

Characterization of the flora diversity of the San Ignacio oasis, Baja California Sur

Caracterización de la diversidad de la flora del oasis San Ignacio, Baja California Sur

Nancy Silva-Ávila; Francisco Javier Hernández*; Juan A. Nájera-Luna; Carlos E. Aguirre-Calderón; Tilo G. Domínguez-Gómez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Calle Tecnológico núm. 1, col. La Forestal, El Salto. C. P. 34942. Durango, México.

*Corresponding author: fcojhernan@yahoo.com.mx; tel.: +52 618 147 6379.

Abstract

Introduction: Sustainable management of oases needs knowledge of the conditions of composition and diversity of the species living there.

Objective: Estimating and comparing the diversity and structure of vegetation in the tree, shrub and herbaceous strata of the San Ignacio oasis, Baja California Sur, Mexico.

Materials and methods: A total of 140 circular sites (500 m²) were randomly located, where 20 m² and 1 m² sites were nested to record the vegetation in the herbaceous, shrub and tree strata. Species richness, Shannon-Wiener, Simpson, Pielou and species importance value indices were used to estimate plant diversity in the strata and to characterize their structure.

Results and discussion: A total of 53 taxa were distributed in 17 orders, 25 families and 47 genera. Richness, diversity and homogeneity were higher in the herbaceous stratum ($S = 41$, $H' = 3.21$, $J' = 8.64$, respectively) and lower in the arboreal stratum ($S = 21$, $H' = 2.01$, $J' = 0.688$). Regarding the importance value index, the species with the highest ecological weight was *Prosopis articulata* S. Watson (33.35 %) for the herbaceous stratum, *Cylindropuntia alcahes* (F. A. B. Weber) F. M. Kunth (65.60 %) for shrub and *Phoenix dactylifera* L. (92.94 %) for the arboreal stratum.

Conclusions: Vegetation richness and diversity were higher in the herbaceous stratum. This study represents a baseline of indicators useful for the evaluation of changes generated by natural or anthropogenic events in the San Ignacio oasis.

Resumen

Introducción: El manejo sustentable de los oasis requiere conocimiento de las condiciones de composición y diversidad de las especies que lo habitan.

Objetivo: Estimar y comparar la diversidad y estructura de la vegetación en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo del oasis San Ignacio, Baja California Sur, México.

Materiales y métodos: Se ubicaron 140 sitios circulares (500 m²) de manera aleatoria, sobre los cuales se anidaron sitios de 20 m² y 1 m² para el registro de la vegetación en los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. Los índices riqueza de especies, Shannon-Wiener, Simpson, Pielou y valor de importancia de las especies se utilizaron para estimar la diversidad vegetal en los estratos y caracterizar su estructura.

Resultados y discusión: Se contabilizaron 53 taxones distribuidos en 17 órdenes, 25 familias y 47 géneros. La riqueza, diversidad y homogeneidad fueron mayores en el estrato herbáceo ($S = 41$, $H' = 3.21$, $J' = 8.64$, respectivamente) y menores en el estrato arbóreo ($S = 21$, $H' = 2.01$, $J' = 0.688$). En lo que respecta al índice del valor de importancia, la especie con mayor peso ecológico en el estrato herbáceo fue *Prosopis articulata* S. Watson (33.35 %), en el arbustivo *Cylindropuntia alcahes* (F. A. B. Weber) F. M. Kunth (65.60 %) y en el arbóreo *Phoenix dactylifera* L. (92.94 %).

Conclusión: La riqueza y diversidad de la vegetación fueron superiores en el estrato herbáceo. Este estudio representa una línea base de indicadores útil para la evaluación de los cambios generados por eventos naturales o antropogénicos en el oasis San Ignacio.

Keywords: Shannon-Wiener index; Simpson index; Pielou index; species richness; rarefaction.

Palabras clave: índice de Shannon-Wiener; índice de Simpson; índice de Pielou; riqueza de especies; rarefacción.

Introduction

The arid zones of northern Mexico represent 65 % of the national territory and are characterized by water scarcity and extreme temperatures (Jiménez et al., 2015). However, in such areas, water bodies can be found that are fed, mainly, by subway runoff giving rise to oases (Cariño-Olvera & Castillo-Maldonado, 2017), those humid environments create relict biota habitats contrasting with the vegetation of the surrounding dry areas (Tenza et al., 2015).

A total of 184 oases have been identified in the Baja California peninsula, 171 of which are located in the state of Baja California Sur. Of these, 48 % are considered typical subcalifornian oases because they show a freshwater body with associated palm grove vegetation (Cariño-Olvera & Castillo-Maldonado, 2017). Although these ecosystems represent less than 1 % of the state surface, the oases concentrate great biological diversity, host endemic and introduced species and are used by native desert fauna, therefore, they are considered unique environments in Mexico (Martínez-Ballesté & Ezcurra, 2018).

In Baja California Sur, the San Ignacio oasis, with an area of 2.7 km², is one of the most extensive oases and is derived from the presence of a spring surrounded by mesophytic vegetation contrasting with the adjacent xerophytic vegetation. The oasis hosts a great variety of animal species that use it as a watering hole, has feeding and breeding sites, as well as resting stations for migratory species (Ruíz-Campos et al., 2014). However, this ecosystem has been modified by pests and diseases, forest fires, introduction of exotic species, and economic activities allowing subsistence for the inhabitants of the surrounding village (Cariño & Ortega-Santos, 2014; Velázquez-Miranda & Ruiz-Campos, 2011). Although the natural resources of this humid zone have been widely studied under production and conservation approaches (Cariño-Olvera & Monteforte-Sánchez, 2018; Diaz & Troyo, 1997), very little has been studied in the characterization of vegetation diversity to assess its current status and the changes that have occurred.

The indicators of specific richness, proportional abundance, dominance, homogeneity and tree structure provide important information about the conditions of species diversity in a region and can be used in the evaluation of spatial or temporal changes due to natural or induced causes (Mora-Donjuán et al., 2014). Therefore, the purpose of this study was to compare richness and diversity in tree, shrub and herbaceous strata, and to estimate the importance value of the species in the San Ignacio oasis. This study represents a baseline of indicators that can be used as a reference in the evaluation of changes generated by natural or

Introducción

Las zonas áridas del norte de México representan 65 % del territorio nacional y se caracterizan por la escasez de agua y las temperaturas extremas (Jiménez et al., 2015). No obstante, en dichas áreas se pueden encontrar cuerpos de agua que son alimentados, principalmente, por escurrimientos subterráneos dando origen a oasis (Cariño-Olvera & Castillo-Maldonado, 2017), cuyos ambientes húmedos generan hábitats de biota relictiva que contrastan con la vegetación de las zonas secas circundantes (Tenza et al., 2015).

En la península de Baja California se han reconocido 184 oasis, de los cuales 171 se encuentran en el estado de Baja California Sur. De estos, 48 % son considerados oasis típicos subcalifornianos por presentar un cuerpo de agua dulce con vegetación de palmar asociada (Cariño-Olvera & Castillo-Maldonado, 2017). Aunque estos ecosistemas representan menos del 1 % de la superficie estatal, los oasis concentran gran diversidad biológica, hospedan especies endémicas e introducidas y son utilizados por fauna nativa del desierto, por tanto, son considerados ambientes únicos en México (Martínez-Ballesté & Ezcurra, 2018).

En Baja California Sur, el oasis de San Ignacio, con una superficie de 2.7 km², es uno de los más extensos y se deriva de la presencia de un manantial rodeado de vegetación de tipo mesófito que contrasta con la vegetación xerófila adyacente. El oasis hospeda gran variedad de especies animales que lo utilizan como abrevadero, tiene sitios de alimentación y reproducción, así como estaciones de descanso para las especies migratorias (Ruíz-Campos et al., 2014). No obstante, este ecosistema ha sido modificado por plagas y enfermedades, incendios forestales, introducción de especies exóticas y actividades económicas que permiten la subsistencia a los habitantes del poblado aledaño (Cariño & Ortega-Santos, 2014; Velázquez-Miranda & Ruiz-Campos, 2011). Aunque los recursos naturales de esta zona húmeda se han estudiado ampliamente bajo enfoques de producción y conservación (Cariño-Olvera & Monteforte-Sánchez, 2018; Diaz & Troyo, 1997), poco se ha profundizado en la caracterización de la diversidad de vegetación para evaluar su estado actual y los cambios suscitados.

Los indicadores de riqueza específica, abundancia proporcional, dominancia, homogeneidad y estructura arbórea proporcionan expresiones claras de las condiciones que la diversidad de especies guarda en una región y que pueden ser utilizadas en la evaluación de los cambios espaciales o temporales, debido a causas naturales o inducidas (Mora-Donjuán et al., 2014). Con base en lo anterior, el propósito del presente trabajo fue comparar la riqueza y diversidad en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, y estimar el valor de importancia de las especies del

anthropogenic events within the area of influence of the San Ignacio oasis.

