

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA EN LAS HOJAS DE *IPOMOEA IMPERATI* EN DUNAS DE LA RESERVA NATURAL DE LA MANCHA, VERACRUZ MÉXICO

GREAVER TARA Y SANJUAN MUÑOZ ADOLFO

Relator: Tara Greaver

Resumen

Plasticidad fenotípica es la capacidad de expresar variabilidad en la forma. Frecuentemente, la plasticidad podría ser causada por condiciones ambientales y presentarse a los niveles del individuo y de la población. Se investiga la plasticidad de individuos de *Ipomoea imperati*. Se compara la variación de individuos que viven en las hondonadas y crestas de dunas usando cinco características morfológicas de las hojas: largo del pecíolo, largo de la hoja, ancho basal, central y distal de la hoja. Se encontró variabilidad significativa tanto a nivel de individuos entre los dos hábitats, hondonada y cresta, como dentro de los individuos (ANOVA una vía anidadas, $P < 0.05$ en hábitats e individuos), excepto para el ancho central a nivel de individuo. El análisis multivariado MDS mostró que cuando las características se integran, los individuos de hondonadas y crestas se separan. Se determinó que la especie presenta plasticidad fenotípica a nivel de población y de individuos como respuesta posiblemente a condiciones ambientales específicas.

Palabras clave: *dunas ecosistemas costeros, Convolvulaceae, morfología de hojas, plasticidad fenotípica, Ipomoea imperati*

Introducción

Plasticidad fenotípica es la capacidad de expresar variabilidad en la forma. Muchas veces las plantas expresan variabilidad en la forma y el tamaño de las hojas en respuesta a condiciones ambientales. Por ejemplo, frecuentemente hojas en condiciones de sombra tienen más ancho y área que hojas en condiciones de luz alta. En este caso, la plasticidad fenotípica de las plantas les permite aprovechar las condiciones de intensidad de luz alta con menor espacio fotosintético y guardar recursos durante condiciones de sombra.

Hay diferentes escalas para explorar la plasticidad. A nivel del individuo es la variación que se cuantifica en un individuo, mientras que a nivel de la población es la variación de forma que es cuantificado entre individuos de la misma especie. Los dos niveles expresan diferente información. La plasticidad a nivel del individuo muestra que individuos de una especie tienen la capacidad de cambiar fenotípicamente en

respuesta a factores ambientales, mientras la plasticidad a nivel de la población muestra que aunque distintos individuos no expresen variación, hay variación expresada en la población entre los individuos. Esta distinción es importante para nuestro conocimiento de como las especies responden a las condiciones ambientales.

Un alto nivel de plasticidad fenotípica es considerado como una característica de las especies pioneras, ya que el ambiente de las comunidades pioneras cambia constantemente. Por esa razón, la plasticidad es una característica que dará 'fitness' (adecuación) a las especies pioneras. Esta forma de crecimiento, junto con un tallo flexible, les permite moverse de un ambiente a otro con diferentes microclimas. Por lo general, una enredadera que crece en dos ambientes puede tener diferentes formas de hojas en cada ambiente, por lo tanto, se considera que las enredaderas tienen un alto nivel de plasticidad fenotípica.

En este trabajo la plasticidad fenotípica de la especie *Ipomoea imperati*, una enredadera de las dunas costeras tropicales. El objetivo de este trabajo es determinar si la plasticidad se expresa a nivel de la población, de los individuos o de ambos. Para encontrar plasticidad a nivel de la población como respuesta al hábitat, se comparan las características de las hojas de individuos de dos hábitats (hondonadas y crestas) que se encuentran comúnmente en las dunas. Para encontrar si hay plasticidad a nivel de los individuos, se compara la variación de expresión por individuos dentro de un mismo hábitat.

