 | 1.22 |
| <i>Krameria bicolor</i> | 3.33 | 87.66 | 0.88 |
| <i>Mammillaria grahamii</i> | 3.33 | 138.74 | 0.08 |
| <i>Simmondsia chinensis</i> | 3.33 | 33.59 | 1.30 |

Comment [JD16]

Comment [JD16]
alineados a la izquie**Cuadro 4.- Especies sobresalientes y caracterización de la estructura de comunidad vegetal en el Sitio Matorral Arbocrasicaulescente**

| Especie | Composición botánica | Promedio de cobertura/planta | Cobertura por ha | Promedio altura (metros) |
|-------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------|--------------------------|
| <i>Atriplex polycarpa</i> | 33.75 | 1.51 | 1379.15 | 0.86 |
| <i>Carnegie gigantea</i> | 5.00 | 0.50 | 14.24 | 1.88 |
| <i>Cylindropuntia fulgida</i> | 20.00 | 1.16 | 477.32 | 1.00 |
| <i>Jatropha cinerea</i> | 23.13 | 1.46 | 413.71 | 1.00 |
| <i>Krameria bicolor</i> | 1.88 | 1.55 | 56.40 | 0.77 |
| <i>Larrea tridentata</i> | 0.63 | 1.25 | 28.28 | 1.80 |
| <i>Lophocereus schottii</i> | 0.63 | 3.00 | 83.38 | 1.66 |
| <i>Lycium sp</i> | 0.63 | 0.30 | 23.97 | 0.88 |
| <i>Pachycereus pringlei</i> | 10.63 | 1.51 | 443.67 | 6.72 |
| <i>Ditaxis neomexicana</i> | 1.88 | 0.47 | 42.58 | 0.69 |
| <i>Ambrosia dumosa</i> | 1.25 | 0.67 | 48.36 | 0.58 |
| <i>Stenocereus thurberi</i> | 0.63 | 1.77 | 4.60 | 3.50 |

Comment [JD17]

Composición específica de las comunidades

En el Matorral Sarcocaulcescente Subinerme las especies más abundantes fueron *Jatropha cuneata* (25%) y *Jatropha cinerea* (20%), seguido de *Simmondsia chinensis* (13%) y *Bursera microphylla* (11%). Las especies con

mayor cobertura de la copa fueron *Maytenus phyllanthoides* (1958 m²/ha), *Jatropha cinerea* (1270 m²/ha) y *Jatropha cuneata* (1065 m²/ha).

Cuadro 5. Especies sobresalientes y caracterización de la estructura de comunidad vegetal Matorral Arbosufrutescente

Comment [JD18

| Especie | Composición botánica | Densidad por ha | Promedio cobertura/planta | Cobertura por ha | Promedio de altura (metros) |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|---------------------------|------------------|-----------------------------|
| <i>Atamisquea emarginata</i> | 0.63 | 22.68 | 5.47 | 124.07 | 2.40 |
| <i>Atriplex barclayana</i> | 0.63 | 10.33 | 4.37 | 45.13 | 1.33 |
| <i>Atriplex polycarpa</i> | 33.13 | 766.38 | 1.53 | 1172.57 | 0.86 |
| <i>Carnegiea gigantea</i> | 3.75 | 108.28 | 0.88 | 95.28 | 3.63 |
| <i>Cylindropuntia fulgida</i> | 6.25 | 115.62 | 0.76 | 87.87 | 0.90 |
| <i>Encelia halimifolia</i> | 5.63 | 118.69 | 0.40 | 47.48 | 0.60 |
| <i>Eupatorium sagittatum</i> | 2.50 | 25.08 | 3.66 | 91.81 | 1.29 |
| <i>Jacquinia pungens</i> | 1.25 | 25.59 | 3.60 | 92.14 | 1.91 |
| <i>Jatropha cinerea</i> | 5.63 | 129.89 | 1.41 | 183.15 | 0.98 |
| <i>Krameria bicolor</i> | 0.63 | 5.74 | 1.73 | 9.93 | 0.72 |
| <i>Larrea tridentata</i> | 5.00 | 187.61 | 3.00 | 562.84 | 1.21 |
| <i>Lycium sp</i> | 15.63 | 224.39 | 4.10 | 920.01 | 1.92 |
| <i>Maytenus phyllanthoides</i> | 6.25 | 81.46 | 7.70 | 627.21 | 2.01 |
| <i>Pachycereus pringlei</i> | 0.63 | 27.05 | 2.43 | 65.74 | 5.00 |
| <i>Prosopis juliflora</i> | 10.00 | 75.47 | 18.70 | 1411.36 | 3.19 |
| <i>Sphaeralcea coulteri</i> | 1.25 | 28.48 | 0.31 | 8.83 | 1.24 |
| <i>Lophocereus schottii</i> | 0.63 | 7.38 | 5.81 | 42.88 | 3.80 |
| <i>Parkinsonia microphylla</i> | 0.63 | 3.09 | 29.70 | 91.67 | 3.45 |

