

# ECUACIONES DE PREDICCIÓN PARA ESTIMAR EL POTENCIAL

## PRODUCTIVO DE *Ferocactus* spp.

Ariel Guillén Trujillo, Alejandro Palacios Espinosa  
y José Luis Espinoza Villavicencio

### RESUMEN

El componente florístico en Baja California Sur, México, es amplio e importante en las actividades de sus habitantes. Algunas plantas han sido utilizadas en la alimentación y la ornamentación. Esto ha llevado a que las biznagas (*Ferocactus* spp.) actualmente estén consideradas en peligro de extinción. El objetivo del presente trabajo fue evaluar a *Ferocactus* spp. para determinar su potencial en la producción de semillas. Se eligieron 25 plantas de diferentes alturas y diámetros, con ~5 años de haber sido trasplantadas. Se midieron la altura y el diámetro. Se contaron y colectaron los frutos los cuales se pesaron en verde (PVF) y al secarse (PSF), se conta-

ron las semillas de cada fruto (SPF) y el total de semillas por planta (TSPP). El diámetro se correlacionó significativamente ( $P < 0,001$ ) con el TSPP, PVF y PSF. La altura estuvo correlacionada con el TSPP ( $P < 0,001$ ). Se obtuvieron ecuaciones de predicción basadas en la altura de la planta para estimar las variables dependientes; sus valores de  $R^2$  fluctuaron entre 0,31 ( $P < 0,002$ ) y 0,45 ( $P < 0,0001$ ). Se concluye que el diámetro de las plantas puede utilizarse como predictor en las ecuaciones establecidas para el peso verde del fruto, peso seco del fruto y el número de semillas por fruto. La altura de la planta puede usarse para predecir el total de semillas por planta.

### Introducción

Se cree que las cactáceas tienen su origen en los altiplanos de México desde donde se distribuyeron hacia el Norte y el Sur del continente americano, habiendo sido transportado el material a otros continentes a través de intercambios comerciales en la época de la colonia y por semillas sexuales en las corrientes marinas (Granados y Castañeda, 1997). Todas las plantas cactáceas y muchas de las denominadas suculentas proceden del continente americano, donde viven en climas y condiciones variadas (Sánchez-Soto, 2003).

En México existen 55 géneros de cactáceas (Zavala, 1997). Se cuenta con un endemismo elevado de las mismas, alcanzando el 85% de-

bido a que en el país se encuentran entre 800 y 1000 especies de las 1500 que posee esta familia (Bravo-Hollis, 1978; Reyes *et al.*, 2003; Rojas, 1995).

Algunos aspectos críticos de las cactáceas son su germinación, establecimiento y sobrevivencia (Méndez y Pérez, 2008), así como su crecimiento muy lento y fase de plántula (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). Debido a esos factores y a la problemática exhibida por la sobreexplotación de las cactáceas en sus ambientes naturales es necesario utilizar métodos para aumentar su tasa de germinación (D'Aubeterre *et al.*, 2006).

Entre las especies de la familia Cactácea, el porcentaje de germinación de las semillas puede variar entre

50 y 100% (Navarro y Domeneghi, 2007). El tiempo de almacenamiento de las semillas es un factor importante para la obtención de plántulas de diversas especies, pues no afecta de la misma manera a la viabilidad del germoplasma (Navarro y Demeneghi, 2007). El tamaño de la semilla puede influir en la capacidad germinativa entre (Bowers y Pierson, 2001) y dentro (Ayala-Cordero *et al.*, 2004) de las especies de cactáceas. La mayoría de las cactáceas producen muchas semillas como un mecanismo de defensa, debido a que algunos animales silvestres las utilizan en su alimentación (Rojas, 1995).