Área de estudio

El sitio de este estudio es las dunas arenosas en la Reserva del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, que se localiza en la planicie costera del Golfo de México, en el centro del estado de Veracruz, entre los 19° 35' 12" y 19° 36' 18" de latitud norte, a 30 km de la ciudad de Cardel (Municipio de Octopan). La superficie de la reserva es aproximadamente de 96 ha. El clima es de tipo calido subhúmedo, con lluvias en verano y la precipitación oscila entre 1200 y 1500 mm anuales. El muestreo se llevó a cabo en un sistema de dunas con forma de media luna, que se orientan en una dirección aproximada norte-sur (Moreno-Casasola, 1982).

La vegetación de estas dunas está dominada por comunidades consideradas como pioneras, pastizales y matorrales. Las zonas con mayor movilidad se caracterizan por poseer una vegetación pionera integrada por especies herbáceas y arbustivas tolerantes a las condiciones drásticas (movimiento de arena, fluctuaciones altas de temperatura, aspersión salina, baja disponibilidad de nutrientes y poca humedad del suelo). En las dunas estabilizadas la vegetación predominante es la de pastizales (Moreno-Casasola, 2004).

Métodos

La especie

Ipomoea imperati, (Vahl) Gribes (Convolvulacea), es común en las dunas costeras con una distribución geográfica en latitudes subtropicales y tropicales. Esta especie es importante para la estabilización de las dunas porque las raíces ayudan a atrapar y estabilizar la arena, disminuyendo la erosión. Los tallos crecen abajo y encima de la superficie del suelo. Cuando el tallo es subterráneo, los pecíolos se mueven a la superficie del suelo donde las hojas nacen y se desarrollan.

Colecta de hojas

En febrero de 2004, se colectaron 10 tallos en total, cinco de las hondonadas y cinco de las crestas de las dunas. Cada tallo colectado tuvo entre 13 y 20 hojas. Las hojas fueron colectadas de tallos con un distanciamiento de al menos 20 m entre sí para asegurar que los tallos fuesen de diferentes individuos, ya que esta distancia es superior a la longitud de las ramas de esta especie.

Trabajo de laboratorio y manejo de la información

En el laboratorio, se escogieron al azar 10 hojas de cada tallo medir. Previamente a esta investigación se identificaron tres formas comunes de hojas: guante, lanceolada y trilobulada (Figura 1). Cada hoja se clasificó en una de las tres formas definidas y se procedió a medir el largo del pecíolo, largo de la hoja, ancho basal, central y distal de la hoja (Figura 1). Los datos se analizaron mediante una ANOVA de una-vía anidada (JMP versión 3.0); Chi-cuadrado y escalamiento No Métrico Multidimensional –MDS– (Statgraphics plus ver. 5.1) (Clarke y Warwick, 2001).

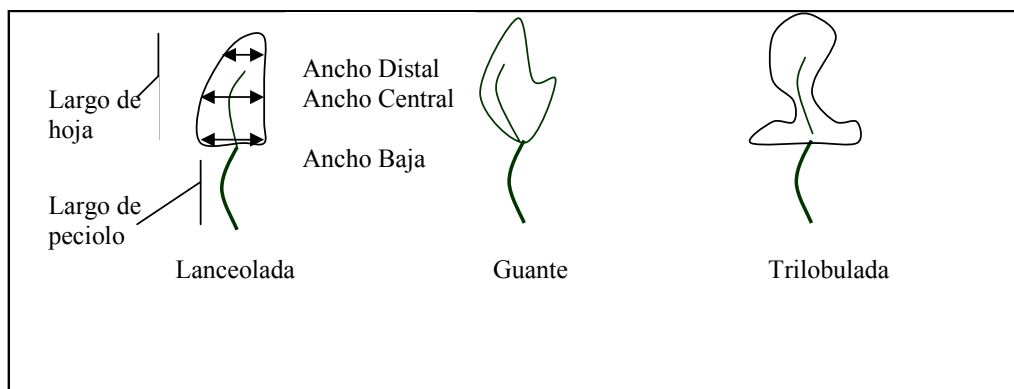


Figura 1. Las diferentes formas de hojas en *Ipomoea imperati*. La ilustración muestra la metodología usada para medir las características de las hojas.