En la vegetación de agrupaciones de halófitas, las especies más abundantes son *Jatropha cinerea* (33%) y *Encelia halimifolia* (20%), seguido de *Jatropha cuneata* (15%) y *Bursera microphylla* (12%). Entre las especies con mayor cobertura aérea se encuentran *Jatropha cinerea* y *Fouqueiria splendens* y *Encelia halimifolia*, especies características de la comunidad.

En el matorral arbocrasicaulescente la especie más abundante fue *Atriplex polycarpa* (34%), seguido de *Jatropha cinerea* (23%) y *Cylindropuntia fulgida* (20%). La especie con mayor cobertura fue *Atriplex*

(1379 m²/ha), *Cylindropuntia fulgida* (477 m²/ha) y *Pachycereus pringlei* (444 m²/ha)

En el matorral arbosufrutescente las especies arbustivas con más abundancia y cobertura fueron *Atriplex polycarpa* (abundancia=33%, cobertura 1173 m²/ha), seguido de *Lycium* sp. (16% y 920 m²/ha) y *Prosopis juliflora* (10% y 1411 m²/ha). Estas especies representaron el 58% de la composición botánica.

En cuanto a la condición del estrato herbáceo se registraron las especies presentes y la cobertura basal de las plantas. Se registró también la cobertura por materia orgánica, en este caso principalmente proveniente de material vegetal senescente (Cuadro 6). El sitio 1 registró mayor representación del estrato herbáceo con una cobertura media del 30%. Las especies presentes en este estrato fueron *Tiquilia canescens* y *Euphorbia micromera*.

Cuadro 6. Condiciones del estrato herbáceo en cada asociación vegetal

| Asociación Vegetal | Cobertura estrato herbáceo (%) | Especies presentes | Suelo Desnudo (%) | Materia Orgánica (%) |
|-------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------|----------------------|
| Matorral Sarcocauléscente Subinerme | 30 | <i>Tiquilia palmeri</i> y <i>Euphorbia micromera</i> | 62 | 8 |
| Agrupaciones de Halófitos | <1 | Euphorbiaceae <i>Encelia</i> | 79 | 20 |
| Matorral Arbocrasicaulescente | 1 | <i>halimifolia</i> y <i>Cylindropuntia fulgida</i> | 47 | 52 |
| Matorral Arbosufrutescente | 1 | <i>Cylindropuntia fulgida</i> | 71 | 28 |

Comment [JD19] alineados a la izquie

La cobertura por materia orgánica indica la permanencia de material vegetal desprendida de las plantas y la oportunidad de incorporación de nutrientes en forma cíclica. El matorral arbocrasicaulescente presentó la mayor cobertura de materia orgánica (52%) seguida por el matorral arbosufrutescente y las agrupaciones de halófitos. Las especies principales

que aportan materia orgánica aparente fueron *Jatropha cinérea*, *Jatropha cuneata* y *Pachycereus pringlei*.

Comment [JD20]

Estructura de las comunidades

Con el fin de obtener mayores elementos de análisis para las comunidades vegetales, se compararon índices de riqueza específica, equidad y diversidad alfa entre las comunidades vegetales

Riqueza y equidad de especies

Para los índices de riqueza específica de especies, se utilizaron los índices de Margalef y Menhinick. Para los análisis de equidad se utilizaron los índices de Sheldon y Pielou (Cuadro 7), los cuales se basan en la relación del número total de especies sobresalientes y las proporciones o composición de cada una de ellas en la comunidad.

Según el índice de Margalef el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) presenta el mayor índice de riqueza específica ($R_1=3.34$), seguido del sitio 2 (agrupaciones de halófitas) con $R_1=2.70$ y por último, y el sitio 1 (matorral sarcocauléscente) con $R_1=2.44$ y el sitio 4 (matorral arbosufrutescente) con $R_1=2.16$.

