

## ¿POR QUÉ TAN POCAS *Opuntia* EN LA ISLA ESPAÑOLA-GALÁPAGOS?

Cruz Márquez<sup>1</sup>, Hernán Vargas<sup>1</sup>, Howard Snell<sup>2</sup>, André Mauchamp<sup>3</sup>, James Gibbs<sup>4</sup> y Washington Tapia<sup>5</sup>

### Resumen

El presente trabajo intenta explicar por qué *Opuntia megasperma* var. *orientalis* (Howell 1933) es actualmente rara en la isla Española, Galápagos. Se hace una descripción detallada de cómo los principales componentes del ecosistema de la isla pudieron haber interactuado, desde el pasado hasta el presente, y haber moldeado las etapas de sucesión ecológica dando como resultado la rareza actual del cactus *Opuntia*. Desconociendo si esta especie de cactus fue abundante o rara en el pasado, nuestra investigación parte del estudio de la situación actual de aquellos elementos del ecosistema que interactúan, ya sea como dispersadores, consumidores o competidores de *Opuntia* y que pudieron haber influido, como tales, en el pasado. Proporcionamos datos actuales de densidades de cactus y tortugas gigantes de Española. Se analiza el impacto que las cabras pudieron haber tenido en la *Opuntia* y el ecosistema en general y cómo otros elementos, tales como las tortugas, las aves y especies de plantas pueden actualmente limitar la recuperación natural de los cactus. Concluimos que el efecto de las cabras, por sí sólo, no explica totalmente la rareza actual de *O. megasperma* var. *orientalis* en Española, sino que adicionalmente hay otros factores involucrados.

**Palabras Claves:** Pocas, *Opuntia*, Española, islas Galápagos.

### Abstract

This article attempts to explain why *Opuntia megasperma* var. *orientalis* is now rare in Española Island, Galapagos. We give a detailed description of the principal components of the island ecosystem that could have interacted, from the past to the present, and could have molded the stages of ecological succession, resulting in the present rarity of *Opuntia* cactus. Since we do not know whether this species of cactus was abundant or rare in the past, our investigation begins with the study of the current situation of those elements in the ecosystem that interact, whether as dispersal agents, consumers, or competitors of *Opuntia*, and could have had an influence as such in the past. We provide current data on the densities of cactus and Española giant tortoises. We analyze the impact that goats could have had on *Opuntia* and on the ecosystem in general and how other elements, such as tortoises, birds, and plant species, currently limit the natural recuperation of the cactus. We conclude that the effect of goats, by itself, does not completely explain the present rarity of *O. megasperma* var. *orientalis* on Española, but that there are additional factors involved.

**key Words:** Española- *Opuntia* few, Galapagos Island.

---

### Introducción

Existen pocos estudios sobre el papel que desempeñan los dispersadores y consumidores nativos en el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas en las islas Galápagos. Paralelamente, con la introducción de especies exóticas a las islas, se sospecha, principalmente que los herbívoros como las cabras, pueden producir cambios substanciales en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas

insulares. Se ha culpado a las cabras, por ejemplo, de limitar el reclutamiento de varias especies de plantas y particularmente de los cactus del género *Opuntia* (Calvopiña, 1979; Hoeck, 1984). Sin embargo no se ha comparado o evaluado los impactos diferenciales causados por los dispersadores y consumidores nativos versus los similares introducidos.

---

<sup>1</sup> Estación Científica Charles Darwin, Casilla 17013891 Quito, Isla Santa Cruz, Galápagos- Ecuador. Correo electrónico: marquez@fcdarwin.org.ec y hernanv@fcdarwin.org.ec Fax: 593-4-564-636

<sup>2</sup> Department of Biology, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, 87131 - EE. UU. Correo electrónico: snell@unm.edu / howard@fcdarwin.org.ec

<sup>3</sup> Le Grand Mas d'Avignon, Le Sambuc, 13200 Arles Francia.

Correo electrónico: mauchamp@tour-du-valat.com

<sup>4</sup> Department of Environmental and Forest Biology, State University of New York College of Environmental Science & Forestry, Syracuse, New York 132CO USA. Correo electrónico: jpgibbs@syr.edu

<sup>5</sup> Parque Nacional Galápagos, Puerto Ayora, Isla Santa Cruz, Galápagos - Ecuador, Fax: 593-5-526, Correo electrónico: wachot@png.org.ec

En el presente trabajo se intenta responder a la pregunta “¿porqué actualmente el cacto *Opuntia megasperma* var. *orientalis* (Howell 1933) es raro en la isla Española?”. Para lograr responder a esta pregunta se realizó una revisión bibliográfica de la situación presente y pasada de los cactos en la isla. En el análisis partimos de la situación actual que muestra que los cactos son muy escasos en la isla.