Materials and Methods

Study area

The study area is located inside the San Ignacio oasis, municipality of Mulegé, Baja California Sur; it is part of the San Ignacio-La Laguna region, with geographic coordinates of 27° 17' 55" N and 11° 52' 30" W, at 135 m elevation (Figure 1). This surface covers an area of 1 237 ha of which 672.8 are under management and are part of the area of influence of the most important water body for the community of San Ignacio.

According to the Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015), the oasis is located in the Lake San Ignacio-Arroyo San Raymundo watershed in Hydrological Region No. 2 "West Central Baja California (Vizcaino)", the characteristic climates are BWhw(x) and BW(h)hs(x) (García, 2004). The predominant soils are Fluvisol, Leptosol and Regosol (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2013). Four types of land use and vegetation are located in the oasis area: a) riparian vegetation b) annual irrigated agriculture, c) sarcocaulous scrub and d) urban sector.

oasis San Ignacio. Este estudio representa una línea base de indicadores que pueden ser utilizados como referencia en la evaluación de los cambios generados por eventos naturales o antropogénicos dentro del área de influencia del oasis San Ignacio.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro del oasis San Ignacio, municipio de Mulegé, Baja California Sur; formando parte de la región San Ignacio-La Laguna, cuyas coordenadas geográficas de referencia son 27° 17' 55" N y 11° 52' 30" O, a 135 m de elevación (Figura 1). Dicha superficie cubre un área de 1 237 ha de las cuales 672.8 se encuentran bajo manejo y forman parte del área de influencia del cuerpo de agua de mayor importancia para el poblado de San Ignacio.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015), el oasis se encuentra en la cuenca Lago San Ignacio-Arroyo San Raymundo en la Región Hidrológica núm. 2 "Baja California Centro-Oeste (Vizcaino)", cuyos climas característicos son BWhw(x) y BW(h)hs(x) (García, 2004). Los suelos predominantes son de tipo Fluvisol, Leptosol y Regosol (Instituto

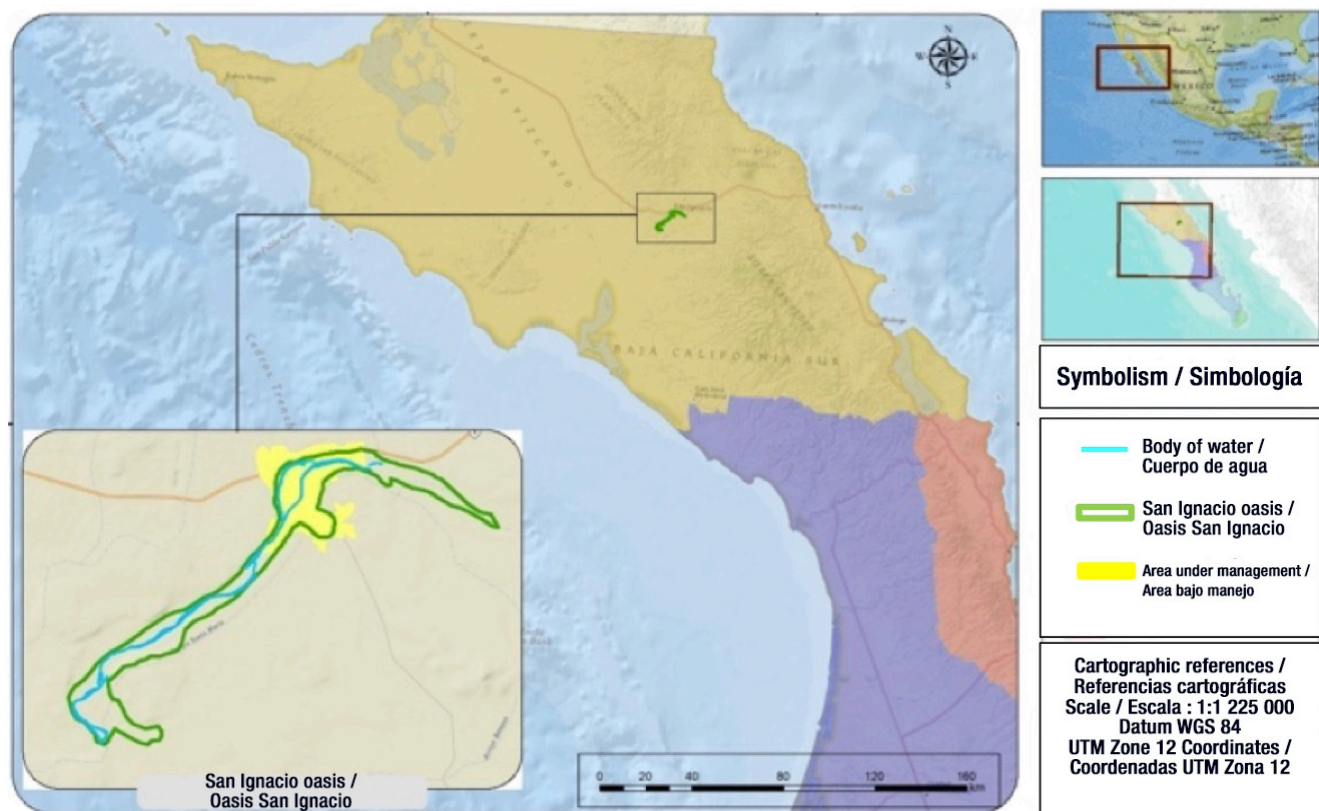


Figure 1. Location of the San Ignacio oasis, municipality of Mulegé, Baja California Sur.
Figura 1. Ubicación del oasis San Ignacio, municipio de Mulegé, Baja California Sur.

Sampling

The study was carried out using the methodology adapted from the Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2017) as a reference. For this purpose, from February to May 2020, 140 circular sites of 500 m² were randomly located, nesting circular sites of 20 m² and square sites of 1 m² at the center of the sites, where species were recorded in the tree, shrub and herbaceous strata denominated in this study as high, middle and lower, respectively.

The variables recorded for all plants were species name and total height. The identification and distribution range of the species was determined with the support of databases from Naturalista (iNaturalist, 2022), Paquetes Tecnológicos SIRE (CONAFOR, 2022), EncicloVida (Comisión Nacional para la Biodiversidad [CONABIO], 2022) and Portal de Datos Abiertos de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, 2022). In particular, in tree plants taller than 2.5 m, stem diameter was measured at a height of 1.30 m, while in monopodic or multi-stemmed shrubs and in trees with heights less than 2.5 m, diameter was measured at the base of the soil. For lower stratum species, crown diameter was also recorded.

In each of the strata, species richness (S), Simpson (λ), Shannon-Wiener (H') and Pielou's equity (J') indices were estimated, whose formulas are:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

$$H' = \sum p_i (\ln(p_i))$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

where,

p_i = proportional abundance of each species

\ln = natural logarithm

S = number of species.

Simpson's index estimates the probability that two individuals taken at random are of the same species and is influenced by the most dominant species; regarding this index, species diversity is estimated as $1 - \lambda$. In turn, the Shannon-Wiener index measures the level of uncertainty in predicting to which species a randomly chosen individual from a population will belong. This index assumes that all species are represented in the samples and that the sampling of individuals is random. Values vary between zero, when only one species is recorded, and the logarithm of the number of species, when all species are represented with the

Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2013). En el área del oasis se ubican cuatro tipos de uso de suelo y vegetación: a) vegetación riparia b) agricultura de riego anual, c) matorral sarcocaule y d) sector urbano.

Muestreo

El estudio se realizó tomando como referencia la metodología adaptada del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2017). Para ello, durante el periodo de febrero a mayo del 2020 se ubicaron 140 sitios circulares de 500 m², de manera aleatoria, anidando sitios circulares de 20 m² y cuadrados de 1 m² al centro de los sitios, en los cuales se registraron las especies en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo denominados en este estudio como alto, medio y bajo, respectivamente.

Las variables registradas en todas las plantas fueron el nombre de la especie y la altura total. La identificación y rango de distribución de las especies se determinó con el apoyo de bases de datos de Naturalista (iNaturalist, 2022), Paquetes Tecnológicos SIRE (CONAFOR, 2022), EncicloVida (Comisión Nacional para la Biodiversidad [CONABIO], 2022) y Portal de Datos Abiertos de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México, 2022). De manera particular, en las plantas arbóreas superiores de los 2.5 m de altura se midió el diámetro del tallo a 1.30 m de altura, mientras que en las arbustivas monopódicas o con tallos múltiples y en las arbóreas con alturas menores de 2.5 m se midió el diámetro a la base del suelo. En las especies del estrato bajo se registró también el diámetro de copa.