Comment [JD21]
correctamenteComment [JD22]
correctamenteComment [JD23]
correctamente

Para el índice de Menhinick el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) y el sitio 1 (matorral sarcocauléscente) presentan el mayor índice de riqueza específica con $R_2=1.42$, seguido por el sitio 2 (agrupaciones de halófitas) con $R_2=1.41$ y el sitio 4 (matorral arbosufrutescente) con $R_2=0.94$.

Según estos índices el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) es el que presenta mayor riqueza específica de especies, esto se debe a que este sitio es la comunidad vegetal como mayor número de especies sobresalientes en el muestreo.

Tanto el índice de Pielou (J') como el de Sheldon (E_{She}), muestran casi el mismo comportamiento en los resultados de los sitios, por lo que se concluye que los sitios con una mayor distribución equitativa de la diversidad de especies, se presentan en el sitio 1 (matorral sarcocauléscente) con $J'=0.55$ y $E_{She}=0.35$ y en el sitio 2 (agrupación de halófitas) con $J'=0.58$ y $E_{She}=0.33$, por último los sitios 4 (matorral arbosufrutescente) con $J'=0.48$ y $E_{She}=0.29$ y el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) con $J'=0.53$ y $E_{She}=0.24$; estos índices representan la homogeneidad de la distribución y densidad de especies, e indica que el valor más bajo corresponde al sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) y 4 (matorral arbosufrutescente), valor mínimo encontrado debido a la abundancia de *Atriplex polycarpa*.

Cuadro 7. Índices de riqueza y equitatividad de especies calculados para las cuatro comunidades vegetales

| | | Riqueza específica | | Equitatividad | |
|-----------|---------|--------------------|-----------|---------------|---------|
| | | Margalef | Menhinick | Sheldon | Pielou |
| Índice | | R_1 | R_2 | E_{She} | J' |
| Comunidad | Sitio 1 | 2.4424 | 1.4201 | 0.3503 | 0.55693 |
| | Sitio 2 | 2.7083 | 1.4184 | 0.3323 | 0.58375 |
| | Sitio 3 | 3.3496 | 1.4230 | 0.2457 | 0.53038 |
| | Sitio 4 | 2.1674 | 0.9487 | 0.2909 | 0.48699 |

Comment [JD24

Comment [JD25
celda

Para la diversidad de especies, se utilizaron los índices de diversidad de Simpson, de Shannon-Wiener, Serie de Hill y Diversidad Verdadera de Jost (Cuadro 7). Todos estos índices toman en cuenta las especies en relación con su abundancia. Los números de diversidad de Hill (N_1 y N_2) sirvieron para el cálculo de diversidad verdadera o especies equivalentes en el índice de Jost. En la serie de números de Hill, N_0 es el número total de especies registradas en el muestreo o el equivalente a la diversidad alfa. En este caso,

el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) presentó el mayor número de especies (18), el valor de N1 es el número de especies abundantes por sitio, mostrando que el sitio 2 y 3 presentan una mayor cantidad de especies abundantes (11) y N2 es el número de especies muy abundantes por sitio, los cuales el mayor valor de N2 se presenta de igual manera en los sitios 2 y 3.

Cuadro 7. Índices de diversidad vegetal calculados para las cuatro comunidades vegetales

| Índices de Diversidad | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------|------------|---------------|---------------------------------|
| Comunidad | Simpson D_{Si} | Simpson Diversidad $1-D_{Si}$ | Shannon- Wiener H' | Hill N1 | Hill N2 | Hill N2/N1 | Just Diversidad Verdadera |
| Sitio 1 | 0.1933 | 0.8067 | 1.92665 | 9.5848 | 5.17241 | 0.53965 | 8.391001 |
| Sitio 2 | 0.1513 | 0.8487 | 2.16015 | 11.3907 | 6.61039 | 0.58033 | 10.01415 |
| Sitio 3 | 0.1634 | 0.8366 | 2.21165 | 11.8491 | 6.12147 | 0.51662 | 12.35454 |
| Sitio 4 | 0.2222 | 0.7778 | 1.74585 | 8.4491 | 4.50070 | 0.53269 | 7.4392 |

Comment [JD26]

Comment [JD27]
filas: uniformizar.

Para el índice de Simpson (D) nos muestra que el sitio 4 (matorral arbosufrutescente) presenta mayor índice (0.22), seguida del sitio 1 (agrupación de halófitas) con 0.19. Esto quiere decir que los sitios 1 y 4 tienen una mayor probabilidad de que al sacar 2 especies al azar sin repetición estas sean las mismas. Esto es lo que se considera el opuesto a diversidad, por lo que se calcularon los valores 1-D de Simpson para el valor que si indica la diversidad o lo que significa la probabilidad de que al extraer dos especies sin reposición de la comunidad las dos especies sean diferentes. Las especies más dominantes que influyen el sitio 4 es *Atriplex polycarpa* y en el sitio 1 *Jatropha cinerea*.