Para explicar la escasez de los cactos en la isla Española se trabajó con diferentes escenarios y actores en el pasado y presente:

#### **Pasado:**

1. Los cactos nunca fueron abundantes debido a factores naturales. Esta posibilidad no se puede reconfirmar ni rechazar debido a la ausencia de datos. Solamente existe un registro en 1901, (Beck, 1903; Slevin, 1931) que sugiere la presencia local de un parche de cactos al Este de la isla.
2. Las tortugas gigantes y pinzones redujeron la pequeña población natural de cactos. Esta reducción fue acelerada por la presencia de las cabras.

#### **Presente:**

1. Los pinzones y tortugas terrestres gigantes limitan la germinación, dispersión y reclutamiento de los cactos.
2. El incremento de la cobertura de la planta nativa *Prosopis juliflora* (Styward, 1825) DC, limita el reclutamiento de los cactos por competencia interespecífica.
3. Los cactos han llegado a ser escasos o raros en la población de *Opuntia* en la isla Española, lo cual ha limitado el intercambio de polen y por tanto la descendencia.

Se evaluó los efectos positivos que tienen los dispersadores como los efectos negativos que pueden tener los consumidores de los cactos. Los consumidores y dispersadores de las semillas de *Opuntia*, en las Islas Galápagos, desde hace miles de años fueron los herbívoros nativos tales como las tortugas gigantes *Geochelone elephantopus* (Harland 1827) y las iguanas terrestres *Conolophus subcristatus* (Gray 1831) y *C. Pallidus* (Heller 1903) (Dawson, 1964, 1966; Christian *et al.*, 1984; Snell & Snell, 1988; Hicks & Mauchamp, 1995, 1996; Estupiñan & Mauchamp, 1995) y especies de aves como los cucuves *Nesomimus* sp, pinzón de cactos *Geospiza conirostris* y *G. scandens*, (Ridgway 1890) y palomas *Zenaida galapagoensis* (Gould 1837) (Bowman, 1961; Grant & Grant, 1979, 1982, 1989; Márquez com. pers., 1994).

Los cactos del género *Opuntia* son componentes claves de los ecosistemas de las zonas costeras, áridas y de transición (10-200 msnm) de las Islas Galápagos. Las 6 especies y 14 subespecies son endémicas del Archipiélago (Hicks & Mauchamp, 1996). Además

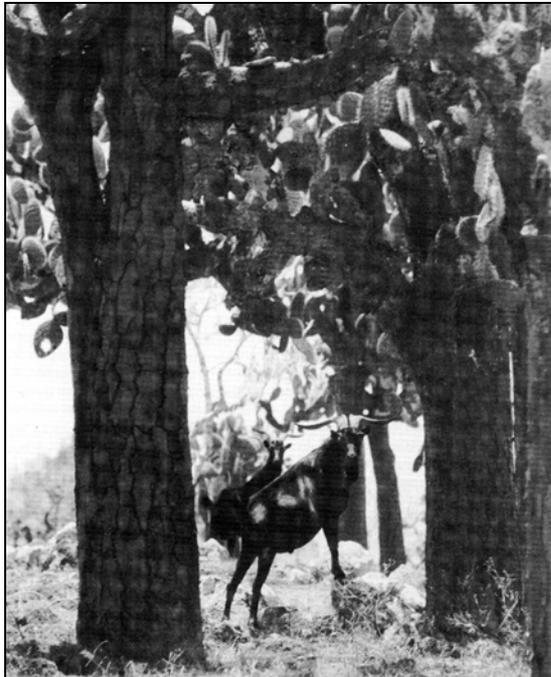
son parte importante en la dieta de las tortugas terrestres gigantes *Geochelone elephantopus* (Harlan 1827), iguanas terrestres *Conolophus subcristatus* y *C. pallidus*, cucuves *Nesomimus macdonaldi* (Ridgway 1890), pinzones *Geospiza conirostris*, *G. scandens*, y *G. fortis* (Ridgway 1890). Estos últimos, especialmente, el gran pinzón de cactos, remueve excrementos de tortugas y el substrato buscando semillas, las trituran y las comen, de lo cual escapan pocas (Darwin, 1845; Bowman, 1960; Black, 1973).