En cada uno de los estratos se estimaron los índices de riqueza de especies (S), Simpson (λ), Shannon-Wiener (H') y equidad de Pielou (J'), cuyas fórmulas son:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

$$H' = \sum p_i (\ln(p_i))$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

donde,

p_i = abundancia proporcional de cada una de las especies

\ln = logaritmo natural

S = número de especies.

El índice de Simpson estima la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie y está influenciado por las especies más dominantes;

same number of individuals (Moreno, 2001; Villarreal et al., 2006).

In order to determine a statistic that allows the evaluation and objective comparison of temporal and spatial changes in diversity, it is necessary to weight the diversity indicators, converting them to a linear scale of richness by estimating the equivalent number of species (1D). This linear conversion was done by estimating the exponential of the Shannon-Wiener index (Lou & González-Ojeda, 2012).

$${}^1D = e^{(-\sum p_i \ln(p_i))}$$

Shannon-Wiener (H') and Simpson ($1 - \lambda$) species richness (S) and diversity (H') were compared between strata with rarefaction analysis using PAST v. 4.09 software (Hammer et al., 2001) at 0.05 significance level. Rarefaction allows the interpolation of data by a simulation process, getting expected richness or diversity indices and their standard errors for each sample size and also allows comparisons of indices between communities with the smallest sample size (Carmona-Galindo & Carmona, 2013).

The relative ecological importance of vegetation in each of the strata was determined using the species importance value index (IVI), which is calculated by the sum of the relative values of density (N_r), frequency (Fr) and dominance (Dr) (Curtis & McIntosh, 1951). Equations for estimating IVI are shown as follows:

$$N_r = \frac{NA_i}{NA} * 100$$

$$D_r = \frac{D_i}{D_t} * 100$$

$$F_r = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} * 100$$

$$F_i = \frac{F_i}{F_t}$$

$$IVI = N_r + D_r + F_r$$

where,

NA_i = number of trees of species i

NA = total number of trees of the species present

D_i = cover of species i evaluated as basal area ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

D_t = cover of all species assessed as basal area ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

f_i = number of sampling sites where a species i occurs

F_t = total number of sampling sites.

considerando este índice, la diversidad de especies se estima como $1 - \lambda$. A su vez, el índice de Shannon-Wiener mide el nivel de incertidumbre al predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una población. Este índice asume que todas las especies están representadas en las muestras y que el muestreo de los individuos es aleatorio. Los valores varían entre cero, cuando solo se registra una especie, y el logaritmo del número de especies, cuando todas ellas están representadas con el mismo número de individuos (Moreno, 2001; Villarreal et al., 2006).

Para determinar un estadístico que permita la evaluación y la comparación objetiva de los cambios temporales y espaciales de la diversidad, es necesaria la ponderación de los indicadores de diversidad, convirtiéndolos a una escala lineal de riqueza estimando el número equivalente de especies (1D). Esta conversión lineal se hizo estimando el exponencial del índice de Shannon-Wiener (Lou & González-Ojeda, 2012).

$${}^1D = e^{(-\sum p_i \ln(p_i))}$$

La riqueza (S) y la diversidad de especies de Shannon-Wiener (H') y Simpson ($1 - \lambda$) se compararon entre estratos con análisis de rarefacción en el software PAST v. 4.09 (Hammer et al., 2001) a un nivel de significancia de 0.05. La rarefacción permite la interpolación de los datos a través de un proceso de simulación, obteniendo índices de riqueza o diversidad esperados y sus errores estándar para cada tamaño de muestra y permite también comparaciones de los índices entre comunidades considerando el tamaño de muestra más pequeño (Carmona-Galindo & Carmona, 2013).

La importancia ecológica relativa de la vegetación de cada uno de los estratos se determinó mediante el índice del valor de importancia de las especies (IVI), el cual se obtiene a través de la suma de los valores relativos de densidad (N_r), frecuencia (Fr) y dominancia (Dr) (Curtis & McIntosh, 1951). Las ecuaciones para estimar el IVI se muestran a continuación:

$$N_r = \frac{NA_i}{NA} * 100$$

$$D_r = \frac{D_i}{D_t} * 100$$

$$F_r = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} * 100$$

$$F_i = \frac{F_i}{F_t}$$

$$IVI = N_r + D_r + F_r$$

Results

A total of 53 species distributed in 17 orders, 25 families and 47 genera were recorded in the study area. Based on the physical-biological characteristics, 11 herbaceous, 21 shrub and 21 tree species were identified. The Cactaceae family, represented by eight species, was the most abundant, followed by the Fabaceae family with seven species, Asteraceae with six species and Poaceae with five species (Table 1).

A total of 13 of the 21 succulent and woody species, typical of the upper stratum, are present in both the middle and lower stratum, which guarantees their survival into the habitat. However, some species are only present in the lower or middle stratum. Species in the upper stratum that have presence in the lower (*Mimosa xantii* A. Gray) or middle stratum (*Parkinsonia microphylla* Torr. and *Stenocereus thurberi* [Engelm.] Buxb.) do not seem to have survival problems; in contrast, those that do not have presence in either of these two strata (*Mammillaria dioica* [R. T. Craig bis] D. R. R. Hunt, *Yucca valida* Brandegee, *Lophocereus schottii* [Engelm.] Britton & Rose, *Lysiloma candidum* T. S. Brandegee and *Olneya tesota* A. Gray) seem to have regeneration or reproductive problems (Table 1).

Also, from the 21 species typical of the shrub stratum, 16 are found in the lower stratum and five of them are not (*Phragmites australis* [Cav.] Steud, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., *Callaeum macropterum* [Moc. & Seseé ex DC] D. M. Johnson, *Baccharis salicifolia* [Ruíz & Pavón] Pers. and *Cardiospermum corindum* L.), suggesting that these also have problems with regeneration and establishment, limiting their continuity.

A total of 41 species were recorded in the lower stratum (of which 11 are herbaceous), with the families Cactaceae and Asteraceae being the most represented with five species each. A total of 36 species belonging to 33 genera were recorded in the middle stratum. As in the lower stratum, the Cactaceae family was the most represented with six species. Also, from the 21 species of the high stratum reported in the floristic inventory, seven belong to the Cactaceae family and six to the Fabaceae, which were the most represented families.

According to the species listed in Table 1, barrel cactus (*Ferocactus peninsulæ* [F. A. C. Weber] Britton & Rose), ragweed (*Ambrosia bryantii* [Curran] Payne), Mexican fan palm (*Washingtonia robusta* Wendl.) and dagger cholla (*Corynopuntia invicta* Brandegee F. M. Kunth) are considered endemic, while spiny gourd (*M. dioica*), senita cactus (*L. schottii*) and desert ironwood (*O. tesota*) are listed in NOM-059-SEMARNAT-2010 as subject to special protection. Giant cane (*Arundo donax* L.), augustine grass (*Stenotaphrum secundatum* [Walter] Kuntze), tamarisk

donde,

NA_i = número de árboles de la especie i

NA = número total de árboles de las especies presentes

D_i = cobertura de la especie i evaluada como área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

D_t = cobertura de todas las especies evaluada como el área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

f_i = número de sitios de muestreo en que aparece una especie i

F_t = número total de sitios de muestreo.

Resultados

En el área de estudio se registraron 53 especies distribuidas en 17 órdenes, 25 familias y 47 géneros. Con base en las características físico-biológicas se identificaron 11 especies herbáceas, 21 arbustivas y 21 arbóreas. La familia Cactaceae, representada por ocho especies, fue la más abundante seguida de las familias Fabaceae con siete especies, Asteraceae con seis especies y Poaceae con cinco especies (Cuadro 1).

De las 21 especies suculentas y leñosas, propias del estrato superior, 13 tienen presencia tanto en el estrato medio como en el bajo, garantizando su supervivencia dentro del hábitat. No obstante, algunas especies solo tienen presencia en el estrato bajo o en el medio. Las especies del estrato alto que tienen presencia en el estrato bajo (*Mimosa xantii* A. Gray) o medio (*Parkinsonia microphylla* Torr. y *Stenocereus thurberi* [Engelm.] Buxb.) no parecen tener problemas de supervivencia; en contraste, las que no tienen presencia en ninguno de esos dos estratos (*Mammillaria dioica* [R. T. Craig bis] D. R. Hunt, *Yucca valida* Brandegee, *Lophocereus schottii* [Engelm.] Britton & Rose, *Lysiloma candidum* T. S. Brandegee y *Olneya tesota* A. Gray) sugieren tener problemas de regeneración o reproducción (Cuadro 1).

De manera similar, de las 21 especies propias del estrato arbustivo, 16 están presentes en el estrato bajo y cinco de ellas no (*Phragmites australis* [Cav.] Steud, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., *Callaeum macropterum* [Moc. & Seseé ex DC] D. M. Johnson, *Baccharis salicifolia* [Ruíz & Pavón] Pers. y *Cardiospermum corindum* L.), sugiriendo que estas también tienen problemas en su regeneración y establecimiento, limitando su continuidad.

