



# ¿Qué tan distintas son las hembras de los machos?: diferencias de asignación de recursos al crecimiento en el arbusto dioico *Atriplex polycarpa* Torr. (Caryophyllales: Amaranthaceae)

María de Lourdes Gómez Tolosa<sup>1</sup>

Sergio López<sup>2</sup>

Miguel Angel Pérez Farrera<sup>3</sup>

## RESUMEN

La teoría de asignación sexual predice que cuando las hembras difieren en tamaño y forma de los machos, se esperaría desvíos en la proporción de sexos (una hembra por cada macho). Por lo que este trabajo se enfocó a evaluar las proporciones machos y hembras de la población de *Atriplex polycarpa* en Bahía de Kino, Sonora; así como determinar si hay diferencias en tamaño y forma entre los sexos. Los resultados muestran que la mayoría de los sitios de plantas difieren de la proporción esperada (1:1) y que las hembras son de mayor tamaño y difieren en forma de los machos.

**Palabras clave:** Asignación sexual, proporción de sexos, *Atriplex polycarpa*, dioicismo (o dioecia).

## ABSTRACT

Sex allocation theory predicts differences on sex ratio and sexual dimorphism between females and males. Some dioecy species (unisexual individual plants) show differences on size and shape between males and females. Therefore, this study approached to evaluate local sex ratios on *Atriplex polycarpa* at Kino Bay, Sonora; just as size and shape differences between male and female plants. The results show more patches of plants biased from 1:1, either to male or females, and female plants taller than males.

**Key words:** Sex allocation, sex ratio, *Atriplex polycarpa*, dioecy.

## INTRODUCCIÓN

Parentalmente la mayor complejidad en la biología reproductiva de las plantas se debe a la falta de movilidad (Eguiarte *et al.* 1992; Crawley 1997), lo que ha promovido una gran diversificación de sistemas reproductivos (Richards 1990). El sexo de las plantas ha sido tradicionalmente descrito en términos de la distribución espacial y temporal de los órganos reproductivos femeninos y masculinos, entre las flores de un individuo y entre los individuos en una población (Lloyd y Bawa 1984). Karlin y Lessard (1986) mencionan que la distribución de

<sup>1</sup>Biodiversidad Conservación y Restauración A. C.

Calle Tapachula #17, Barrio del Cerrillo C.P. 29292, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Tel. 01 (967) 6788551.

E-mail: lgomez@biocores.org.mx.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de

Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n col. Lajas Maciel C.P. 29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 01 (961) 6170440.

E-mail: slopezmendoza@yahoo.com.mx.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias

y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente s/n col. Lajas Maciel C.P. 29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. 01

(961) 1210894. E-mail: perezfarreram@yahoo.com.mx.

géneros (femenino y masculino) en las plantas con flores es compleja, debido en parte al amplio espectro de morfología floral que presentan. Sin embargo, es necesario distinguir las tres bases sobre las cuales se puede describir el género de una planta (Lloyd 1981). Primero, es posible distinguir la sexualidad genética que se refiere a la combinación de genes que especifican el potencial sexual de reproducirse como macho o hembra. Segundo, la sexualidad fenotípica puede ser descrita con base en la proporción relativa de estructuras femeninas y masculinas observadas. Tercero, la sexualidad funcional que se refiere a la contribución relativa de genes vía los gametos femeninos (óvulos) y masculinos (polen). Con base en estos criterios, hay especies monoicas, que se caracterizan por la presencia de flores unisexuales (femeninas y masculinas) en un mismo individuo, especies dioicas, que se caracterizan por individuos con un solo tipo de flores macho o hembra), y las especies hermafroditas, que se distinguen por la presencia de flores perfectas en un mismo individuo, (Wilson 1983, Charnov 1984, Karlin y Lessard 1986, Crawley 1997).

Por otra parte, en 1930 R. A. Fisher propuso que la selección natural debería de favorecer a los individuos que asignaran igual cantidad de recursos para producir descendencia masculina y femenina (Charnov 1982). Maynard-Smith (1978) llegó a la misma conclusión que Fisher, utilizando un modelo de optimización simple. Sin embargo, en algunas especies de plantas dioicas se ha observado un sesgo hacia los machos (Crawley 1997) y las razones que se han propuesto, para explicar esta desviación de la proporción de una hembra por un macho ( $1\text{♀}:1\text{♂}$ ) son: (1) que hay una mortalidad mayor en los individuos del sexo femenino (hipótesis de la mortalidad diferencial) y (2) que una de las funciones sexuales es más costosa que la otra (hipótesis de costos diferentes entre los sexos).