Las cabras fueron introducidas en la isla Española probablemente entre 1885-1895; ya que, en 1897 la expedición de Webster Harris encontró y reportó presencia de cabras (Rothschild & Hartert, 1899). Las cabras estuvieron presentes en la isla hasta la década de los 70 cuando fueron exterminadas por el Parque Nacional Galápagos (Calvopiña & de Vries, 1975; Smith, 1976, 1978; Calvopiña, 1979; Hoeck, 1984). Fueron especialmente comunes en la década de los 60 cuando se registraron grandes poblaciones y seguramente causaron cambios significativos en las comunidades vegetales (Eliasson, 1968; Van der Werff, 1982.). Las cabras fueron erradicadas de la isla Española en 1978 (Smith, 1978). La recuperación de la flora en la isla Española fue progresiva después de la eliminación de las cabras cimarronas (Hamann, 1979, 1982; Schofield, 1989), a excepción de los cactos, que aún se mantienen limitados a pequeños parches en la isla Española (Fig. 1).

En los siglos XVI y XVII, Española tuvo una gran población de tortugas gigantes, de la cual sólo quedaron 14 individuos, por la cacería de los balleneros (Townsend, 1925). Puesto que la especie estuvo amenazada, entre 1964 y 1974, el tamaño poblacional de las tortugas en Española, era muy reducido, fue imperativo remover a cautiverio, los 14 últimos ejemplares adultos (12 hembras y 2 machos), para reproducirlos y restaurar la población con jóvenes desarrollados en cautividad. El Centro de Crianza esta dirigido por la Estación Científica Charles Darwin (ECCD) y Parque Nacional Galápagos (PNG) en Santa Cruz (Bacon, 1978; MacFarland *et al.*, 1974; Márquez & Rea, 1991; Márquez *et al.*, 1999). La reproducción y crianza bajo condiciones de cautiverio, permitió en 1975, iniciar la repoblación de la isla con tortugas juveniles y hasta la actualidad se han repatriado 1213 individuos.

Los objetivos de este trabajo, fueron censar con marcación recaptura, los individuos de la población de tortugas gigantes repatriadas (tortugas crecidas en cautiverio y trasladadas a la isla), cuantificar los cactos juveniles, menores de ocho cladodios en el hábitat de las tortugas, en la isla Española. Se decidió contar los cactos menores de 8 cladodios, por ser los de mayor presencia y abundancia en la isla, mientras los mayores de 8, fueron raros o inexistentes, en el área donde se marcaron y recapturaron las tortugas.

Según Hicks & Mauchamp (1996), los parches de cactus adultos en Española, se agrupan en parches puntuales, donde son raros o inexistentes los cactus juveniles.



**Figura 1.** Una pareja de cabras sombreando bajo cuatro troncos de cactus *Opuntia echios* var. *barringtonensis* en la zona costera de la isla Santa Fe (Las cabras fueron eliminadas exitosamente en esta pequeña isla árida en 1971. Foto: O. Hamann, 1975).

## Materiales y métodos

### Área de Estudio

Se estudiaron las *Opuntia* y las tortugas terrestres en la isla Española ( $-1^{\circ} 38' N$ ;  $-89^{\circ} 67' O$ ) con una superficie de  $60.48 \text{ Km}^2$ , una altitud de 206 msnm, contiene el 0.77 % con relación a la superficie total del archipiélago de Galápagos, es de levantamiento geológico (no de origen volcánico), con una precipitación anual de 10 mm en años secos y de 600 mm en años lluviosos. La temperatura promedio anual es de  $23.8^{\circ}\text{C}$ . La cobertura herbácea está compuesta por *Galactea striata* (Jacq 1900), *Galactea tenuiflora* (Wight & Arn 1834), *Phaseolus mollis* (Hook 1847), *Rhynchosia minima* (Medik 1787) y otras especies herbáceas, no incluye la cobertura arbórea de *Cordia lutea* (Lam 1791), *Prosopis juliflora* (Styward 1825)