En el estrato bajo se registraron 41 especies (de las cuales 11 son herbáceas), siendo las familias Cactaceae y Asteraceae las más representadas con cinco especies cada una. En el estrato medio se registraron 36 especies

Table 1. Families and species present in the herbaceous, shrub and tree strata of the San Ignacio oasis, Baja California Sur, and the biological form and conservation status according to NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019).

Cuadro 1. Familias y especies presentes en los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo del oasis San Ignacio, Baja California Sur, así como la forma biológica y estado de conservación en que se encuentran según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019).

Family/ Familia	Species/ Especies	Herbaceous strata/ Heráceo	Shrub strata / Estratos Arbustivo	Tree strata/ Arbóreo	Biological form/ Forma biológica	Conservation condition/ Estado de conservación
Aizoaceae	<i>Mesembryanthemum crystallinum</i> L.	x			Herbaceous/ Herbácea	I
Amaranthaceae	<i>Atriplex canescens (Pursh)</i> Nutt.		x		Shrub/ Arbustiva	
Apocinaceae	<i>Vallesia glabra (Cav.)</i> Link	x	x		Shrub	
Arecaceae	<i>Phoenix dactylifera</i> L.	x	x	x	Tree/ Arbórea	I
Asparagaceae	<i>Washingtonia robusta</i> Wendl.	x	x	x	Tree/ Arbórea	E
	<i>Agave deserti</i> Engelm.	x			Herbaceous/ Herbácea	
	<i>Yucca valida</i> Brandegee			x	Tree/ Arbórea	
	<i>Agave cerulata</i> ssp. <i>cerulata</i> Trel.	x			Herbaceous/ Herbácea	
Aspleniaceae	<i>Asplenium blepharodes</i> D. C. Eaton	x			Herbaceous/ Herbácea	
Asteraceae	<i>Ambrosia bryantii (Curran)</i> Payne	x	x		Shrub/ Arbustiva	E
	<i>Gnaphalium bicolor (Franch.)</i> Diels	x	x		Shrub/ Arbustiva	
	<i>Encelia farinosa</i> Torr. & A. Gray	x	x		Shrub/ Arbustiva	
	<i>Perityle incompta</i> Brandegee	x	x		Shrub/ Arbustiva	
	<i>Ambrosia monogyra (Torr. & A. Gray)</i> Strother & B. G. Baldwin	x			Herbaceous/ Herbácea	
	<i>Baccharis salicifolia (Ruíz & Pavón)</i> Pers.		x		Shrub/ Arbustiva	
Burseraceae	<i>Bursera hindsiana (Benth.)</i> Engl.	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	x	x	x	Tree/ Arbórea	

Table 1. Families and species present in the herbaceous, shrub and tree strata of the San Ignacio oasis, Baja California Sur, and the biological form and conservation status according to NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). (Cont.)

Cuadro 1. Familias y especies presentes en los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo del oasis San Ignacio, Baja California Sur, así como la forma biológica y estado de conservación en que se encuentran según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). (Cont.)

Family/ Familia	Species/ Especies	Herbaceous strata/ Heráceo	Shrub strata / Estratos Arbustivo	Tree strata/ Arbóreo	Biological form/ Forma biológica	Conservation condition/ Estado de conservación
Cactaceae	<i>Ferocactus peninsulae</i> (F. A. C. Weber) Britton & Rose	x	x	x	Tree/ Arbórea	E
	<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Watson) Britton & Rose	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Corynopuntia invicta</i> Brandege F. M. Kunth	x	x		Shrub/ Arbustiva	E
	<i>Cylindropuntia alcahes</i> (F. A. B. Weber) F. M. Kunth	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Stenocereus gummosus</i> (Engelm.) Gibson & Horak	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb.		x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Mammillaria dioica</i> (R. T. Craig bis) D. R. Hunt				x Tree/ Arbórea	Pr
	<i>Lophocereus schottii</i> (Engelm.) Britton & Rose				x Tree/ Arbórea	Pr
Celastraceae	<i>Maytenus phyllanthoides</i> Benth.	x	x		Shrub/ Arbustiva	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia lomelii</i> V. W. Steinm	x	x		Shrub/ Arbustiva	
	<i>Jatropha cinerea</i> (Ortega) Müll. Arg.	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Jatropha cuneata</i> Wiggins & Rollins	x	x		Shrub/ Arbustiva	
Fabaceae	<i>Acacia peninsularis</i> (Britton & Rose) Standl.	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	x	x		Shrub/ Arbustiva	
	<i>Prosopis articulata</i> S. Watson	x	x	x	Tree/ Arbórea	
	<i>Mimosa xantii</i> A. Gray	x		x	Tree/ Arbórea	

Table 1. Families and species present in the herbaceous, shrub and tree strata of the San Ignacio oasis, Baja California Sur, and the biological form and conservation status according to NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). (Cont.)

Cuadro 1. Familias y especies presentes en los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo del oasis San Ignacio, Baja California Sur, así como la forma biológica y estado de conservación en que se encuentran según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). (Cont.)

Family/ Familia	Species/ Especies	Herbaceous strata/ Heráceo	Shrub strata / Estratos Arbustivo	Tree strata/ Arbóreo	Biological form/ Forma biológica	Conservation condition/ Estado de conservación
	<i>Parkinsonia microphylla</i> Torr.		x	x	Tree/ Arborea	
	<i>Lysiloma candidum</i> T. S. Brandegee			x	Tree/ Arborea	
	<i>Olneya tesota</i> A. Gray			x	Tree/ Arborea	Pr
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria diguetii</i> (Tiegh.) I. M. Johnst.	x	x	x	Tree/ Arborea	
Lamiaceae	<i>Hyptis laniflora</i> Benth.	x	x		Shrub/ Arbustiva	
Malpighiaceae	<i>Callaeum macropterum</i> (Moc. & Seseé ex DC) D. M. Johnson		x		Shrub/ Arbustiva	
Malvaceae	<i>Melochia tomentosa</i> L.	x	x		Shrub/ Arbustiva	
Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.	x			Herbaceous/ Herbacea	I
	<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walter) Kuntze	x			Herbaceous/ Herbacea	I
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	x			Herbaceous/ Herbacea	I
	<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	x			Herbaceous/ Herbacea	I
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud		x		Shrub/ Arbustiva	
Polygalaceae	<i>Polygala apopetala</i> Brandegee	x	x		Shrub/ Arbustiva	
Sapindaceae	<i>Cardiospermum corindum</i> L.		x		Shrub/ Arbustiva	
Saururaceae	<i>Anemopsis californica</i> (Nutt.) Hook. & Arn.	x			Herbaceous/ Herbacea	
Solanaceae	<i>Lycium brevipes</i> Benth.	x	x		Shrub/ Arbustiva	

Table 1. Families and species present in the herbaceous, shrub and tree strata of the San Ignacio oasis, Baja California Sur, and the biological form and conservation status according to NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). (Cont.)

Cuadro 1. Familias y especies presentes en los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo del oasis San Ignacio, Baja California Sur, así como la forma biológica y estado de conservación en que se encuentran según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2019). (Cont.)

Family/ Familia	Species/ Especies	Herbaceous strata/ Heráceo	Shrub strata / Estratos Arbustivo	Tree strata/ Arbóreo	Biological form/ Forma biológica	Conservation condition/ Estado de conservación
Tamaricaceae	<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	x	x		Shrub/ Arbustiva	I
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i> Pers.	x			Herbaceous/ Herbácea	
Verbenaceae	<i>Lippia formosa</i> Brandeggee	x	x		Shrub/ Arbustiva	
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> (Moç. & Seseé ex DC.) Coville	x	x	x	Tree/ Arbórea	

NOM-059-SEMARNAT-2010 status: E = endangered, A = threatened, R = rare and Pr = subject to special protection, E = species endemic to Baja California Sur, I = exotic or introduced. Shrub species were considered to be all those that reach a maximum height of 2.5 m, while tree species reach heights of 2.5 m or more. / Estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010: P = en peligro de extinción, A = amenazada, R = rara y Pr = sujeta a protección especial, E = especie endémica de Baja California Sur, I = exótica o introducida. Se consideraron como especies arbustivas a todas aquellas que alcanzan alturas máximas de 2.5 m, mientras que las arbóreas alcanzan alturas superiores de los 2.5 m.

(*Tamarix ramosissima* Ledeb.), ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.), crowfoot grass (*Dactyloctenium aegyptium* [L.] Willd.), buffelgrass (*Pennisetum ciliare* [L.] Link) and palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) are introduced species; among them, the first four are considered aggressive invaders.

Rarefaction analysis indicates that species richness, diversity and dominance, evaluated with the Shannon-Wiener (H') and Simpson (λ) indices, are different between strata, while homogeneity in number of individuals (J') per species of the lower stratum is different ($P = 0.05$) compared to the middle and upper strata. The number and diversity of species are higher in the lower stratum, followed by the middle and upper stratum (Table 2).