Resultados

En las 100 hojas (10 por cada individuo) muestreadas se encontraron los tres tipos morfológicos comunes en *Ipomoea imperati* (lanceolada, trilobulada y guante), y otro morfo que se ha designado como "pentalobulada" (Figura 2), que para efectos prácticos fue asumida como trilobulada debido a la escasez de su presencia en las muestras (2% de todas las hojas).

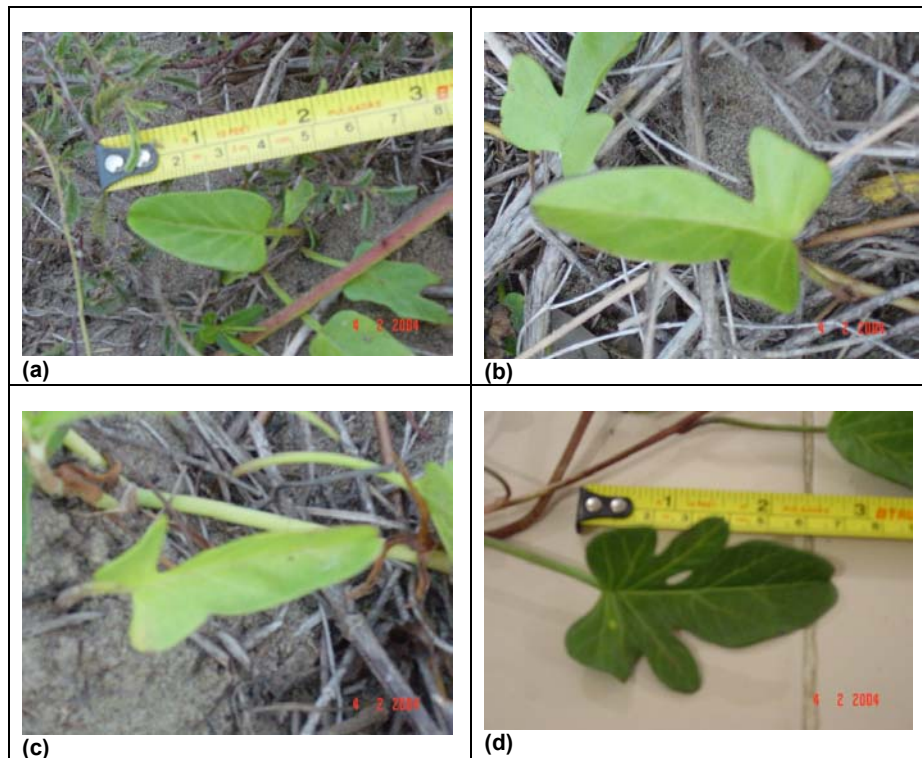


Figura 2. Formas de las hojas en *I. imperati*. (a) Lanceolada, (b) Trilobulada, (c) Guante y (d) Pentalobulada.

A nivel de individuo, la forma de guante solo se encontró en un organismo ubicado en el hábitat de hondonada (P1-H), mientras que la forma lanceolada fue la más frecuente en los individuos (90% de frecuencia) (Figura 3). Se evidencia que hay diferencias en las proporciones de las tres formas comunes entre los individuos (Figura 3). Esto fue confirmado con la prueba de chi-cuadrado ($\chi^2 = 76.97$; $DF = 18$; $P < 0.001$).

Al comparar los valores promedios de las características de las hojas entre el hábitat de hondonada y de cresta, se observa que en los caracteres longitud del pecíolo, ancho basal, ancho central y longitud de la hoja, la media del segundo hábitat supera a la del primero, mientras en el ancho distal es el valor promedio obtenido para la hondonada el que supera al de la cresta. Los resultados anteriores evidencian que, en general, las plantas ubicadas en la cresta tienen hojas de mayor tamaño que aquellas asentadas en la hondonada (Figura 4, Cuadro 1).