*Atriplex polycarpa* es una planta arbustiva perenne dioica (con individuos de un solo sexo), que habita en

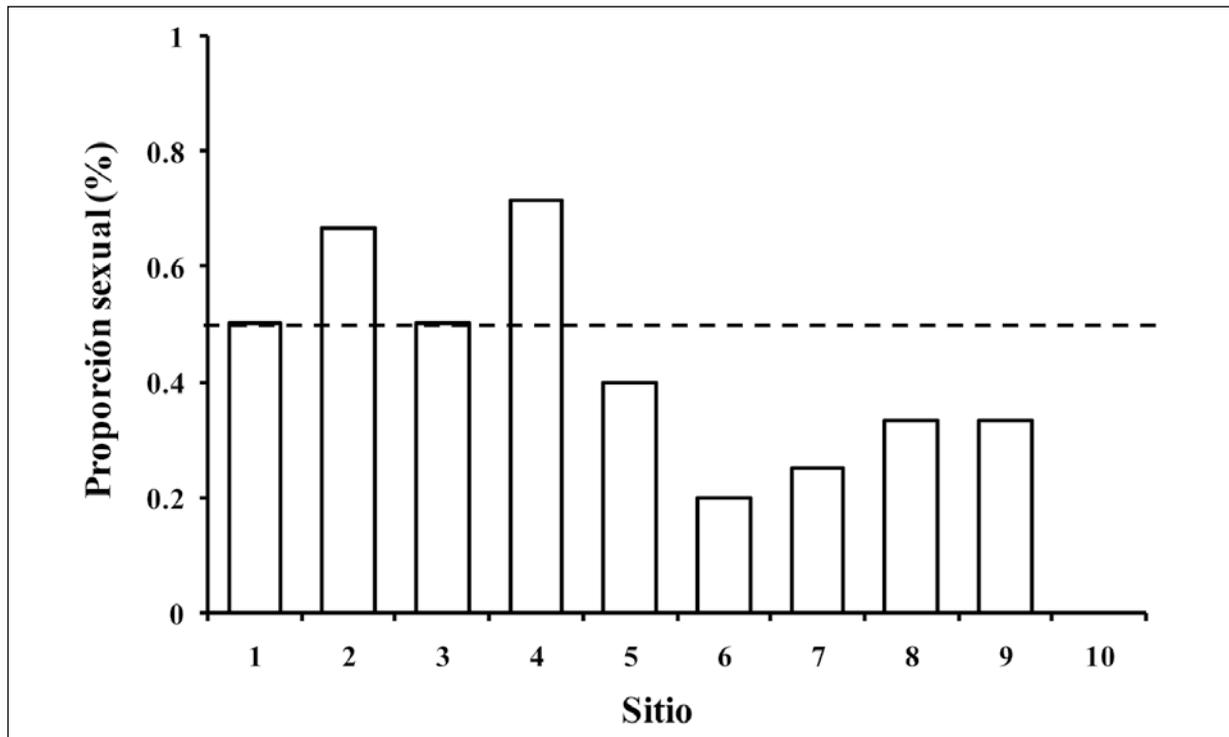
sitios perturbados y salobres y se distribuye de manera agregada con diferente número de plantas por sitio. A partir de observaciones hechas en el campo surgen las siguientes preguntas: 1) ¿Cuál es la proporción sexual de la población de *Atriplex polycarpa* en Bahía de Kino, Sonora? 2) ¿Existe variación en la proporción sexual entre sitios? 3) ¿Existen diferencias de “tamaño” entre las plantas del sexo femenino y las del sexo masculino?

Derivado de estas preguntas, y con base en la teoría de asignación sexual en plantas, se plantearon las siguientes hipótesis: 1) La proporción sexual de la población difiere de lo propuesto por Fisher (un macho por una hembra) y está sesgada a los machos, y que 2) existen diferencias en forma y tamaño entre plantas macho y hembra. Por lo que se esperaría diferencias entre las relaciones alométricas (relación entre diferentes atributos que caractericen el tamaño) entre los individuos de cada sexo.