On the other hand, Table 3 shows the diversity indices according to plant life form. The species richness of shrub plants ($S = 21$) is equal to that of tree type ($S = 21$), but lower than the species richness of herbaceous type ($S = 11$), while species diversity, estimated by the Shannon-Wiener index, presents differences ($P = 0.05$) among the three types of vegetation. Pielou indices indicate

pertenecientes a 33 géneros. Al igual que en el estrato bajo, la familia Cactaceae fue la más representada con seis especies. A su vez, de las 21 especies del estrato alto reportadas en el inventario florístico, siete corresponden a la familia Cactaceae y seis a la Fabaceae, siendo las familias mayormente representadas.

De acuerdo con las especies listadas en el Cuadro 1, la biznaga (*Ferocactus peninsulæ* [F. A. C. Weber] Britton & Rose), chicura (*Ambrosia bryantii* [Curran] Payne), palma de taco (*Washingtonia robusta* Wendl.) y casa de rata (*Corynopuntia invicta* Brandeggee F. M. Kunth) se consideran endémicas, mientras que el viejito (*M. dioica*), garambullo (*L. schottii*) y palo fierro (*O. tesota*) se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como sujetas a protección especial. Por su parte, el carrizo gigante (*Arundo donax* L.), gramínea de San Juan (*Stenotaphrum secundatum* [Walter] Kuntze), pino dulce (*Tamarix ramosissima* Ledeb.), vidrillo (*Mesembryanthemum crystallinum* L.), pata de pollo (*Dactyloctenium aegyptium* [L.] Willd.), zacate bufel (*Pennisetum ciliare* [L.] Link) y palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) son especies introducidas; de ellas, las cuatro primeras son consideradas como invasoras agresivas.

that the homogeneity in the number of individuals of herbaceous and shrub species is significantly equal, but greater than in tree species.

Table 4 shows that the lower stratum is populated by both herbaceous and shrub and tree species in regenerative state. The sum of the importance values of the species *Prosopis articulata* S. Watson, *Cylindropuntia alcahes* (F. A. B. Weber) F. M. Kunth, *Jatropha cinerea*

El análisis de rarefacción indica que la riqueza de especies, la diversidad y la dominancia, evaluadas con los índices de Shannon-Wiener (H') y Simpson (λ), son diferentes entre estratos, mientras que la homogeneidad en número de individuos (J') por especie del estrato bajo es diferente ($P = 0.05$) con respecto a los estratos medio y alto. La cantidad y la diversidad de especies son superiores en el estrato bajo, seguidos del estrato medio y alto (Cuadro 2).

Table 2. Comparison of indices of specific richness, dominance, diversity, and evenness between strata of the San Ignacio oasis, Baja California Sur, by rarefaction analysis.

Cuadro 2. Comparación de índices de riqueza específica, dominancia, diversidad y equidad entre estratos del oasis San Ignacio, Baja California Sur, mediante análisis de rarefacción.

Strata/ Estratos	S	1- λ	H'	1D	J'
Lower/ Bajo	41 a	0.941 a	3.209 a	24.75 a	0.864 a
Middle/ Medio	36 b	0.873 b	2.598 b	13.43 b	0.719 b
Upper/ Alto	21 c	0.858 c	2.097 c	8.14 c	0.688 b

S = number of species, λ = Simpson's index, H' = Shannon-Wiener index, 1D = true species value, J' = Pielou index. /

S = número de especies, λ = índice de Simpson, H' = índice de Shannon-Wiener, 1D = valor verdadero de especies, J' = índice de Pielou.

Table 3. Indices of specific richness, diversity, dominance and equity per life form in the San Ignacio oasis, Baja California Sur.

Cuadro 3. Índices de riqueza específica, diversidad, dominancia y equidad por forma de vida en el oasis San Ignacio, Baja California Sur.

Life form/ Forma de vida	S	1- λ	H'	1D	J'
Herbaceous/ Herbácea	11 a	0.834 a	2.043 a	7.71 a	0.852 a
Shrub/ Arbustiva	21 b	0.893 b	2.607 b	13.55 b	0.856 a
Tree/ Arbórea	21 b	0.871 c	2.358 c	10.57 c	0.775 b

S = number of species, λ = Simpson's index, H' = Shannon-Wiener index, 1D = true species value, J' = Pielou index. /

S = número de especies, λ = índice de Simpson, H' = índice de Shannon-Wiener, 1D = valor verdadero de especies, J' = índice de Pielou.

Table 4. Importance value index (IVI) of the lower stratum vegetation (herbaceous) in the San Ignacio oasis, Baja California Sur.**Cuadro 4. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación del estrato bajo (herbáceo) en el oasis San Ignacio, Baja California Sur.**

Species / Especie	Relative abundance / Abundancia relativa	Relative frequency / Frecuencia relativa	IVI
<i>Prosopis articulata</i>	13.21	20.14	33.35
<i>Cylindropuntia alcahes</i>	11.79	17.99	29.78
<i>Jatropha cinerea</i>	8.02	12.23	20.25
<i>Jatropha cuneata</i>	7.08	10.79	17.87
<i>Pennisetum ciliare</i>	6.13	9.35	15.48
<i>Washingtonia robusta</i>	4.72	7.19	11.91
<i>Stenotaphrum secundatum</i>	3.77	5.76	9.53
<i>Ambrosia bryantii</i>	3.30	5.04	8.34
<i>Acacia peninsularis</i>	3.30	5.04	8.34
<i>Euphorbia lomelii</i>	2.83	4.32	7.15
<i>Anemopsis californica</i>	3.30	3.60	6.90
<i>Corynopuntia invicta</i>	2.36	3.60	5.96
<i>Larrea tridentata</i>	2.36	3.60	5.96
<i>Encelia farinosa</i>	1.89	2.88	4.76
<i>Parkinsonia aculeata</i>	1.89	2.88	4.76
<i>Melochia tomentosa</i>	1.89	2.88	4.76
<i>Phoenix dactylifera</i>	1.89	2.88	4.76
<i>Masembryanthemum crystallinum</i>	1.89	2.88	4.76
<i>Ferocactus peninsulae</i>	1.42	2.16	3.57
<i>Gnaphalium bicolor</i>	1.42	2.16	3.57
<i>Fouquieria diguetii</i>	1.42	2.16	3.57
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	1.42	2.16	3.57
<i>Arundo donax</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Lycium brevipes</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Polygala apopetala</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Perityle incompta</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Vallesia glabra</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Stenocereus gummosus</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Ambrosia monogyra</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Typha domingensis</i>	0.94	1.44	2.38
<i>Pachycereus pringlei</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Asplenium blepharodes</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Bursera hindsiana</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Agave cerulata</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Agave deserti</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Maytenus phyllanthoides</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Lippia formosa</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Tamarix ramosissima</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Hyptis laniflora</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Bursera microphylla</i>	0.47	0.72	1.19
<i>Mimosa xantii</i>	0.47	0.72	1.19

(Ortega) Müll. Arg., *Jatropha cuneata* Wiggins & Rollins and *W. robusta* indicate that the lower stratum is dominated by species with tree-like biological growth.

At the middle stratum, shrub species and the regrowth of tree species *C. alcahes*, *P. articulata*, *J. cinerea*, *W. robusta*, *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC.) Coville, *J. cuneata*, *Stenocereus gummosus* (Engelm.) Gibson & Horak and *Fouquieria diguetii* (Tiegh.) I. M. Johnst. account for more than two thirds of the total ecological importance value (Table 5).

The species with the highest IVI in the tree layer was *P. dactylifera*, an induced exotic species, followed by *W. robusta*, *P. articulata* and *Pachycereus pringlei* (S. Watson)

Por otro lado, el Cuadro 3 muestra los índices de diversidad de acuerdo con la forma de vida de las plantas. La riqueza de especies de las plantas arbustivas ($S = 21$) es igual que en las de tipo arbóreo ($S = 21$), pero menor que la riqueza de especies de tipo herbáceo ($S = 11$), mientras que la diversidad de especies, estimada a través del índice de Shannon-Wiener, presenta diferencias ($P = 0.05$) entre los tres tipos de vegetación. A su vez, los índices de Pielou indican que la homogeneidad en el número de individuos de las especies herbáceas y arbustivas es significativamente igual, pero mayor que en las especies de forma arbórea.

El Cuadro 4 muestra que el estrato bajo está poblado tanto por especies de tipo herbáceo como arbustivo y

Table 5. Importance value index (IVI) of the shrub layer vegetation in the San Ignacio oasis, Baja California Sur.

Cuadro 5. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación del estrato intermedio (arbustivo) en el oasis San Ignacio, Baja California Sur.