Las condiciones climáticas de Baja California Sur (temperaturas altas y baja preci-

pitación), así como el uso de las cactáceas por la fauna silvestre y su extracción desmedida para la ornamentación, han propiciado la disminución de las poblaciones naturales de cactáceas. Un caso de atención especial son las especies de *Ferocactus*, que por su vistosidad y colorido de la flor han sido extraídas de sus condiciones naturales y plantadas en jardines donde sobreviven por algunos años. Éstas pueden constituir una fuente importante de material genético para recuperar poblaciones naturales.

El *Ferocactus* presenta un tallo simple columnar, de 2-5m de altura, 30-100cm de ancho, y presenta 12-35 costillas. Las areolas son de diferentes tamaños y sus flores son amarillas con la base

### PALABRAS CLAVE / Análisis Dimensional / Biznaga / Cactáceas / *Ferocactus* spp. / Producción de Frutos / Producción de Semillas /

Recibido: 03/10/2010. Modificado: 05/10/2011. Aceptado: 06/10/2011.

**Ariel Guillén Trujillo.** Doctor en Filosofía, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), México. Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), México.

**Alejandro Palacios Espinosa.** Doctor en Filosofía, UACH, México. Profesor Investigador, UABCS, México.

**José Luis Espinoza Villavicencio.** Doctor en Filosofía, UACH, México. Profesor Investigador, UABCS, México. Dirección: Departamento de Zootecnia, UABCS. Carretera al

Sur, Km. 5.5, CP 23080, La Paz, B.C.S., México. e-mail: jlvilla@uabcs.mx.

## PREDICTION EQUATIONS FOR ESTIMATING THE PRODUCTIVE POTENTIAL OF *Ferocactus* spp.

Ariel Guillén Trujillo, Alejandro Palacios Espinosa and José Luis Espinoza Villavicencio

### SUMMARY

The floristic component in Baja California Sur, México is vast and of importance in the activities of its inhabitants. Some plants have been used for food and ornamental purposes. As a result, bishop's weed (*Ferocactus* spp.) is now considered to be in danger of extinction. The objective of the present study was to evaluate *Ferocactus* spp. to determine its potential in seed production. Twenty five plants of different heights and diameters, of ~5 years after having been transplanted, were selected. Height and diameter were measured. The fruits were counted and collected, and their fresh (FFW) and dry (DFW) weights were recorded. The seeds of

each fruit (SPF) were counted, along with the total of seeds per plant (TSPP). The diameter was significantly correlated ( $P < 0.001$ ) with TSPP, FFW and DFW. The height was correlated with TSPP ( $P < 0.001$ ). Prediction equations were obtained based on the diameter and height of the plants to estimate the dependent variables, whose  $R^2$  variables fluctuated between 0.31 ( $P < 0.002$ ) and 0.45 ( $P < 0.0001$ ). It is concluded that the diameter can be used as a predictor in the equations set for green fruit weight, dry weight of the fruit and the number of seeds per fruit. The height of the plant can be used to predict the total number of seeds per plant.

## EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR O POTENCIAL PRODUTIVO DE *Ferocactus* spp.

Ariel Guillén Trujillo, Alejandro Palacios Espinosa e José Luis Espinoza Villavicencio

### RESUMO

O componente florístico na Baixa Califórnia Sul, México, é amplo e importante nas atividades de seus habitantes. Algumas plantas têm sido utilizadas na alimentação e a ornamentação. Isto tem levado a que as bisnagas (*Ferocactus* spp.) atualmente estejam consideradas em perigo de extinção. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a *Ferocactus* spp. para determinar seu potencial na produção de sementes. Elegeram-se 25 plantas de diferentes alturas e diâmetros, com ~5 anos de ter sido transplantadas. Mediram-se a altura e o diâmetro. Foram contados e coletados os frutos que foram pesados em verde (PVF) e após secar-se (PSF), foram contadas sementes de

cada fruto (SPF) e o total de sementes por planta (TSPP). O diâmetro se correlacionou significativamente ( $P < 0,001$ ) com o TSPP, PVF e PSF. A altura esteve correlacionada com o TSPP ( $P < 0,001$ ). Obtiveram-se equações de predição baseadas na altura da planta para estimar as variáveis dependentes; seus valores de  $R^2$  flutuaram entre 0,31 ( $P < 0,002$ ) e 0,45 ( $P < 0,0001$ ). Conclui-se que o diâmetro das plantas pode utilizar-se como preditor nas equações estabelecidas para o peso verde do fruto, peso seco do fruto e o número de sementes por fruto. A altura da planta pode usar-se para prever o total de sementes por planta.