## MÉTODO

Bahía de Kino se encuentra ubicada en el centro del litoral sonorense, a 107 kilómetros de Hermosillo, la capital del Estado. El área de estudio comprende la región marina costera de Bahía de Kino, y se encuentra en un rango latitudinal que va desde los 28°43' hasta los 28°58' N; y longitudinalmente se encuentra entre los 111°54' a 112°22' W. Comprendiendo una superficie marina de 109,371.97 hectáreas. La única vía de acceso pavimentada a la región es la carretera estatal Sonora 16, que comunica a Bahía de Kino con la ciudad de Hermosillo, distante a 105 km al este. La mayoría de las características costeras de Bahía de Kino se formaron hace 5,000 a 6,000 años, lo que es muy reciente en escala geológica (Moreno *et al.* 2005). A diferencia de otras zonas costeras, el Golfo de California presenta amplios rangos de temperaturas tanto anuales como diurnos, debido a que los efectos amortiguadores del Océano Pacífico son reducidos por las altas cadenas montañosas que lo convierten en

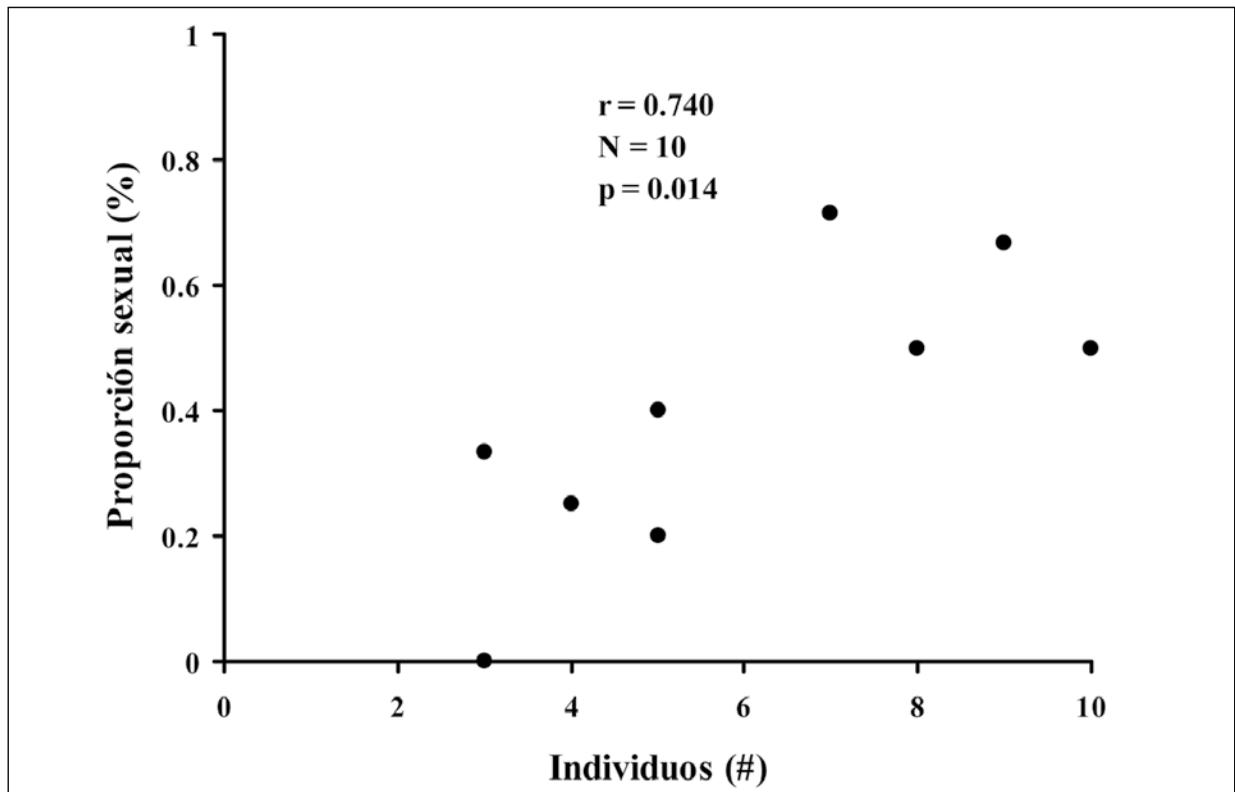
Figura 1 ■ Gráfica de la proporción sexual observada para la población de *Atriplex polycarpa*, en Bahía de Kino, Sonora. Valor de la prueba de comparación de frecuencias ( $\chi^2$ ) = 108.350, grados de libertad ( $gl$ ) = 9, probabilidad de equivocarse al rechazar la hipótesis nula ( $p$ ) > 0.001. Las barras corresponden a la proporción sexual observada en cada parche, la línea punteada corresponde a lo esperado por la teoría de asignación de Fisher (proporción 1:1).