Species / Especie	Relative abundance / Abundancia Relativa	Relative frequency / Frecuencia relativa	Relative dominance / Domincancia relativa	IVI
<i>Cylindropuntia alcahes</i>	25.47	9.40	23.90	65.60
<i>Prosopis articulata</i>	16.98	6.27	6.03	37.03
<i>Jatropha cinerea</i>	14.31	5.28	10.49	36.98
<i>Washintonia robusta</i>	4.87	1.80	9.41	19.08
<i>Larrea tridentata</i>	4.87	1.80	4.29	15.80
<i>Jatropha cuneata</i>	4.40	1.62	3.14	14.55
<i>Stenocereus gummosus</i>	2.83	1.04	7.54	13.32
<i>Fouquieria diguetii</i>	3.46	1.28	6.45	13.23
<i>Baccharis salicifolia</i>	3.93	1.45	0.82	9.54
<i>Bursera microphylla</i>	1.42	0.52	4.58	8.95
<i>Ferocactus peninsulae</i>	0.63	0.23	6.10	7.83
<i>Stenocereus thurberi</i>	0.63	0.23	5.94	6.94
<i>Pachycereus pringlei</i>	0.63	0.23	4.77	6.51
<i>Corynopuntia invicta</i>	1.73	0.64	1.59	5.53
<i>Phoenix dactylifera</i>	1.10	0.41	1.85	4.80
<i>Parkinsonia aculeata</i>	2.04	0.75	0.37	4.62
<i>Tamarix ramosissima</i>	1.10	0.41	1.15	2.99
<i>Melochia tomentosa</i>	1.42	0.52	0.07	2.96
<i>Ambrosia bryantii</i>	1.42	0.52	0.04	2.93
<i>Parkinsonia microphyllum</i>	0.63	0.23	0.41	2.52
<i>Mammillaria dioica</i>	0.47	0.17	0.54	2.12
<i>Lycium brevipes</i>	0.63	0.23	0.04	1.77

Table 5. Importance value index (IVI) of the shrub layer vegetation in the San Ignacio oasis, Baja California Sur. (Cont.)
Cuadro 5. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación del estrato intermedio (arbustivo) en el oasis San Ignacio, Baja California Sur. (Cont.)

Species / Especie	Relative abundance / Abundancia Relativa	Relative frequency / Frecuencia relativa	Relative dominance / Domincancia relativa	IVI
<i>Vallesia glabra</i>	0.47	0.17	0.05	1.63
<i>Polygala apopetala</i>	0.47	0.17	0.01	1.59
<i>Phragmites australis</i>	0.94	0.35	0.16	1.47
<i>Hyptis laniflora</i>	0.47	0.17	0.01	1.22
<i>Euphorbia lomelii</i>	0.31	0.12	0.09	1.14
<i>Callaeum macropterum</i>	0.31	0.12	0.03	1.08
<i>Lippia formosa</i>	0.31	0.12	0.02	1.08
<i>Bursera hindsiana</i>	0.31	0.12	0.02	1.07
<i>Baccharis salicifolia</i>	0.31	0.12	0.04	0.73
<i>Maytenus phyllanthoides</i>	0.31	0.12	0.02	0.70
<i>Perityle incompta</i>	0.16	0.06	0.02	0.55
<i>Encelia farinosa</i>	0.16	0.06	0.01	0.54
<i>Cardiospermum corindum</i>	0.16	0.06	0.01	0.54
<i>Atriplex canescens</i>	0.16	0.06	0.00	0.53
<i>Gnaphalium bicolor</i>	0.16	0.06	0.00	0.53

Table 6. Importance value index (IVI) of the upper stratum vegetation (tree) in the San Ignacio oasis, Baja California Sur.
Cuadro 6. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación del estrato superior (arbóreo) en el oasis San Ignacio, Baja California Sur.

Species / Especie	Relative abundance / Abundancia Relativa	Relative frequency / Frecuencia relativa	Relative dominance / Domincancia relativa	IVI
<i>Phoenix dactylifera</i>	27.77	16.05	49.12	92.94
<i>Washintonia robusta</i>	19.51	14.40	34.96	68.88
<i>Prosopis articulata</i>	21.05	18.52	4.65	44.23
<i>Pachycereus pringlei</i>	11.50	13.99	7.23	32.72
<i>Bursera microphylla</i>	3.40	5.76	0.50	9.67
<i>Ferocactus peninsulae</i>	1.86	4.53	1.37	7.76
<i>Fouquieria diguetii</i>	1.70	4.12	0.25	6.06
<i>Jatropha cinerea</i>	1.46	3.29	0.18	4.93
<i>Stenocereus gummosus</i>	1.54	2.88	0.16	4.58
<i>Mammillaria dioica</i>	1.94	1.65	0.04	3.63
<i>Parkinsonia microphyllum</i>	0.97	2.47	0.11	3.55

Table 6. Importance value index (IVI) of the upper stratum vegetation (tree) in the San Ignacio oasis, Baja California Sur. (Cont.)**Cuadro 6. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación del estrato superior (arbóreo) en el oasis San Ignacio, Baja California Sur. (Cont.)**

Species / Especie	Relative abundance / Abundancia Relativa	Relative frequency / Frecuencia relativa	Relative dominance / Dominancia relativa	IVI
<i>Stenocereus thurberi</i>	2.19	0.82	0.37	3.38
<i>Acacia peninsularis</i>	0.89	2.06	0.12	3.07
<i>Cylindropuntia alcahes</i>	0.57	2.47	0.03	3.07
<i>Yucca valida</i>	0.89	1.23	0.56	2.69
<i>Lophocereus schottii</i>	0.49	1.65	0.05	2.18
<i>Olneya tesota</i>	0.65	1.23	0.12	2.00
<i>Mimosa xantii</i>	0.81	0.82	0.06	1.70
<i>Lysiloma candidum</i>	0.57	0.82	0.08	1.47
<i>Bursera hindsiana</i>	0.16	0.82	0.02	1.00
<i>Larrea tridentata</i>	0.08	0.41	0.01	0.50

Britton & Rose. The rest of the species showed IVI lower than 10 (Table 6).

Discussion

The diversity of flora in the oases of Baja California Sur is high in relation to that recorded in the state, despite the small area they occupy. After evaluating eight oases, Arriaga et al. (1997) reported 146 species related to wetland vegetation, of which 53 are found in the San Ignacio oasis. Furthermore, the number of species present in this oasis, although not all shared, represent about 50 % of the species recorded in the San José del Cabo oasis (109 species), which is located to the south of the peninsula (León-de la Luz et al., 2004).

The Shannon-Weiner diversity indices estimated in the low ($H' = 3.209$), middle ($H' = 2.598$) and high ($H' = 2.097$) strata indicate higher species diversity than those estimated in other arid and semiarid areas of Mexico. For example, Solís-Garza et al. (2017), when studying the structure and tree and shrub riparian vegetation in arid areas of the Bacanuchi and Sonora rivers, estimated diversity indices $H' = 1.61$ and $H' = 0.76$ for tree and shrub vegetation, respectively. Mora-Donjuán et al. (2014) estimated $H' = 1.87$ for the desert scrub of northwestern Nuevo León, while Gelviz-Gelvez and Pavón-Hernández (2013) reported that true species diversity in a semiarid zone in the state of Hidalgo ranged between 7.8 and 1.6, equivalent values of $H' = 2.054$ and $H' = 0.47$, respectively.

It is reasonable to infer that the number of species is an important factor that explains the difference

arbóreo en estado regenerativo. La suma de los valores de importancia de las especies *Prosopis articulata* S. Watson, *Cylindropuntia alcahes* (F. A. B. Weber) F. M. Kunth, *Jatropha cinerea* (Ortega) Müll. Arg., *Jatropha cuneata* Wiggins & Rollins y *W. robusta* indica que el estrato bajo se encuentra dominado por especies con crecimiento biológico de tipo arbóreo.

En el estrato medio, las especies arbustivas y el renuevo de las arbóreas *C. alcahes*, *P. articulata*, *J. cinerea*, *W. robusta*, *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC.) Coville, *J. cuneata*, *Stenocereus gummosus* (Engelm.) Gibson & Horak y *Fouquieria diguetii* (Tiegh.) I. M. Johnst. suman más de las dos terceras partes del valor de importancia ecológica total (Cuadro 5).

A su vez, la especie que mostró el IVI más alto en el estrato arbóreo fue *P. dactylifera*, especie exótica inducida, seguida de *W. robusta*, *P. articulata* y *Pachycereus pringlei* (S. Watson) Britton & Rose. El resto de las especies presenta IVI menor de 10 (Cuadro 6).