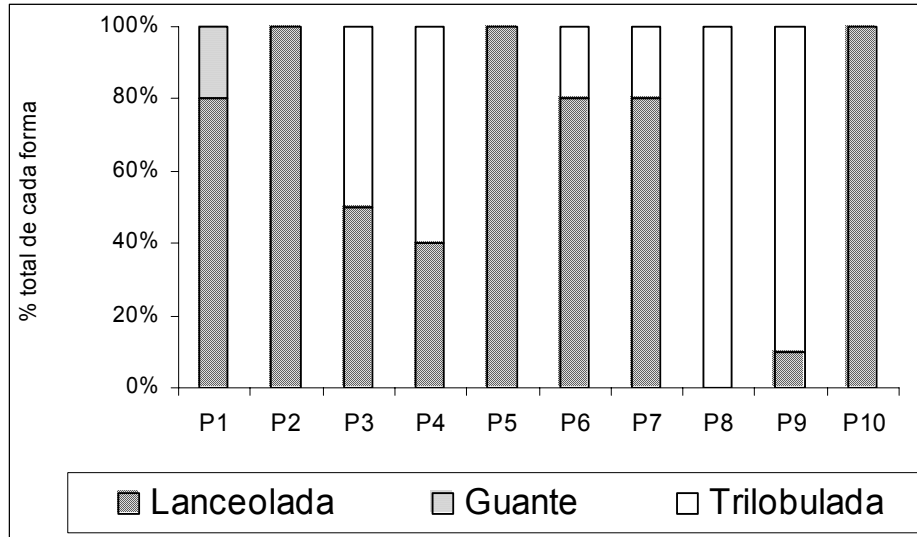


Figura 3. Porcentaje de la presencia de las tres formas típicas de hojas en cada uno de los individuos de *Ipomoea imperati* muestreados ($N = 100$). Las siglas indican lo siguiente: P = Planta; H = Hondonada; C = Cresta.

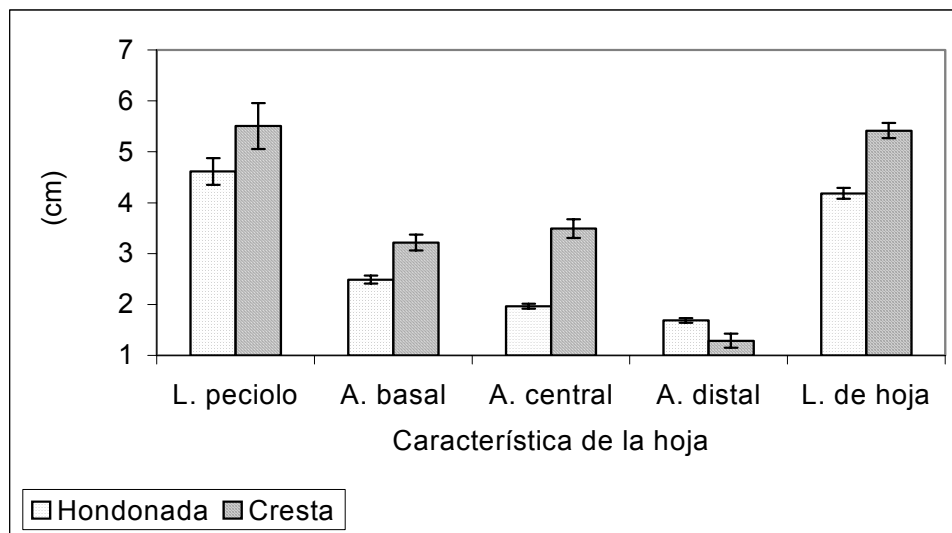


Figura 4. Características de las hojas en los dos hábitats. Las barras indican la media \pm error estándar ($N = 50$, para cada hábitat).