roja o naranja, también pueden ser rojas o púrpura con una banda carmín. El fruto es verde o amarillo cuando madura, es globular, su longitud es variable y presenta varias semillas de color negro que miden 1-3mm (Guillén, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la altura y diámetro de *Ferocactus* spp. y relacionar estas variables, la producción de frutos y semillas, y obtener ecuaciones de predicción para dichas variables dependientes.

### Materiales y Métodos

El estudio se realizó en La Paz, Baja California Sur, México ubicada en 24°06'01"N y 110°18'56"O a una altura de

33msnm. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima predominante es BW(h')hw(x'), seco y muy cálido, con lluvias en verano, invierno y escasas todo el año. En el periodo de julio-agosto ocurre la mayor precipitación (195,4mm). La temperatura media anual es de 23,6°C y la humedad relativa oscila entre 40 y 60% (DGTENAL, 1980).

En febrero de 2007 se localizaron 25 plantas de biznaga (*Ferocactus* spp.) de diferentes alturas y diámetros, con ~5 años de haber sido transplantadas. Las plantas se ubicaron en una zona excluida de 4ha en la Universidad Autónoma de Baja California Sur y fueron monitoreadas desde su trasplante hasta la realiza-

ción del estudio. Con una cinta métrica se midió la altura y el diámetro. La altura se midió del suelo hasta la terminación de la última espina superior. El diámetro se midió en la parte central de la planta. Se contaron y colectaron los frutos presentes, los cuales se pesaron en estado verde (PVF) y se secaron a temperatura ambiente a una temperatura promedio de 25°C. Posteriormente se registró su peso seco (PSF), el número de semillas por fruto (SPF) y el total de semillas por planta (TSPP). Para el pesaje de los frutos y semillas se utilizó una báscula digital marca Ohaus, modelo Scout II, con una capacidad de 3kg y 1g de precisión.

Para determinar el modelo de regresión a utilizar se rea-

lizó un análisis de correlación entre las variables dependientes (PVF, PSF, SPF Y TSPP) y las predictoras (altura y diámetro). Las variables consideradas en el modelo de regresión se determinaron mediante el procedimiento STEPWISE. Con base en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el valor del error estándar (EE) y el nivel de significancia observado ( $P < 0,05$ ), se eligió el mejor modelo de predicción. Todos los análisis se desarrollaron utilizando el paquete estadístico MINITAB 14.2 (Minitab, 2006).

### Resultados

Los coeficientes de correlación entre las variables evaluadas se muestran en la Tabla I. Los resultados indican

TABLA I  
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (R) ENTRE  
LAS VARIABLES DEPENDIENTES CON LA ALTURA  
Y DIÁMETRO DE *Ferocactus* spp.

Variable dependiente	ALT	DIAM
PVF	0,349	0,673 *
PSF	0,340	0,581 *
SPF	0,267	0,553 *
TSPP	0,582 *	0,496 *

PVF: peso verde de frutos, PSF: peso seco de frutos, SPF: número de semillas por fruto, TSPP: total de semillas por planta, ALT: altura, DIAM: diámetro. \* (P<0,001; N= 55).

TABLA II  
ECUACIONES DE PREDICCIÓN PARA EL PESO VERDE,  
PESO SECO Y SEMILLAS POR FRUTO, Y TOTAL  
DE SEMILLAS POR PLANTA DE *Ferocactus* spp.