una cuenca semi-cerrada tanto meteorológica como oceanográficamente, con alta evaporación (Case *et al.* 2002). La vegetación costera incluye zonas de manglar en el Estero Santa Rosa, y el Estero Santa Cruz. El manglar está rodeado de vegetación halófito hasta los linderos de Kino Nuevo, donde la vegetación se transforma en matorral sarcocaulo con matorral subinorme, que colinda con matorral desértico micrófilo y subinorme que no llega hasta la costa (Riegner 2001). Presenta vegetación halófito en su zona norte, que se extiende hasta la parte media donde cambia a matorral desértico micrófilo con matorral subinorme, interrumpida por una franja de mezquital.

A lo largo de la vegetación costera se seleccionaron 10 sitios con diferentes densidades de plantas. En cada sitio, se contaron todas las plantas que presentaran flores, lo que permitió diferenciar individuos machos de hembras. Los machos se caracterizan por tener inflorescencias alargadas mientras que las hembras presentan inflorescencias muy ramificadas, además de presentar una protuberancia en la base de la flor que corresponde al ovario. A cada planta se le contó el número de ramificaciones principales, se midió la altura máxima y el diámetro de cobertura mayor con su perpendicular correspondiente, lo que permitió calcular el área de cobertura aproximada. La proporción

Figura 2 ■ Gráfica de la relación entre el número de individuos por sitio y la proporción sexual. Cada punto corresponde a un sitio diferente. La relación se analizó con el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación es  $r$ , el tamaño de la muestra corresponde a  $N$  (número de pares en la correlación) y una probabilidad de equivocarse al rechazar la hipótesis nula de  $p$ .