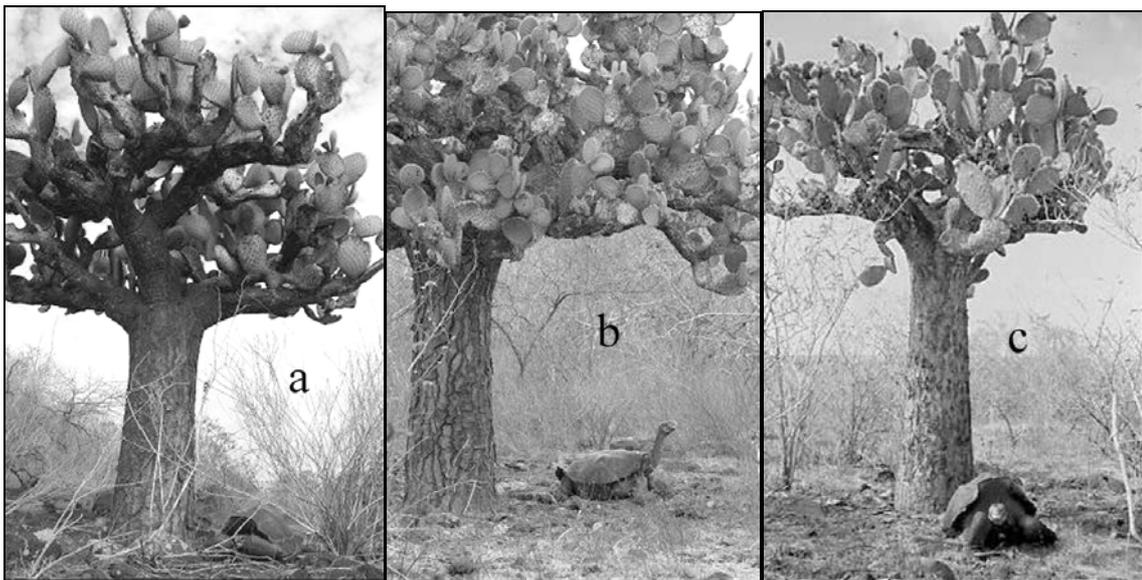
vegetal dominante en la isla, misma que por su estructura y follaje denso disminuye el ingreso de los rayos solares a los estratos inferiores, favoreciendo de esta manera la germinación y el crecimiento de los cactus. Los pocos parches de cactus adultos son de pocos individuos, y poco comunes en la isla. *Especies de Aves:* cuatro de pinzón de cacto, una de cucuve (*Nesomimus macdonaldi* Ridgway 1890), una de paloma silvestre (*Zenaida galapagoensis* Gould 1841), una de Gavilán (*Buteo galapagoensis* Gould 1837). *Especies de Reptiles:* una de culebra (*Phyllodryas biserialis* Steindachner 1876), una de tortuga gigante (*G. hoodensis* VanDenburgh 1914) y una de lagartija (*Microlophus delanoni* Van Denburgh 1912, Figura 2).

Se cuantificaron los cactus juveniles menores de ocho cladodios entre el 18 al 26 de noviembre de 1994. Los cactus totales de cada nivel de cladodio, y sector fueron comparados. Los datos fueron obtenidos, mediante marcación y recaptura de las tortugas, al mismo tiempo, siete personas registraron en forma detallada la regeneración de los cactus menores de ocho cladodios, usando ocho transectas generalmente utilizadas para marcar y recapturar las tortugas: Se ubicó, cuatro transectas en la zona Las Tunas y cuatro en El Caco. La longitud de las transectas fue medida con carretes de hilo de 500 m c/u y varió de 1.200 - 1.500 m y el ancho con una cinta métrica de 50 m y varió desde 170-200 m. A cada cacto encontrado, se le contó el número de cladodios desde uno hasta ocho; no se contaron los juveniles mayores de ocho cladodios, por ser muy raros o inexistentes. Se observó también, el comportamiento de alimentación de aves, cactus juveniles comidos por tortugas, la abundancia de *Prosopis* en las transectas y una revisión bibliográfica.

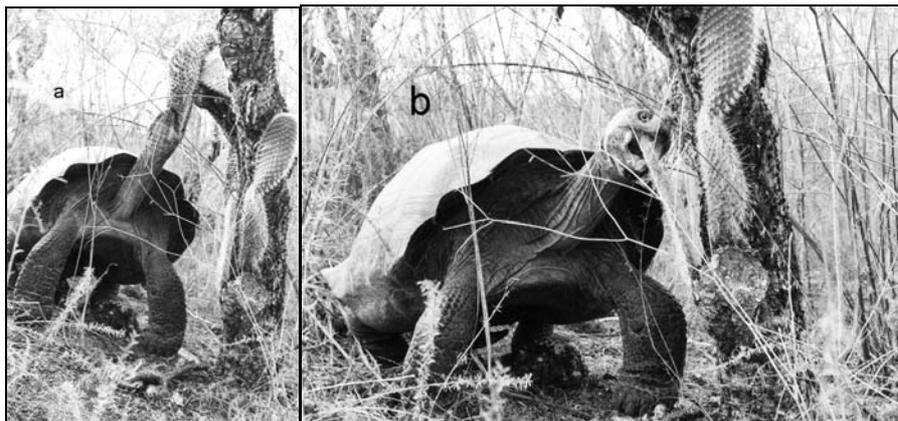
El muestreo de los cactus, fue realizado en los sitios donde actualmente se repatrian y distribuyen las tortugas (Figura 2). Se anota que, con base a las observaciones realizadas en los varios viajes al campo, que los dos sitios usados para la repatriación de las tortugas, representan posiblemente las áreas de mayor abundancia de cactus en la isla.