Así, el índice inverso de Simpson (1-D), nos muestra el valor de mayor diversidad para el sitio 2 (matorral sarcocauléscente) con 1-D=0.84, seguida del sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente) con 1-D=0.83, y por último sitio 1

(agrupaciones de halófitas) con $1-D=0.80$ y el sitio 4 (matorral arbosufrutescente) con $1-D=0.77$. Esto implica que los sitios 2 y 3 tienen una mayor probabilidad de que al sacar 2 especies, estas sean diferentes.

Para el área de estudio, según el índice de Shannon-Wiener el sitio que presenta la mayor diversidad en cuanto a la abundancia de especie, es el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente), con $H'=2.21$ y sitio 2 (matorral sarcocauléscente) con $H'=2.16$, seguido del sitio 1 (agrupaciones de halófitas) con $H'=1.92$ y el sitio 4 (matorral arbosufrutescente) con $H'=1.74$, los que nos indica que los sitio 2 y 3 muestran una distribución de abundancia de especies mayormente equitativa.

El índice de Jost o diversidad verdadera nos muestra el valor más alto para el sitio 3 (matorral arbocrasicaulescente), con 12.35, y el valor más bajo para el sitio 4 (matorral arbosufrutescente), esto quiere decir que en el sitio 3 hay 1.66 veces más diversidad de especies que en el sitio 4.

Se realizó también un cuadro de complementariedad de especies (Cuadro 9) para identificar las especies únicas por comunidad vegetal (negritas), porcentaje de complementariedad de especies (en porcentaje) y las especies en común (bajo la línea diagonal de especies únicas) entre los sitios.

Cuadro 9. Cuadro de complementariedad (C_{ab}) de especies entre pares de comunidades vegetales

| Sitios | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 6 | 29% | 29% | 24% |
| 2 | 19 | 14 | 18% | 13% |
| 3 | 11 | 13 | 2 | 11% |
| 4 | 14 | 16 | 19 | 4 |

Comment [JD28

El sitio 2 presenta el mayor número de especies únicas (14), el sitio 3 con segunda mayor diversidad presenta el menor número de especies únicas (2). La complementariedad de especies en el sitio 1, varió entre 24% y 29% con las otras comunidades vegetales. La mayor compatibilidad de especies se observó entre los sitios 1 con 2 y 3 con 4 que coincide con la continuidad de condiciones físicas ambientales en el terreno.

Conclusiones:

Los resultados obtenidos mostraron que en el área de estudio se distribuyen las comunidades vegetales en observación conforme a las características de condiciones ambientales. Esto se ve reflejado en cuanto a la diferencia en su composición, estructura y diversidad que existe en las 4 comunidades, siendo el sitio 2 (agrupación de halófitas) y sitio 3 (matorral arbocraucalcescente) las comunidades más similares en cuanto a los parámetros estudiados.

Se presentaron además diferencias en el análisis estadístico, de acuerdo a los diversos índices de diversidad, obteniendo que el sitio 1 (matorral sarcocaulcescente) muestra una mayor diversidad, riqueza y equitabilidad de especies.

La diversidad de especies de acuerdo a la comparación de los índices (Pielou $S_1=0.77$, $S_2=0.09$, $S_3=0.08$, $S_4=0.11$, Shannon-Wiener $S_1=2.77$, $S_2=0.37$, $S_3=0.35$, $S_4=0.43$ y) fue diferente entre estos, los cuales disminuían a medida que se aumentaba el número de especies registradas en los muestreos.

Los resultados del análisis estadístico mostraron cuantitativamente el valor de cada especie dentro de cada comunidad vegetal. Las familias con mayor diversidad e importancia fueron Cactaceae con 12, Euphorbiaceae con 7, Fabaceae con 7 y Malvaceae con 5 especies.

Las especies con más abundancia fueron *Jatropha cinerea*, *J. cuneata*, *Bursera microphylla*, *B. hindsiana*, *Atriplex polycarpa* y *Prosopis juliflora* en coocurrencia con cactáceas columnares como *Pachycereus pringlei*, *Stenocereus thurberi*, *Lophocereus schottii* y *Cylindropuntia* spp.