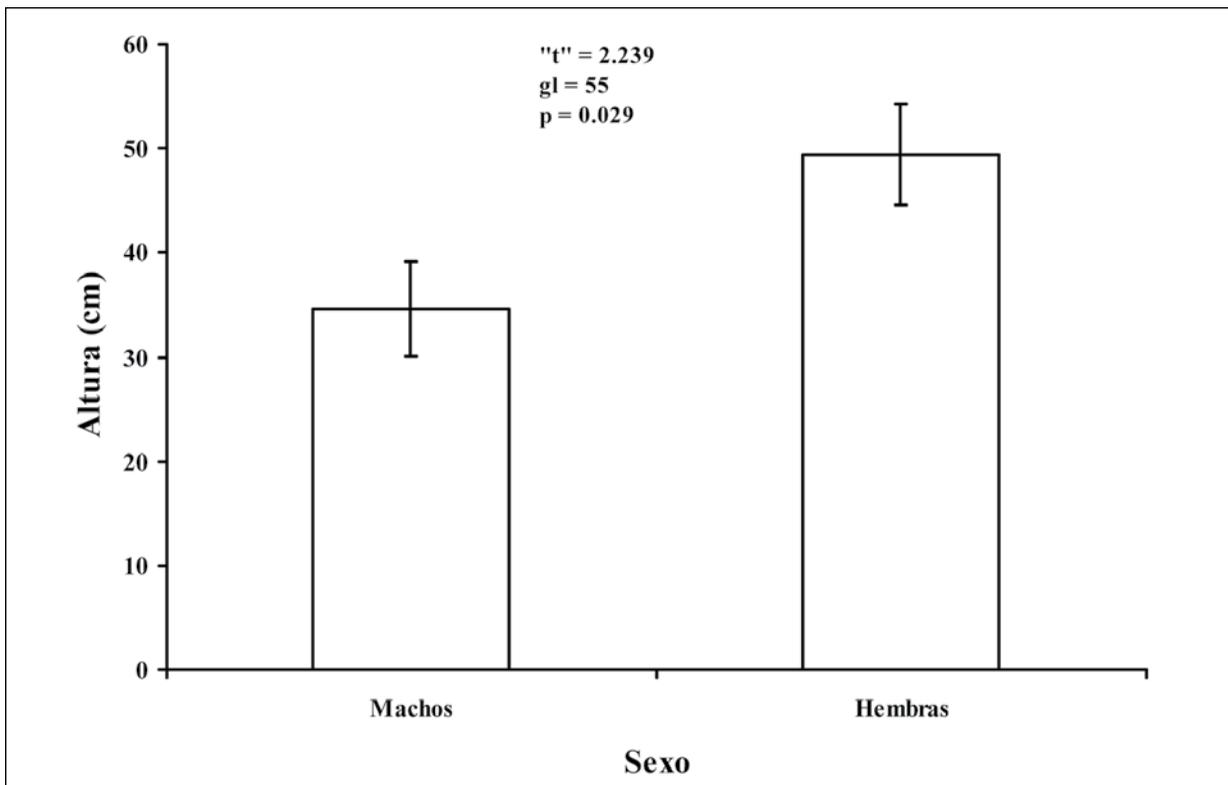


sexual se calculó contabilizando el número de individuos del sexo masculino entre el número de individuos totales en el sitio (machos más hembras). Los datos de proporción sexual se analizaron con una prueba de  $\chi^2$ , donde los valores esperados por sitio de plantas se consideraron como lo esperado bajo la hipótesis de Fisher (50% de individuos de cada sexo). Los datos de tamaño se compararon mediante una prueba de “t de student”. También se aplicaron análisis de correlación a las variables de tamaño que se consideraron en este trabajo (número de ramas principales, altura y cobertura).

### RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas entre las frecuencias observadas de proporción sexual, con respecto a lo que se esperaba por azar bajo la hipótesis de Fisher de asignación sexual equitativa y costos iguales de producción para cada sexo (Figura 1). Al graficar la proporción sexual por cada sitio de plantas se observó que ocho de 10 presentaron diferencias respecto a la proporción de 50%. Los sitios dos y cuatro presentaron sesgos hacia los machos; mientras que los sitios cinco, seis, siete, ocho y nueve tuvieron más plantas hembras que machos (con sesgo hacia la función

Figura 3 ■ Gráfica de la comparación de tamaño (promedio de altura  $\pm$  error estándar) entre sexos (plantas macho y hembra). Valor de la comparación de promedios (" $t$ " de Student) = 2.239,  $gl = 55$ ,  $p = 0.029$ .



femenina) y los sitios uno y tres tuvieron proporción sexual de 1:1. Solamente el sitio 10 tuvo individuos del sexo femenino exclusivamente. Además, se encontró una correlación entre el número de plantas por sitio con la proporción sexual (Figura 2). De tal forma que los sitios con más individuos presentan proporciones sexuales sesgadas hacia los machos.