La revisión bibliográfica abarca el período comprendido entre 1897 y el presente. Se entrevistaron a varias personas lo que incluye antiguos pescadores colonos de las islas, guardaparques y científicos, quienes por una u otra razón visitaron estas dos islas en el pasado.

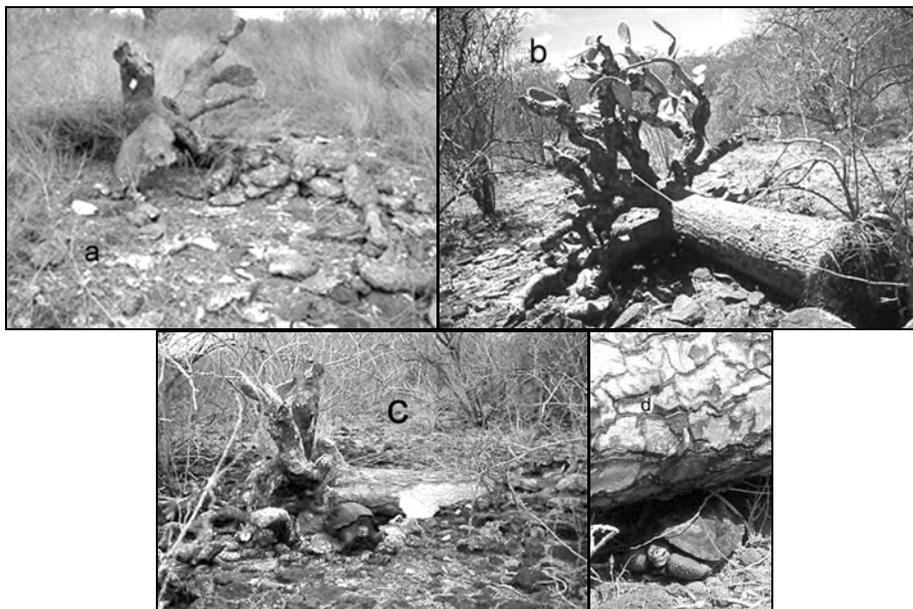




**Figura 3a-c.** Tres diferentes tortugas (*Geochelone hoodensis*), bajo la sombra de tres diferentes cactus (*Opuntia megasperma* var. *orientalis*), esperando que caigan cladodios, flores o frutos, donde obtienen agua y nutrientes para sobrevivir los años ecos en la isla Española (Fotos: Cruz Márquez 2000).



**Figura 4a-b.** Tortuga terrestre gigante macho (*Geochelone microphyes*) rompiendo y comiendo cladodios de *Opuntia insularis* en la ladera Oeste del volcán Darwin (Foto: Hernán Vargas 1999).



**Figura 5a-d.** Cuatro cactus *Opuntia megasperma* var. *orientalis* (a) tres derribados por descomposición de sus raíces por efecto de El Niño 1997-98, y uno por mordeduras de tortugas (*Geochelone hoodensis*), en la base del tronco (Foto: Cruz Márquez, 2000).

**Aves**

Los pinzones de cactus *G. conirostris* (Ridgway 1890) removieron en su totalidad los excrementos secos y semi-secos de las tortugas y buscaron, trituraron y comieron las semillas de los cactus que estos contenían. El pinzón terrestre *Geospiza fuliginosa* (Ridgway 1890) fue observado buscando alimento en los mismos sitios usados por *G. conirostris*. Sin embargo, fue desplazado de las fuentes de alimentación por *G. conirostris*. Se observó a los cucuves (*N. macdonaldi*), perforar con el pico y comer el contenido de los frutos maduros de *O. megasperma* y luego regurgitar las semillas. Las palomas comieron las semillas secas localizadas en los sectores circundantes de los troncos de los cactus adultos.

**Tabla 1.** Abundancia de las *Opuntia megasperma* var. *orientalis*, Cactácea juveniles en los habitats de las tortugas en la isla Española.

| Opuntia/Número de cladodios |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Zona                        | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | Total |
| Las Tunas                   | 12 | 9  | 22 | 16 | 12 | 12 | 3  | 6  | 92    |
| El Caco                     | 5  | 7  | 12 | 8  | 7  | 7  | 8  | 6  | 60    |
| Total                       | 17 | 16 | 34 | 24 | 19 | 19 | 11 | 12 | 152   |

F = 8.004, P < 0.01

**Tabla 2.** Densidad de *Opuntia megasperma* var. *orientalis*, Cactácea juveniles (*Opuntia*/Km<sup>2</sup>), clasificados por números de cladodios en Las Tunas y El Caco.

| Opuntia/Número de cladodios |   |   |    |    |   |   |   |   |
|-----------------------------|---|---|----|----|---|---|---|---|
| Zona                        | 1 | 2 | 3  | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Las Tunas                   | 8 | 6 | 15 | 11 | 8 | 8 | 2 | 4 |
| El Caco                     | 3 | 4 | 7  | 5  | 4 | 4 | 5 | 4 |

F = 11.353, P < 0.0025.