Discusión

La diversidad de flora de los oasis de Baja California Sur es alta con relación a la registrada en el estado, a pesar de la pequeña superficie que ocupan. Al evaluar ocho oasis, Arriaga et al. (1997) reportaron 146 especies relacionadas con la vegetación de humedades, de las cuales 53 se encuentran en el oasis San Ignacio. A su vez, la cantidad de especies presentes en este, aunque no todas compartidas, representan aproximadamente 50 % de las especies registradas en el oasis San José del

in diversity estimators; however, the level of homogeneity in the number of individuals per species is also a determining factor in diversity estimators (Sanches-Melo, 2008). In this study, the superiority of the Shannon-Weiner diversity index of the low stratum in relation to that of the middle and high strata is attributed to the lack of dominance of some species ($1 - \lambda = 0.941$) and, therefore, to a greater homogeneity in the number of individuals per species ($J' = 0.864$). Regarding the middle and high strata, Simpson's index estimators ($1 - \lambda = 0.873$ and 0.858 , respectively) suggest that there is no dominance of some species; however, Pielou's indices ($J' = 0.719$ and 0.618 , respectively) indicate heterogeneity in the number of individuals per species (Medrano-Meraz et al., 2017).

The difference in species richness between strata is attributed to the fact that the lower stratum includes shrub and tree species and the middle stratum includes tree species that have not exceeded the height growth that characterizes each stratum. It is important to mention that the four endemic species registered in the oasis are present in the lower stratum, with *W. robusta* as the one with the highest IVI, followed by *A. bryantii*, *C. invicta* and *F. peninsulae*; in addition, it is emphasized that all the induced exotic species of high risk for the ecosystem are found in this stratum. According to Campos and Herrera (2009), *S. secundatum*, whose relative frequency (Fr) was 5.76, is an herbaceous species with a high probability of expansion that tends to have a negative effect on native species by competing strongly for water, light, nutrients and space, as well as producing allelopathic substances that inhibit the growth and development of grasses. On the other hand, *M. crystallinum*, a succulent perennial shrub with Fr = 2.88, has the ability to invade coastal areas and strongly affect native species; its high capacity to absorb soil moisture, accumulation of salt from the roots to the sprouts and nitrate below them generate adverse conditions for the establishment and survival of native plants (CONABIO, 2016a, 2017). *A. donax* (Fr = 1.44) is a riparian herbaceous species, ranked among the most aggressive and difficult to eradicate. This species produces large patches of roots that alter hydrology and nutrient cycling; in addition, it reproduces mainly vegetatively via rhizomes and requires abundant light and water during the photosynthesis process (CONABIO, 2015). Meanwhile, *T. ramosissima* (Fr = 0.72) is considered among the 100 most harmful invasive exotic species, as it increases soil salinity, alters the hydrological regime and affects the proliferation of fires, harming ecosystem management and diversity conservation (CONABIO, 2016b).

Considering the relative frequency criterion, none of the species of the middle stratum has a wide distribution range. In this case, the native species *C. alcahes*, *P. articulata*

Cabo (109 especies), el cual se encuentra al sur de la península (León-de la Luz et al., 2004).

Los índices de diversidad de Shannon-Weiner estimados en los estratos bajo ($H' = 3.209$), medio ($H' = 2.598$) y alto ($H' = 2.097$) indican mayor diversidad de especies con relación a los estimados en otras áreas áridas y semiáridas de México. Por ejemplo, Solís-Garza et al. (2017), al estudiar la estructura y vegetación arbórea y arbustiva de la ribera en zonas áridas de los ríos Bacanuchi y Sonora, estimaron índices de diversidad $H' = 1.61$ y $H' = 0.76$ para la vegetación arbórea y arbustiva, respectivamente. A su vez, Mora-Donjuán et al. (2014) estimaron $H' = 1.87$ para el matorral desértico del noroeste de Nuevo León, mientras que Gelviz-Gelvez y Pavón-Hernández (2013) reportaron que la diversidad verdadera de especies en una zona semiárida del estado de Hidalgo varió entre 7.8 y 1.6, valores equivalentes de $H' = 2.054$ y $H' = 0.47$, respectivamente.

Es lógico inferir que la cantidad de especies es un factor importante que explica la diferencia en los estimadores de la diversidad; sin embargo, el nivel de homogeneidad en el número de individuos por especie también es determinante en los estimadores de la diversidad (Sanches-Melo, 2008). En el caso del presente estudio, la superioridad del índice de diversidad de Shannon-Weiner del estrato bajo con relación al de los estratos medio y alto se atribuye a que no existe dominancia de algunas especies ($1 - \lambda = 0.941$) y, por lo tanto, a una mayor homogeneidad en el número de individuos por especie ($J' = 0.864$). Con relación a los estratos medio y alto, los estimadores del índice de Simpson ($1 - \lambda = 0.873$ y 0.858 , respectivamente) sugieren que no hay dominancia de alguna especie; sin embargo, los índices de Pielou ($J' = 0.719$ y 0.618 , respectivamente) indican heterogeneidad en el número de individuos por especie (Medrano-Meraz et al., 2017).

La diferencia en riqueza de especies entre los estratos se atribuye a que en el estrato bajo se anexan las especies arbustivas y arbóreas y en el estrato medio las arbóreas que no han sobrepasado el crecimiento en altura que caracteriza a cada estrato. Es importante señalar que en el estrato bajo se presentan las cuatro especies endémicas registradas en el oasis, siendo *W. robusta* la de mayor IVI, seguida de *A. bryantii*, *C. invicta* y *F. peninsulae*; además, se enfatiza que todas las especies exóticas inducidas de alto riesgo para el ecosistema se encuentran en este estrato. De acuerdo con Campos y Herrera (2009), *S. secundatum*, cuya frecuencia relativa (Fr) fue 5.76, es una especie herbácea con probabilidad alta de expansión que tiende a ejercer efecto negativo sobre las especies nativas al competir fuertemente por agua, luz, nutrientes y espacio, así como producir sustancias alelopáticas que inhiben el crecimiento y desarrollo de los pastos. Por otro lado, *M. crystallinum*, planta arbustiva perenne suculenta con Fr = 2.88, tiene la capacidad de invadir

and *J. cinerea* had the widest distribution range (Fr = 9.40 %, 6.27 % and 5.28 %, respectively). The rest of the species, with Fr between 0.006 % and 1.8 %, are confined to restricted areas. This is the case of the exotic species *T. ramosissima* and *P. dactylifera*; both were recorded in 0.41 % of the sampled area.

Regarding species sustainability, Norden (2014) mentions that regeneration is the most important process in the life cycle of plants, because the continuity of species depends on the ability of plants to regenerate or reproduce. Environmental conditions and germplasm (seeds or reproductive material) limit the regeneration and development of species. Granados-Sánchez et al. (2011) mention that the seasonality of precipitation affects the establishment and development of vegetation in arid zones, and explain that, while some species flower and bear fruit before the onset of rainfall, others survive by taking advantage of the water stored in the subsoil, so that precipitation and temperature are important environmental factors in the production and germination process of seeds.

Conclusions

Species richness and diversity was higher in the herbaceous stratum, due to the inclusion of shrub and tree species in this stratum. The importance value indicates that each of the species found in the middle stratum have a small distribution range. The endemic species *Washingtonia robusta*, *Ambrosia bryantii*, *Corynopuntia invicta* and *Ferocactus peninsulae* and the exotic species *Stenotaphrum secundatum*, *Masembryanthemum crystallinum*, *Arundo donax* and *Tamarix ramosissima* are found in the lower stratum. The indicators of diversity and structure reported in this study could be useful for the proposal of management alternatives that promote the sustainability of the oasis; in addition, this information establishes a baseline for the evaluation of possible changes in the vegetation composition of the oasis.

Acknowledgments

The authors thank CONACyT for the funding support received to complete their master studies, to CONAFOR (BIOCOMUNi Project) for providing the field data, and to the Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto for the facilities granted to carry out this study.

End of English version

zonas costeras y afectar fuertemente a las especies nativas; su alta capacidad de absorción de humedad del suelo, acumulación de sal desde las raíces hasta los brotes y de nitrato debajo de ellas generan condiciones adversas para el establecimiento y supervivencia de las plantas nativas (CONABIO, 2016a, 2017). Por su parte, *A. donax* (Fr = 1.44) es una especie herbácea ribereña, catalogada dentro de las más agresivas y difíciles de erradicar. Esta especie produce grandes manchones de raíces que alteran la hidrología y el ciclo de los nutrientes; además, se reproduce principalmente en forma vegetativa a través de rizomas y requiere luz y humedad abundantes durante el proceso de fotosíntesis (CONABIO, 2015). Por su parte, *T. ramosissima* (Fr = 0.72) es considerada dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas, ya que aumenta la salinidad del suelo, altera el régimen hidrológico e incide en la proliferación de incendios, perjudicando el manejo de los ecosistemas y la conservación de la diversidad (CONABIO, 2016b).

Considerando el criterio de la frecuencia relativa, ninguna de las especies del estrato intermedio tiene un rango de distribución amplio. En este caso, las especies nativas *C. alcahes*, *P. articulata* y *J. cinerea* presentaron el mayor rango de distribución (Fr = 9.40 %, 6.27 % y 5.28 %, respectivamente). El resto de las especies, con Fr entre 0.006 % y 1.8 %, están confinados a espacios restringidos. Tal es el caso de las especies exóticas *T. ramosissima* y *P. dactylifera*; ambas se registraron en 0.41 % de la superficie muestreada.