Las ANOVAS de una-vía anidadas indican diferencias significativas tanto entre hábitats como en los diferentes individuos dentro de un mismo hábitat para todas las variables medidas ($P < 0.05$), excepto en el ancho central de la hoja ($P > 0.05$). Esta prueba evidenció una mayor fortaleza en la longitud de la hoja ($R^2_{ADJ} = 0.46$) y la menor fortaleza en el ancho basal de la hoja ($R^2_{ADJ} = 0.28$) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Estadísticos de las características morfológicas de las hojas de *Ipomoea imperati*. Las abreviaturas significan lo siguiente: Med = Promedio; Desvest = Desviación estándar; Erest = Error estándar; H = Hondonada; C: Cresta.

Hábitat	Estadístico	Longitud del pecíolo (cm)	Ancho basal (cm)	Ancho central (cm)	Ancho distal (cm)	Longitud de hoja (cm)
H	Med	4.61	2.49	1.97	1.69	4.18
	Desvest	1.86	0.56	0.35	0.33	0.74
	Erest	0.26	0.08	0.05	0.05	0.10
C	Med	5.51	3.22	3.49	1.29	5.42
	Desvest	3.19	1.09	1.31	0.99	1.06
	Erest	0.45	0.15	0.18	0.14	0.15

Cuadro 2. Resultados de ANOVA de una-vía anidada aplicada a las características morfológicas de las hojas de *Ipomoea imperati*. El tamaño de la muestra es 50 hojas por cada hábitat.

Variable	R ² _{ADJ}	Factores	Fc	P-valor	% Variación
Longitud del pecíolo	0.41	Hábitat	4.89	0.02	46.9
		Individuos	9.32	≤ 0.0001	53.1
Longitud de la hoja	0.46	Hábitat	58.60	≤ 0.0001	51.2
		Individuos	4.47	0.0001	48.8
Ancho basal de la hoja	0.28	Hábitat	21.10	≤ 0.0001	13.0
		Individuos	3.41	0.0018	87.0
Ancho central de la hoja	0.36	Hábitat	60.90	≤ 0.0001	41.9
		Individuos	0.52	0.83	58.1
Ancho distal de la hoja	0.34	Hábitat	10.40	0.0017	40.6
		Individuos	6.30	≤ 0.0001	59.4

En la representación gráfica del Análisis de Ordenación MDS teniendo en cuenta todas las hojas medidas ($N = 100$), se puede dilucidar una tendencia de agrupación con base en los dos hábitats. Es así como las hojas provenientes de individuos de la hondonada tienden a agregarse en la parte superior-derecha de la grafica, en cambio aquellas pertenecientes a individuos asentados en al cresta se congregan en la parte inferior-izquierda. A nivel de individuos se observa una leve agrupación en las hojas pertenecientes a un mismo individuo, sin embargo, la agregación no es clara (Figura 5).

El análisis de ordenación entre los individuos permite observar una disgregación entre hábitats. En general, los individuos ubicados en la hondonada tienden a ser más similares entre sí, que los de cresta. Los organismos de la cresta presentan una clara separación entre ellos, sugiriendo que son individuos con características foliares diferentes (Figura 6).