Ecuaciones de predicción	R <sup>2</sup>	P	EE
PVF= $-7,57 + 3,365 \times \text{DIAM}$	0,45	0,0001	2,58
PSF= $18,90 + 0,711 \times \text{DIAM}$	0,34	0,002	0,63
SPF= $0,4390 + 0,07768 \times \text{DIAM}$	0,31	0,004	0,08
TSPP= $508 + 23,2 \times \text{ALT}$	0,31	0,002	92,95

PVF: peso verde de frutos, PSF: peso seco de frutos, SPF: número de semillas por fruto, TSPP: total de semillas por planta, DIAM: diámetro, ALT: altura, EE: error estándar, P: nivel de significancia observado, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

que PVF, PSF, SPF y TSPP mostraron las correlaciones más altas con las variables independientes (altura y diámetro), con valores que fluctuaron entre 0,55 y 0,67. De las variables independientes, el diámetro estuvo correlacionado de manera significativa (P<0,001) con todas las variables dependientes, mientras que la altura únicamente se correlacionó significativamente con el TSPP (P<0,001).

En la Tabla II se muestran las ecuaciones de predicción establecidas para las distintas variables dependientes. El PVF puede ser estimado con base en el diámetro de la planta (Figura 1a) con un coeficiente de determinación de 0,45 (P<0,001). El PSF (Figura 1b) mostró una ecuación significativa (P<0,002) con 0,34 como coeficiente de determinación. El número de semillas por fruto (Figura 1c) puede ser estimado a partir del diámetro, con un coeficiente de determinación de 0,31 (P<0,004) y el TSPP (Figura 2) puede ser estimado con base en la altura y se predice con una ecuación que

tuvo un coeficiente de determinación de 0,31 (P<0,002).

### Discusión

El desconocimiento local del comportamiento productivo y reproductivo de las cactáceas ha fomentado la omisión de prácticas de preservación de las mismas, en especial del *Ferocactus*. Este trabajo aporta variables (altura y diámetro) sencillas para estimar el número de frutos y de semillas por fruto. Esas variables han sido utilizadas para distintos fines (SEMARNAT-UABCS, 1997; Alanís y Velasco, 2008; Guillén, 2006). Podrán ayudar a tomar medidas para la preservación de estas especies. Además, el conocimiento del número de frutos y semillas por fruto puede ayudar a la búsqueda de factores asociados con una escasa sobrevivencia y establecimiento, relacionados con la disminución de las poblaciones naturales.

Los resultados indican que las variables dependientes en estudio están más correlacionadas con el diámetro que con la altura de las plantas.