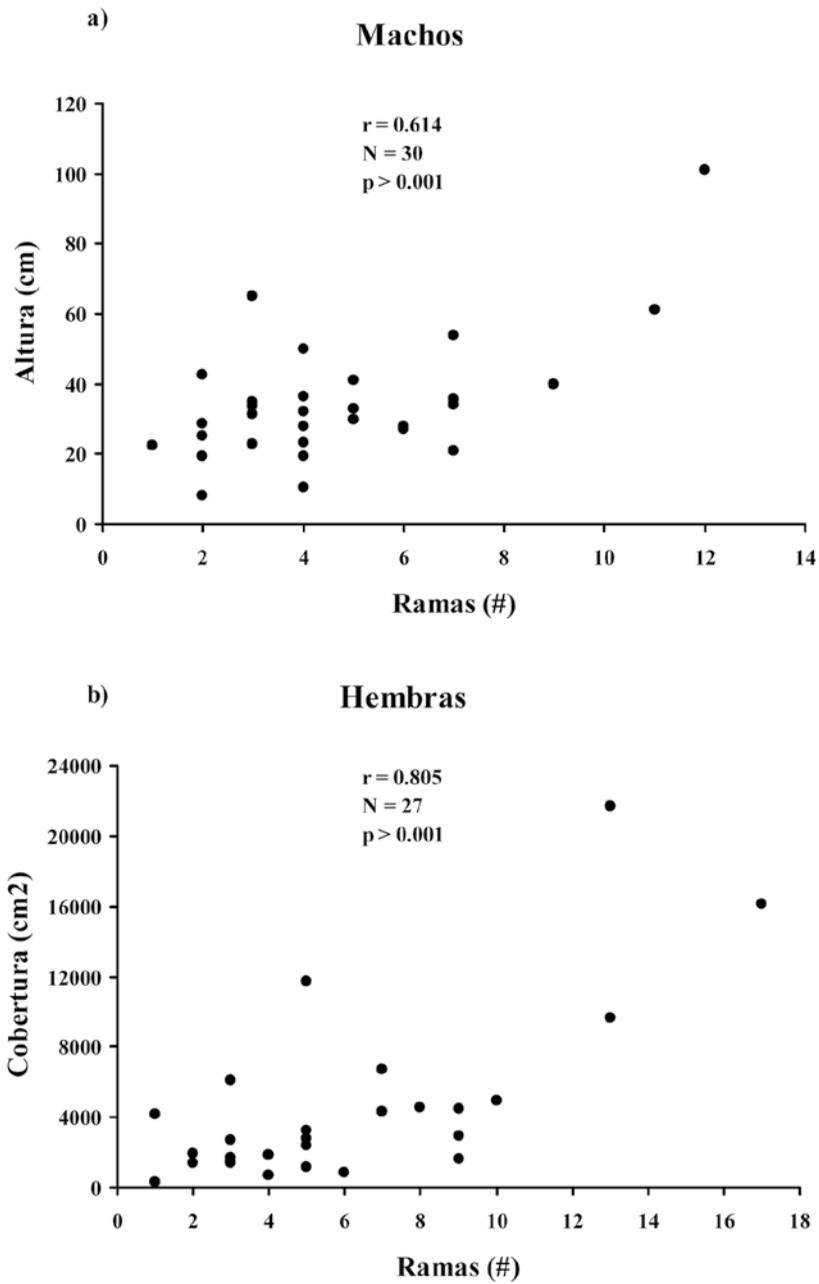
Por otra parte, se encontraron diferencias en altura (Figura 3) pero no para cobertura y número de ramas principales entre machos y hembras. En promedio las hembras tienen mayor altura que los machos. Al analizar la relación entre número de ramas, altura y cobertura, se encontró que los machos presentan una correlación entre la altura y el número de ramas princi-

pales. Plantas con muchas ramas principales presentan una altura mayor, en comparación con las plantas que tienen pocas ramas y por lo tanto poca altura. Por el lado de las hembras, la correlación se detectó entre área de cobertura y número de ramas (Figura 4).

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo sugieren que las diferencias encontradas, entre sitios y respecto a la proporción de plantas macho y hembra, se pueden deber a lo siguiente: existen diferencias en los costos de producir un sexo en relación con el otro, tal como ha sido encontrado en otras especies de plantas dioicas (De Jong y Van Der Meijden 2004, Dorken y Barret 2004,

Figura 4 ■ Gráfica de la relación de tamaño (alometría de crecimiento), medido como el número de ramas principales contra la cobertura (cm<sup>2</sup>) y contra la altura (cm) para cada sexo. a) Correlación entre número de ramas y altura para las plantas macho y b) correlación entre número de ramas y cobertura para las plantas hembra.



Verdu *et al.* 2004). Estas diferencias tienen que ver con el tamaño (estimado con la altura de las plantas) y la forma (medida como la relación entre el número ramas principales por planta y la cobertura o la altura), como sucede en especies de plantas hermafroditas (Sato 2004), donde se ha estimado que las plantas de mayor tamaño pueden asignar más recursos a la función femenina. Además, es posible que exista limitación por recursos; por lo tanto, la proporción sexual difiere de 1:1 en la mayoría de los sitios que se analizaron.

Sin embargo, estas proporciones pueden ser producto del azar, como sugiere Proulx (2004), ya que esta especie es polinizada y dispersada por viento, lo que determina que algunos sitios tengan más plantas de un sexo que de otro y que en otros sitios haya la misma cantidad por cada sexo. Otra posible explicación es que las proporciones encontradas sean producto de selección dependiente de la frecuencia, ya que los individuos del sexo menos abundante en el sitio se verían beneficiados en términos de la reproducción. La manera de probar esta hipótesis sería mediante un estudio que considerará varios sitios con la misma densidad de plantas y diferentes proporciones sexuales, de tal manera que se pudiera cuantificar la cantidad de semillas que produce cada individuo de cada sexo. Bajo este escenario se esperaría que el sitio sesgado hacia una función sexual produzcan más hijos del sexo menos abundante a la siguiente generación. De tal forma que las proporciones sexuales varían de un extremo a otro entre temporadas. Por otra parte, es posible que las diferencias alométricas sean resultado de limitación por nutrientes, pero se requiere de un análisis de suelo para poder determinar el efecto de esta variable.