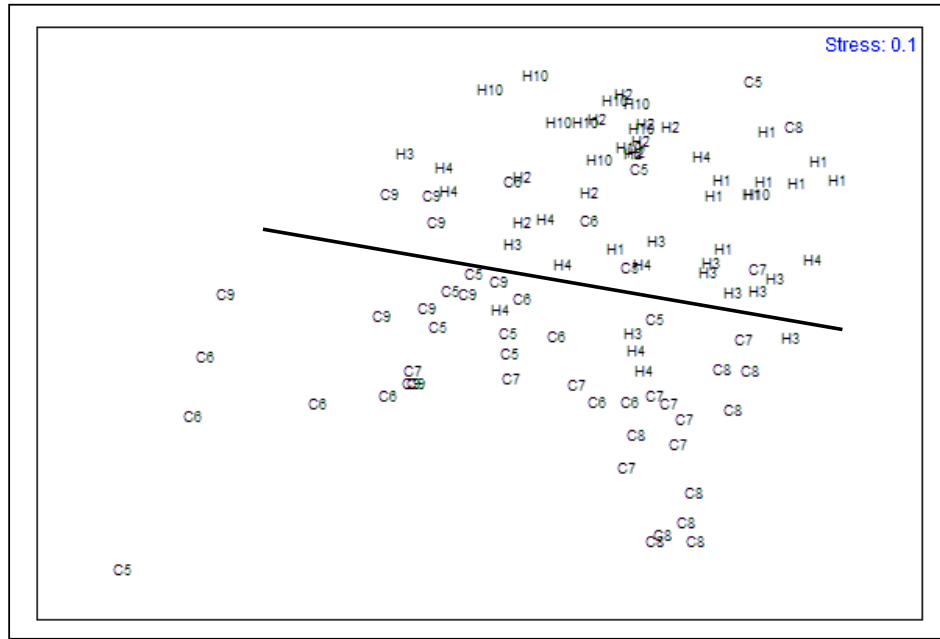


Figura 5. Análisis de Ordenación mediante la técnica escalamiento No Métrico Multidimensional (MDS) aplicado a las características morfométricas de las hojas de los individuos en los dos hábitats ($N = 100$). La línea indica la tendencia de agrupación de las hojas por ambiente. Las siglas indican lo siguiente: P = Número de la planta; H = Hondonada; C = Cresta; los números indican el de la planta a que pertenece la hoja.

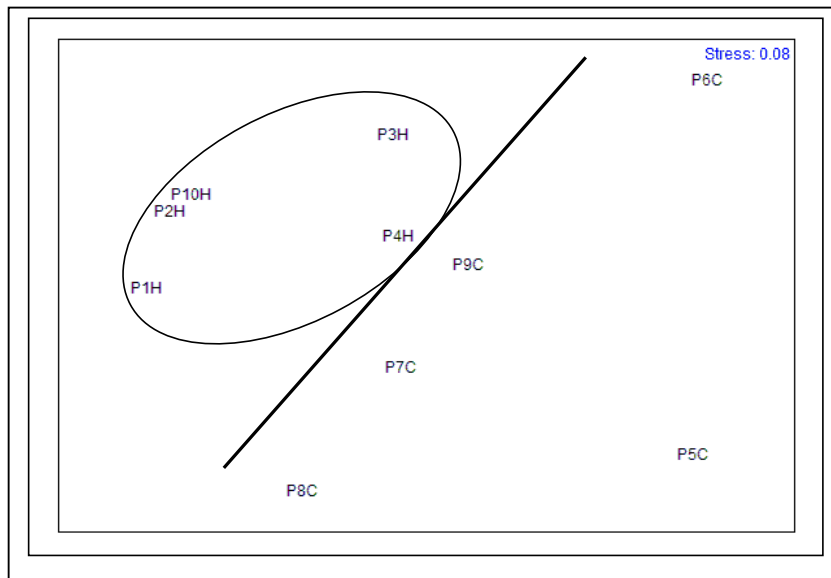


Figura 6. Análisis de Ordenación mediante la técnica MDS aplicado a los promedios de las características de las hojas de los individuos en los dos hábitats ($N = 10$). Las siglas indican lo siguiente: P = Número de la planta; H = Hondonada; C = Cresta; los números indican el número de la planta.

Discusión

Los resultados muestran que *I. imperati* presenta variabilidad fenotípica significativa al nivel de la población y del individuo. A nivel de la población las hojas de los individuos de las crestas son estadísticamente diferentes de aquellos en la hondonada (Cuadro 2, Figuras 4, 5 y 6). Hay muchas otras especies costeras que muestran plasticidad fenotípica de características morfológicas entre individuos que viven en diferentes áreas espaciales y por ende pueden tener condiciones ambientales distintas (Akeryod, 1997). Por ejemplo, *Ipomoea pes-caprae*, una rastrera común en las comunidades de dunas, muestra capas mas gruesas de tejidos fotosintéticos en condiciones de alta luz reflejada (Greaver, 2000). *Agrostis stolonifera*, un pasto común en Europa (Aston y Bradshaw, 1966) cambia la forma de sus estolones de sitios húmedos a lugares secos. El microclima y las condiciones de suelo que son heterogéneas espacialmente causan variabilidad fenotípica dentro de una población.