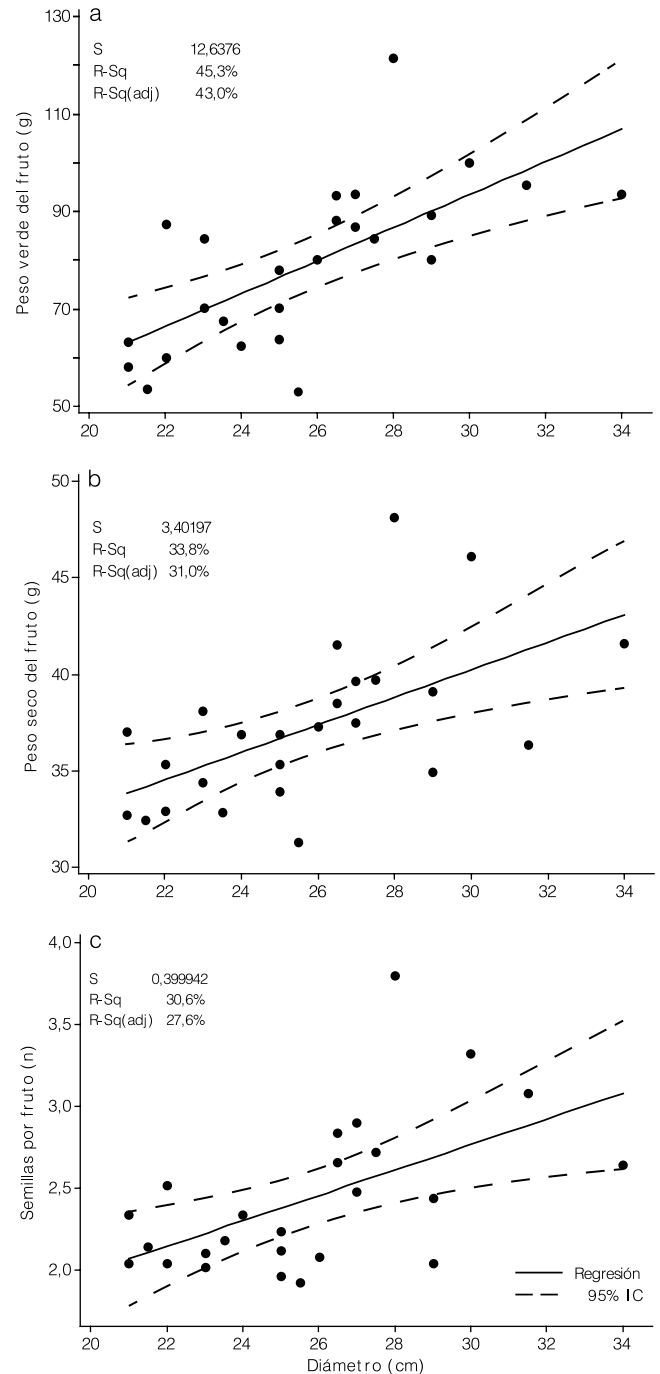


Figura 1. Línea de regresión ajustada para peso verde del fruto (a), peso seco del fruto (b), y peso de las semillas por fruto (c) en *Ferocactus* spp. S: desviación estándar; R-Sq: coeficiente de determinación; R-Sq(adj): coeficiente de determinación ajustado.

metro que con la altura de las plantas. Por lo tanto, el diámetro es el que mejor define los modelos de predicción para la estimación de las variables dependientes. Estudios como los de Price y Enquist (2006) muestran que el diámetro y la altura fueron variables de cierta importancia en la de-

finición de modelos predictivos en algunas cactáceas como *Ferocactus wislizenii*. En otras cactáceas (*Carnegiea gigantea*) se ha observado que la altura tiene un efecto importante en la edad reproductiva (Dawn, 2008), aspecto a considerar en el conocimiento aplicado específicamente al género *Ferocactus*.

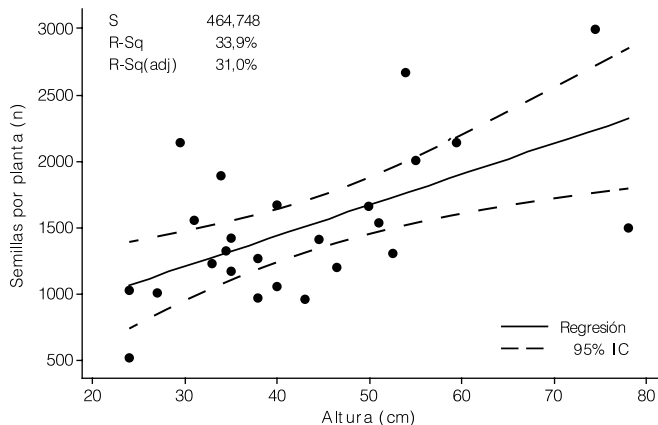


Figura 2. Línea de regresión ajustada para número de semillas por planta en *Ferocactus* spp. S: desviación estándar; R-Sq: coeficiente de determinación; R-Sq(adj): coeficiente de determinación ajustado.