Estos resultados nos dan una idea de la importancia que reflejan las especies dentro de cada comunidad, ya que muchas especies sirven para el aprovechamiento tanto para los seres humanos como fauna silvestre, además de contar como información botánica, para el manejo y conservación adecuada del ecosistema y que sirve para diagnosticar el estado actual de las poblaciones y su potencial de restauración.

En síntesis y de acuerdo a las condiciones en que se desarrolló el estudio, las conclusiones sobresalientes de los resultados se enumeran de la siguiente manera:

- 1) Los sitios 4 y 1 presentan mayor diversidad. De acuerdo al índice de Shannon-Wiener estas comunidades presentan distribución de abundancias mayormente equitativa. El cálculo de especies efectivas (Jost) indica que el sitio 4 (mayor diversidad) es 1.66 veces más diverso que el sitio 3 (menor diversidad)

- 2) El número de especies en común entre las comunidades varió entre 11 y 19. Notando los valores mayores en comunidades continuas geográficamente

- 3) Ocho de las 65 especies vegetales registradas están presentes en las 4 comunidades. Estas especies son: *Perityle emoryi*, *Carnegiea*

gigantea, Cyllindropuntia fulgida, C. leptocaulis, Maytenus phyllanthoides, Jatropha cinerea, Prosopis juliflora, Krameria bicolor

4) Las especies más abundantes fueron *Jatropha cinerea, J. cuneata, Bursera microphylla, Atriplex polycarpa* y *Prosopis juliflora* en presencia con cactáceas columnares como *Pachycereus pringlei, Stenocereus thurberi, Lophocereus schottii* y *Cyllindropuntia* spp.

5) La caracterización de diversidad y estructura de las comunidades estudiadas nos permite evaluar la condición ecológica actual para establecer monitoreos subsecuentes que permitan no solo un análisis descriptivo sino funcional y su tendencia para acciones de conservación y aprovechamiento sustentable

Referencias:

Aguirre-Murrieta, R., Johnson, D., Carrillo, L., Y Noriega, F. (1974). Coeficientes de agostadero para el estado de Sonora. *COTECOCA-SAG, México, 133*.

Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. (2002). "Aguas continentales y diversidad biológica de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Consulta el 21 de septiembre del 2016 en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html>

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. Consulta el 21 de septiembre del 2016 en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>

Elzinga, C. L., D. W. Salzer, and J. W. Willoughby. (1998). Measuring and Monitoring Plant Populations. BLM Technical Reference 1730-1, BLM/RS/ST-98/005+1730. Bureau of Land Management, Denver, Colorado.

Espejel, I., Peña-Garcillán, P., Moreno-Casasola, P., Castillo, G., León de la Luz, J. L., Sánchez, J.,... & Durán, R. (2013). Proyecto de Flora de Playas y Dunas Costeras de México. *HJ007: México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, 3er Informe Técnico*.

Felger, R.S., Johnson, M.B. and Wilson, M.F. (2001) The trees of Sonora, Mexico. Oxford University Press, Oxford.

Johnson, A.F. (1977). A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and Southern gulf coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography*, 7:83–99.

Johnson, A.F. (1982). Dune vegetation along the Eastern shore of the Gulf of California *Journal of Biogeography*, 9:317–330.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*. 113:363-375.

Jiménez-Orocio, O., Espejel, I., y Martínez, M. L. (2015). La investigación científica sobre dunas costeras de México: origen, evolución y retos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 486-507.

- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda, N. P. Pavón. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de Biodiversidad*. 82:1249-1261.
- Peinado, M., Alcaraz, F., Delgadillo, J., De La Cruz, M., Alvarez, J., y Aguirre, J. L. (1994). The coastal salt marshes of California and Baja California. *Vegetation*. 110(1):55-66.
- Rzedowski, J. y Huerta, L. (1978). *Vegetación de México* (Vol. 432). México: Limusa
- Shreve, F., and Wiggins, I. L. (1964). *Vegetation and flora of the Sonoran Desert* (Vol. 591). Stanford University Press.
- Van Devender, T. R., Felger, R. S., Fishbein, M. A. R. K., Molina-Freaner, F. E., Sánchez-Escalante, J. J., y Reina-Guerrero, A. L. (2010). Biodiversidad de las plantas vasculares. En: Molina-Freaner y Van Devender (eds.) (2010). *Diversidad biológica de Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF, México*, 229-261.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F.,... y Umaña, A. M. (2006). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. *Manual de Métodos Para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia*, 185-226.