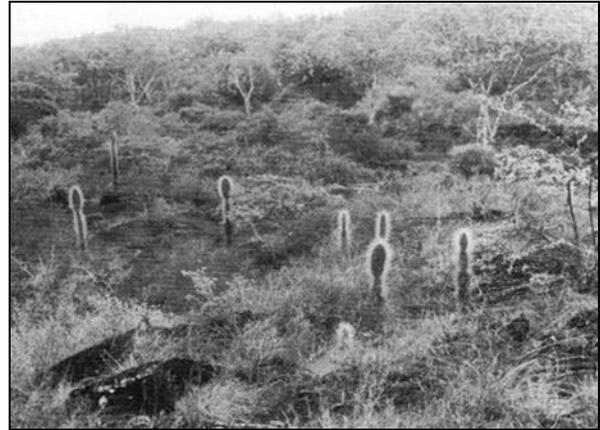
La variación de las densidades alrededor del promedio, aplicando el coeficiente de variación (C.V.), fue 47.6%, para Las Tunas y 25.9%, para El Caco.

**Observaciones de Cambio Florístico**

En la isla Española ningún cacto juvenil estuvo junto a un adulto (Fig. 6). En 1984, los claros observados sin *Prosopis*, eran más grandes y permitían facilidad para caminar, mientras que, diez años después (1994), los claros son cada vez más pequeños y dificultan el tránsito del hombre (Márquez, datos no publicados). Los pinzones no comieron las semillas de *P. juliflora* que se encontraban en los excrementos de las tortugas. Los cactus juveniles rara vez fueron encontrados donde *P. juliflora* fue dominante, no se encontró ningún cacto juvenil bajo los matorrales de *P. juliflora*. Las pocas y pequeñas colonias de *Opuntia* adultas que actualmente existen en la isla Española, están ubicadas donde hay poca dominancia de *P. juliflora*.

Entre 1984-1985, se derribaron 8 a 10 cactus viejos que murieron en toda la isla Española, por

efecto tardío del fenómeno El Niño 1982-1983. En 1999-2000 se derribaron entre 10-20 cactus adultos por efecto tardío del fenómeno de El Niño 1997-1998. Los cactus son plantas suculentas de áreas desérticas, por tanto las lluvias abundantes por largo tiempo, pudren las raíces y se derriban en años posteriores.



**Figura 6.** Una pequeña colonia de cactus juveniles (*Opuntia galapageia* var. *galapageia* en la zona árida de vegetación en la isla Pinta en 1980 (Hamann 1984).

**Discusión**

Aunque El Caco tiene mayor área, presenta menos cactus juveniles por km<sup>2</sup> que Las Tunas. La mínima diferencia en los números y densidades de *Opuntia* encontrada entre los dos sitios pudiera ser explicada por diferencias en la cobertura vegetal. 1) En el Caco y Las Tunas, no se encontró cactus jóvenes consumidos por tortugas, pero no descartamos dicha posibilidad. Las hierbas permanentes son muy escasas y las plántulas de cactus estarían más expuestas a la depredación de las tortugas. 2) En Las Tunas se observan más hierbas permanentes y lianas, que se asume protegen los cactus juveniles de los depredadores y por ende sirven como refugios. Esta asunción, de que la cobertura herbácea (tipo liana) favorece el reclutamiento de los cactus, apoya los resultados obtenidos en las estimaciones de población y densidad de tortugas, que son aproximadamente similares en los dos sitios. Sin embargo la abundancia y densidad de los cactus son diferentes, entre las dos áreas. La baja abundancia y densidad de *O. megasperma* var. *orientalis* encontrada en el Caco (Tablas 1 y 2), sugiere, que en ausencia de la cobertura herbácea, las tortugas ejercen un efecto limitante más fuerte en el reclutamiento de los cactus juveniles.

Los extremos, en los niveles (1-2) y (7-8) cladodios, muestran cantidades bajas en número de individuos, mientras los niveles intermedios (3-6), presentan cantidades superiores en número de individuos, esto podría estar influenciado por factores como, 1) Las plántulas de 1-2 cladodios, son más

difíciles de ver, se protegen en poca vegetación herbecia, y se asume que están en mayor número. 2) Los niveles 7-8, son más visibles, asumiéndose que son más escasos, porque recibieron mayor acción depredadora por parte de las tortugas y los pocos sobrevivientes observados probablemente, escaparon protegiéndose entre lianas y otras hierbas. 3) Los niveles intermedios, son más abundantes; pero presumiblemente se encuentran vía presión depredadora, hasta llegar a tallas mayores de 8 cladodios, cuando hayan desarrollado prolongadas y gruesas espinas que los protegerá de la agresión depredadora de las tortugas. Similar explicación tiene los datos de la tabla de las densidades.