En el caso de las dunas, los variables ambientales cambian a lo largo de un gradiente del interior de la costa al mar (Chapman, 1972). Es probable, que en este estudio, las crestas y las hondonadas tengan microclimas distintos. En general, las hondonadas parecen tener vegetación menos alta y presentan mayor temperatura que las crestas. Además, las crestas tienen pastos altos que proporcionan sombra al suelo y podrían generar temperaturas más bajas. Por lo tanto, es probable que el cambio en la estructura de vegetación dentro de la duna entre crestas y hondonadas propicia condiciones ambientales que son distintas en estas dos áreas. Así, *I. imperati* expresa diferentes características fenotípicas en respuesta a esas condiciones.

También, las características de las hojas dentro de un individuo muestran variación significativa (Figura 4, 5 y 6) indicando alta variación morfométrica del tallo de un individuo. Un alto nivel de plasticidad fenotípica es una característica de la vegetación de dunas y queda demostrada claramente por *I. imperati*. Posiblemente, la plasticidad de *I. imperati* responde a condiciones ambientales que son distintas espacialmente para el mismo individuo en distintas áreas. Los individuos de *I. imperati* expresan más variabilidad en el hábitat de cresta que en las hondonadas. Los pastos tienden a alcanzar mayor altura y a crecer en parches en las crestas de las dunas, causando heterogeneidad espacial en las condiciones de luz y temperatura. Esta heterogeneidad podría ser la causa de la mayor variación entre individuos de *I. imperati* en las crestas con respecto a las hondonadas.

Conclusiones

Los resultados confirman que *I. imperati* tiene un alto nivel de plasticidad fenotípica tanto al nivel de población como nivel de individuos. Es probable que la plasticidad al nivel de población responda a las diferencias de las condiciones entre las crestas y las dunas. Similarmente, la variación dentro de los individuos es una respuesta a las condiciones ambientales de los parches dentro de cada hábitat. Se sugiere que estos parches son causados por la variabilidad espacial de la comunidad de plantas circundantes, las características de los suelos y las condiciones microclimáticas.

Agradecimientos

A Teresa Valverde por su asesoría en el diseño del proyecto y el manejo estadístico de los datos. A Patricia Moreno y José García por compartir sus conocimientos en vegetación costera y sus consejos. A Mariana Cuautle por su apoyo a lo largo del proyecto.

Bibliografía

- Aston, J.L., Bradshaw A.D. 1966. Evolution in closely adjacent plant populations. II. *Agrostis stolonifera* in maritime habitats. *Heredity*, 21: 649-664
- Akeryod, J.R. 1997. Intraspecific variation in European coastal plant species. *In: Dry coastal ecosystems: General aspects*. Van der Maarel, E (Eds). Elsevier, Sweden: 145-162.
- Chapman, V.J. 1972. *Coastal Vegetation* 2nd Ed. Program for international Laboratory Science, University of Auckland, New Zealand.
- Clarke, K. R., Warwick, R. M. 2001. *Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. United Kingdom. Plymouth Marine Laboratory.
- Greaver, T. 2000. The effects of heterogeneous reflected light on the photosynthesis and anatomy of *Ipomoea pes-caprae*. Coral Gables, USA, University of Miami, Tesis Maestría. 56 p.
- Moreno-Casasola, P. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: Factores físicos. *Biotica* 7: 577-602.
- Moreno-Casasola, P. 2004. Las playas y dunas del Golfo de México. Una visión de su situación actual. p. 491-520. *In: Caso M., Escurra, E. y Pisanty, I. (Eds). Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. INE-SEMARNAT, INECOL, A.C. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. 1108 pp