Finalmente, es necesario realizar un estudio demográfico para comparar las tasas de mortalidad entre sexos y poner a prueba la hipótesis de la mortalidad diferencial.

## BIBLIOGRAFÍA

- CASE T. J., M. L. CODY. & E. EZCURRA** (Eds.). 2002. A NEW ISLAND BIOGEOGRAPHY OF THE SEA OF CORTÉS. Oxford University Press. Oxford. 670 pp.
- CHARNOV E. L.** .1982. THE THEORY OF SEX ALLOCATION. Princeton University Press, New Jersey. 355 pp.
- CHARNOV E. L.**.1984. "Behavioural Ecology of Plants", in **J. R. Krebs** y **N. B. Davies** (eds.). BEHAVIOURAL ECOLOGY. Sinauer Associates, Sunderland Mass.
- CRAWLEY M. J.** 1997. PLANT ECOLOGY. Blackwell Science, Oxford. 717 pp.
- DE JONG T. J. & E.VAN DER MEIJDEN.** 2004. "Sex ratio of some long-lived dioecious plants in a sand dune area", in PLANT BIOLOGY, **6: 616-620.**
- DORKEN M.E.** y **S. C. BARRETT.** 2004. "Phenotypic plasticity of vegetative and reproductive traits in monoecious and dioecious populations of *Sagittaria latifolia* (Alismataceae): A clonal aquatic plant", in JOURNAL OF ECOLOGY, **92: 32-44.**
- EGUIARTE L. E., J. NUÑEZ-FARFÁN, C. DOMÍNGUEZ** y **C. CORDERO.** 1992. "Biología evolutiva de la reproducción en plantas", en CIENCIAS No. **especial 6: 69-86.**
- FREEMAN D. C., K. T. HARPER** y **E. L. CHARNOV.** 1980. "Sex change in plants: old and new observations, and new hypotheses", in OECOLOGIA **47: 222-232.**
- KARLIN S. & S. LESSARD.** 1986. THEORETICAL STUDIES SEX RATIO EVOLUTION. Princeton University Press, New Jersey. 314 pp.

- LLOYD D. G.**. 1981. "The distribution of sex in *Myrica gale*", in PLANT SYSTEMATICS AND EVOLUTION **138: 29-45**.
- LLOYD D. G. & K. S. BAWA**. 1984. "Modification of the gender of seed plants in varying conditions" in EVOLUTIONARY BIOLOGY **17: 255-388**.
- MAYNARD-SMITH J.** 1978. THE EVOLUTION OF SEX. Cambridge University Press, Cambridge.
- MORENO C., A. WEAVER, L. BOURILLÓN, J. TORRE, J. ÉGIDO y M. ROJO**. 2005. *Diagnóstico Ambiental y Socioeconómico de la Región Marina-Costera de Bahía de Kino, Isla Tiburón, Sonora México: Documento de trabajo y discusión para promover un desarrollo sustentable*. Comunidad y Biodiversidad, Asociación Civil. Guaymas, Sonora, México 88 pp.
- PROULX S. R.**. 2004. "Sources of stochasticity in models of sex allocation in spatially structured populations" in JOURNAL OF EVOLUTIONARY BIOLOGY **17: 924-30**.
- RIEGNER M.**. 2001. "The Mangrove Community of the Kino Bay Region", in **M. RIEGNER**, (Ed.) COURSE READER FOR THE KINO BAY REGION. Prescott College Publications. **73-83 pp**.
- RICHARDS A.J.**. 1990. PLANT BREEDING SYSTEMS. Cambridge University Press, Cambridge. 529 pp.
- SATO T.**. 2004. "Size-dependent sex allocation in hermaphroditic plants: The effects of resource pool and self-incompatibility", in JOURNAL OF THEORETICAL BIOLOGY **227: 265-75**.
- VERDU M., A. I. MONTILLA & J. R. PANNELL**. 2004. "Paternal effects on functional gender account for cryptic dioecy in a perennial plant", in PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON, SERIES B: BIOLOGICAL SCIENCE **271: 2017-23**.
- WILLSON M. F.**. 1983. PLANT REPRODUCTIVE ECOLOGY. John Wiley and Sons, New York. 282 pp.