## Conclusiones

De las variables independientes estudiadas, el diámetro de la planta predice con mayor confiabilidad el peso verde del fruto, peso seco del fruto y el número de semillas por fruto, mientras que la altura predice de manera confiable el total de semillas por planta.

## REFERENCIAS

Alanis FGJ, Velasco MCG (2008) Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noreste de México. *Ciencia UAN* 61: 5-11.

Ayala-Cordero G, Terrazas T, López-Mata L, Trejo C (2004)

Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckei*. *Interciencia* 29: 692-697.

Bowers JE, Pierson EA (2001) Implications of seed size for seedling survival in *Carnegiea gigantea* and *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae). *Southwest. Nat.* 46: 272-281.

Bravo-Hollis H (1978) *Las Cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 375 pp.

D'Aubeterre R, Piñero Z, García E, Figarella MA (2006) Efecto de Diferentes Métodos de Escarificación sobre la Germinación de Cinco Especies de Cactáceas (*Opuntia ficus indica*, *Pilosocereus moritzianus*, *Stenocereus griseus*, *Cereus deficiens* y *Cereus hexagonus*) del

*Estado Lara*. Simposio-Taller Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA. [http://ceniap.gov.ve/pbd/Congresos/agroforesteria/articulos%20pdf/daubeterre\\_ramon\\_2.pdf](http://ceniap.gov.ve/pbd/Congresos/agroforesteria/articulos%20pdf/daubeterre_ramon_2.pdf). (Cons. 20/08/2010).

Dawn DT (2008) Variation in age and height of onset of reproduction in the saguaro cactus (*Carnegiea gigantea*) in the Sonoran Desert. *Plant Eco.* 194: 223-229.

DGTENAL (1980) *Carta de Climas. Carta G1283*. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. La Paz, B.C.S., México.

García E (1973) Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. En: *Carta de climas. G12D83 DGTNAL*. Instituto de Geografía, México. 70 pp.

Granados SD, Castañeda ADP (1997) *El Nopal: Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola*. Trillas. México. 227 pp.

Guillén TA (2006) Flora nativa usada para ornato en La Paz, B.C.S., México. *V Simp. Int. sobre Flora Silvestre en Zonas Áridas*. Hermosillo, México. pp. 1455-1471.

Méndez E, Pérez GSB (2008) Germinación de *Echinopsis leucantha* (Cactaceae). Efectos de temperatura y concentraciones de calcio. *Rev. Fac. Cs. Agr.* 40: 91-96.

Minitab (2006) *Minitab Statistical Software*. Ver. 2.3. Minitab Inc. State College, PA, EEUU.

Navarro MC, Demeneghi AP (2007) Germinación de semi-

llas y efecto de las hormonas en el crecimiento de *Mammillaria pectinifera*. *Zonas Áridas*. 11: 233-239.

Price CA, Enquist BJ (2006) Scaling of mass and morphology in plants with minimal branching: an extension of the WBE model. *Funct. Ecol.* 20: 11-20.

Reyes SJ, Gutiérrez de la Rosa A, Sevilla BJ (2003) *Producción de Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. STUNAM. México. 39 pp.

Rojas AM (1995) *Estudios sobre la Germinación de Cactáceas del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 35-49.

Sánchez-Soto BH (2003) *Germinación de Semillas de Cinco Especies de Cactáceas del Desierto Costero de Topolobampo, Ahome, Sinaloa*. Tesis. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 90 pp.

SEMARNAT-UABCS (1997) *Las Cactáceas de Baja California Sur y México y sus Alternativas de Aprovechamiento*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. pp. 25-32.

Valiente-Banuet A, Ezcurra E (1991) Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa Louisiana* in the Tehuacán Valley, México. *J. Ecol.* 79: 961-971.

Zavala HA (1997) *Suculentas Mexicanas / Cactáceas*. UNAM. CONABIO. CVS. México. pp. 16-21.