Con relación a la sostenibilidad de las especies, Norden (2014) menciona que la regeneración es el proceso más importante en el ciclo de vida de las plantas, ya que la continuidad de las especies depende de la capacidad de las plantas a regenerarse o reproducirse. Las condiciones ambientales y el germoplasma (semillas o material reproductivo) limitan la regeneración y desarrollo de las especies. En este sentido, Granados-Sánchez et al. (2011) mencionan que la estacionalidad de la precipitación influye en el establecimiento y desarrollo de la vegetación de zonas áridas, y argumentan que, mientras algunas especies florecen y fructifican antes del inicio de las lluvias, otras sobreviven al aprovechar el agua almacenada en el subsuelo, por lo que la precipitación y la temperatura son factores ambientales importantes en la producción y proceso de germinación de las semillas.

Conclusiones

La riqueza y diversidad de especies fue mayor en el estrato herbáceo, debido a la inclusión de especies arbustivas y arbóreas en dicho estrato. El valor de importancia indica que cada una de las especies presentes en el estrato medio tienen poco rango de distribución. En el estrato bajo se encuentran

References / Referencias

- Arriaga, L., Díaz S., Domínguez, R., & León, J. L. (1997). Composición florística y vegetación. In L. Arriaga, & R. Rodríguez-Estrella (Eds.), *Los oasis de la península de California* (pp. 70–92). Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2942>
- Campos, J. A., & Herrera, M. (2009). Análisis de la flora alóctona de Biskaia (País Vasco, España). *Lazaroa*, 30, 7–33. <https://www.academia.edu/47254352/An%C3%A1lisis>
- Cariño-Olvera, M. M., & Castillo-Maldonado, A. L. (2017). Oasis subcalifornianos: Paisajes bioculturales con elevada capacidad adaptativa a la aridez y potencial para la construcción de la sustentabilidad local. *Frontiers Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(2), 271–239. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p217-239>
- Cariño-Olvera, M. M., & Monteforte-Sánchez, M. (2018). La historiografía ambiental sudcaliforniana y la sustentabilidad local. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña Revista de La Solcha*, 8(2), 14–41. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2018v8i2.p14-41>
- Cariño, M., & Ortega-Santos, A. (2014). Oasis sudcalifornianos: transferencia cultural del viejo al nuevo mundo áridos. *Millars*, 37(7), 149–176. <https://doi.org/10.6035/Millars.2014.377>
- Carmona-Galindo, V. D., & Carmona, T. V. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14(2), 20–28. https://digitalcommons.lmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1025&context=bio_fac
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). Atlas del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2017). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimiento de muestreo. https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2022/DocumentosMetodologicos/2019/ANEXO_Procedimientos_de_muestreo_2019.pdf
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2022). *Paquetes Tecnológicos SIRE*. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/catalogo-de-paquetes-tecnologicos-2022>
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2015). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México Arundo donax (L.)*, México. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/A_B/Arundo%20donax.pdf
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2016a). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México Stenotaphrum secundatum (Walter) Kuntze*. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/R_Z/Stenotaphrum%20secundatum.pdf
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2016b). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México Tamarix ramosissima Ledeb*. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/R_Z/Tamarix%20ramosissima.pdf
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2017). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México Mesembryanthemum crystallinum L.* https://enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Mesembryanthemum%20crystallinum.pdf
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2022). *EncicloVida*. <https://enciclovida.mx/>
- Curtis, J., & McIntosh, R. (1951). Un upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476–496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Díaz, S., & Troyo, E. (1997). Balance hidrológico y análisis de la aridez. In L. Arriaga, & E. R. Rodríguez (Eds.), *Los oasis de la península de Baja California* (pp. 35–49). Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2942>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). Modificación al Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACyT por el apoyo económico recibido a través de una beca para desarrollar estudios de maestría, a CONAFOR (Proyecto BIOCUMUNi) por permitir tomar la información de campo, y al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de El Salto por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

Fin de la versión en español

=====

t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/R_Z/Stenotaphrum%20secundatum.pdf

Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2016b). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México Tamarix ramosissima Ledeb*. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/R_Z/Tamarix%20ramosissima.pdf

Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2017). *Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México Mesembryanthemum crystallinum L.* https://enciclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Mesembryanthemum%20crystallinum.pdf

Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). (2022). *EncicloVida*. <https://enciclovida.mx/>

Curtis, J., & McIntosh, R. (1951). Un upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476–496. <https://doi.org/10.2307/1931725>

Díaz, S., & Troyo, E. (1997). Balance hidrológico y análisis de la aridez. In L. Arriaga, & E. R. Rodríguez (Eds.), *Los oasis de la península de Baja California* (pp. 35–49). Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2942>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). Modificación al Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y

- especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo publicado el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* (5.ª ed.). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- Gelviz-Gelvez, S. M., & Pavón-Hernández, N. P. (2013). Diversidad de especies arbustivas en una zona semiárida del centro de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales*, 19(3), 323–335. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.049>
- Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados Victorino, R. L., & Borja-de la Rosa, A. (2011). Ecología de la vegetación del desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 111–130. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.102>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4(1), 1–9. <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>
- iNaturalist. (2022). Naturalista. <https://www.naturalista.mx/taxa>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250,000. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Jiménez, M. L., Nieto-Castañeda, I. G., Correa-Ramírez, M. M., & Palacios-Cardiel, C. (2015). Las arañas de los oasis de la región meridional de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(2), 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.028>
- León-de la Luz, J. L., Domínguez-Cadena, R., Pérez-Navarro, J. J., & Domínguez-León, M. (2004). La vegetación de los oasis de Baja California Sur. En K. Y. Mercado-Savín (Ed.), *Reunión de análisis de los oasis de Baja California Sur: Importancia y conservación* (pp. 9–15). CIBNOR. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2899>
- Lou, J., & González-Ojeda, A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56(1-2), 3–14. <http://www.lillo.org.ar/journals/index.php/acta-zoologica-lilloana/article/view/240>
- Martínez-Ballesté, A., & Ezcurra, E. (2018). Reconstruction of past climatic events using oxygen isotopes in *Washingtonia robusta* growing in three anthropic oases in Baja California Sur. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70(1), 79–94. <https://doi.org/10.18268/bsgm.2018v70n1a5>
- Medrano-Meraz, M. de J., Hernández, F. J., Corral-Rivas, S., & Nájera-Luna, J. A. (2017). Diversidad arbórea a través de gradientes topográficos en la región de El Salto, Durango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 525–534. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1121>
- Mora-Donjuán, C. A., Rubio-Camacho, E. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Mata-Balderas, J. M., & Mora-Olivo, A. (2014). Composición y diversidad vegetal de un área de matorral desértico micrófilo con historial pecuario en el Noreste de México. *Polibotánica*, 38, 53–66. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682014000200003
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (vol. 1). M&T-Manuales y Tesis SEA. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247–261. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2a08>
- Ruiz-Campos, G., Andreu-Soler, A., Vidal-Abarca-Gutiérrez, M. R., Delgadillo-Rodríguez, J., Suárez-Alonso, M. L., González-Abraham, Ch., & Hugo-Luja, V. (2014). *Catálogo de humedales dulceacuícolas de Baja California Sur*. Instituto de Ecología y Cambio Climático. <https://www.researchgate.net/publication/265552072>
- Sanches-Melo, A. (2008). O que ganhamos 'Confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotropical*, 8(3), 21–27. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000300001>
- Solís-Garza, G., Robles-López, H., & Castellanos-Villegas, A. E. (2017). Estructura y composición de la vegetación ribereña en zonas áridas. El caso de los ríos Bacanuchi y Sonora en el Noroeste de México. *Biotecnia* 19(2), 3–12. doi: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i2.378>
- Tenza, A., Breceda, A., Cariño, M., Martínez-Fernández, J., & Giménez, A. (2015). Claves de sustentabilidad de agroecosistemas tradicionales basados en regadíos y ganadería extensiva en oasis de Baja California (México). In C. Sanchis-Ibor, G. Palau-Salvador, I. Mangue-Alfárez, & L. P. Martínez-Sanmartín (Eds.), *Irrigation, society and landscape* (pp. 791–804). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1789.1920>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2022). Portal de datos abiertos de la UNAM. *Colecciones universitarias*. <https://datosabiertos.unam.mx/>
- Velázquez-Miranda, A., & Ruiz-Campos, G. (2011). Índice de calidad ambiental aplicado en el oasis de San Ignacio, Baja California Sur, México. *Investigación Ambiental*, 3(1), 30–38. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/gacetas/649/indice.pdf>
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad* (2.a ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf?sequen>