A pesar de que las tortugas pueden limitar el reclutamiento de los cactus juveniles, experimentos recientes han demostrado que la tasa de germinación en semillas de cactus es más rápida y se incrementa entre 60-80%, luego de pasar por el tracto digestivo de tortugas e iguanas terrestres (Wiggins & Focht, 1967; Arp, 1973; Christian *et al.*, 1984; Estupiñan & Mauchamp, 1995). Mientras la tasa de germinación de las semillas que no pasaron por el tracto digestivo fue significativamente inferior, alrededor del 20% en promedio (Hicks & Mauchamp, 1996). De acuerdo a los resultados de estos experimentos se puede deducir: 1) La ausencia de tortugas, podría retardar la germinación de las semillas, pero eventualmente una determinada cantidad podría germinar cuando las condiciones son favorables (años lluviosos). Sin embargo ahora la población de cactus es baja, presumiblemente todas las semillas podrían estar comidas por las tortugas. Luego esto podría servir como un banco de semillas viables. Las tortugas comen las semillas, ellas germinan después de pasar por el tracto digestivo y luego las tortugas comen las plántulas. 2) Que la disminución al mínimo de la población de tortugas en la isla Española, y posteriormente la ausencia de ellas *in situ*, puede haber causado también una disminución de los cactus.

En Española, el efecto del pinzón *G. conirostris* y *G. fuliginosa*, sobre los cactus es más intenso puesto que las afectan: 1) destruyendo las semillas cuando se alimentan, 2) cortando los estigmas de las flores y de esa manera reducen la producción de semillas (Grant & Grant, 1981; Grant, 1996). Este comportamiento incrementaría las probabilidades de extinción de la especie de *Opuntia* y asociado a ello, los pinzones de cactus. Tampoco se conoce detalladamente el papel como dispersadores que desempeñan otras especies de aves tales como las palomas, cucuves y pinzones (e.g. *Geospiza fuliginosa* Gould 1837). La presencia de herbívoros tiene un efecto medible en *Opuntia*; si los herbívoros estuvieron presentes en grandes densidades, podrían haberse comido los juveniles y retoños que producen plantas nuevas en los cactus derribados (Snell *et al.*, 1994). Probablemente esto es

lo que pudo haber ocurrido en el pasado (XVI - XVIII) en la isla Española, cuando hubo una alta densidad de tortugas gigantes.

En el pasado, el tamaño de la población de cactus en Española, se cree que fue reducida al mínimo por el pastoreo de las cabras cimarronas (D. Anderson *comn.* Pers. 1995). Sin embargo, la regeneración fue lenta a pesar de la erradicación total de los herbívoros introducidos. Hamann (1979, 1984), indica que en la isla Pinta, *O. galapageia* (Hensl 1837) virtualmente fue una de las pocas especies de plantas sobrevivientes, después de la devastación de la vegetación por las cabras introducidas. En la vegetación de Santa Fe, tan sólo los cactus (*Opuntia*) y los palo santo (*Bursera graveolens* Triana & Planch 1872) quedaron en pie después de la acción destructora de las cabras (Hamann, 1982; Black 1973).

Algunos autores como Harris (1973) afirman que las cabras fueron las causantes de la disminución al mínimo de las *Opuntia* en la isla Española. Si las cabras fueron los causantes de la disminución de los cactus de Española, uno se puede preguntar por qué no causaron el mismo efecto en la isla Santa Fe. Estas dos islas hace dos o tres décadas mantuvieron grandes poblaciones de cabras cimarronas. Sin embargo, Española aún mantiene mínimos parches de cactus con muy pocos adultos y juveniles; mientras que en Santa Fe, la dominancia de los cactus adultos y juveniles de todos los tamaños es alta. Las afirmaciones de Hamann y nuestras observaciones actuales en Española y Santa Fe, indican que, las cabras no fueron las únicas causantes de la reducción al mínimo de los cactus en Española.

En Española, las cabras mordieron los troncos de unas pocas *Opuntia* adultas hasta derribarlas (Llerena, Sanmiguel, Chapi, *comn.* Pers. 1996). Los cactus juveniles, también fueron comidos por las cabras y no sobrevivía ninguna (Chapi *comn.* Pers. 1996).

La erradicación de las cabras cimarronas en la isla Española fue hace aproximadamente dos décadas; desde entonces y hasta la actualidad debería existir gran cantidad de parches de bosques de cactus juveniles con por lo menos 7 a 8 cladodios, sobre todo las que germinaron en la época de El Niño de 1983. Sin embargo, no es común encontrar cactus de estas tallas. Esto sugiere que además de las cabras, existieron y existen otros factores que consumieron y limitaron el reclutamiento de los cactus en la isla Española.

### Conclusión

Las cabras no fueron el único factor causante de la disminución de los cactus *Opuntia* de Española. Las tortugas y el pinzón de cactus también contribuyeron en la disminución y están actualmente limitando la recuperación de las poblaciones de cactus. La

cobertura herbácea favorece el reclutamiento de los cactus juveniles. Se sugiere que *Prosopis juliflora*, por competencia interespecífica, limita la recuperación natural de *O. megasperma* var. *orientalis*. Se sugiere también hacer un estudio ecológico futuro de los principales elementos del ecosistema de la isla Española. Una vez realizado el estudio ecológico determinar la viabilidad de realizar experimentos ex situ. Sería muy importante, estudiar zonas excluidas de tortugas o excluir un parche de *Opuntia* de otro cercano a uno libre, y observar el efecto sobre los juveniles y el resultado será apreciado a largo plazo entre 10 - 20 años.

#### Agradecimientos

Nuestros agradecimientos a Telmo Zúñiga, Sinécio Olaya, Jorge Serrano y Edwin Jiménez (PNG) por su colaboración en el censo de las tortugas y en el conteo de los cactus juveniles. A Córley McMullen y Ole Hamann, por la revisión y comentario del manuscrito. A los directivos del PNG y de la ECChD, por la logística y financiamiento del viaje a Española.

#### Literatura citada

- Arp G.K. 1973. The Galápagos *Opuntia*: Another interpretation. *Noticias de Galápagos*. 21: 33-37.
- Bacon J.P. 1978. A tortoise goes Home. *ZooNooz*. 51(2): 4-7.
- Beck R.H. 1903. In the home of the giant tortoise. *Annual Report of the New York Zoological Society*. 7: 160-174.
- Black J. 1973. Galápagos: Archipiélago del Ecuador. Quito: Imprenta Europa.
- Bowman R.I. 1960. Report on a Biological reconnaissance of the Galapagos Islands during 1957 UNESCO, Paris.
- , 1961. Morphological differentiation and adaptation in the Galapagos finches. *Univ. Calif. Publ. Zool.*
- Calvopiña L.H. 1979. Estudios y protección de la vegetación nativa de la Isla San Salvador y erradicación de los chivos salvajes en la Isla Española. *Inf. Annual ECChD*.
- Calvopiña L.H. & de Vries T.J. 1975. Estructura de la población de Cabras Salvajes (*Capra hircus* L.) y los daños causados en la vegetación de la Isla San Salvador Galápagos. *Rev. PUCE*. 8: 219-241.
- Krebs Ch.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, Publishers, New York.
- Christian K.A., Tracy C.R. & Porter W.P. 1984. Diet, digestion and food preferences of galapagos land iguanas. *Herpetologica*. 40: 205 -212.
- Darwin C. 1845. *Journal of Research into the Nature History and Geology of the countries visited during the voyage of the HMS Beagle round the World under the command of Capt. Fitz Roy, R. N. from 1832-1836*. 2nd ed. Murray, London.
- Dawson E.I. 1964. Cacti in the Galápagos Island. *Noticias de Galápagos*. 4: 12-13.
- , 1966. Cacti in the Galápagos. In the Galápagos edited by R.I. Bowman. University of Calif. Press., Berkeley and Los Angeles.
- Eliasson U. 1968. On the influence of introduced animals on the natural vegetation of the Galapagos Islands. *Not. Galápagos*. 11: 19-21.
- Estupiñan S.B. & Mauchamp A. 1995. Interacción planta-animal en la dispersión de *Opuntia* de Galápagos. II Congreso Nacional de Botánica Quito, Ecuador.
- Grant B.R. & Grant P.R. 1979. The Feeding Ecology of Darwin's Ground finches. *Noticias de Galapagos*. 30: 14-18.
- , 1981. Exploitation of *Opuntia* cactus by Birds on the Galápagos. *Oecologia (Berl)*. 49: 179-187.
- , 1982. Niche shifts and competition in Darwin finches. *Geospiza conirostris* and its congeners. *Evolution*. 36: 637-657.
- Grant P.R. & Grant B.R. 1989. The slow recovery of *Opuntia megasperma* on Española. *Noticias de Galápagos*. 48: 13-15.
- , 1996. Pollen digestion by Darwin's Finches and its importance for early breeding. *Ecology*. 77(2): 489-499.
- Hamann O. 1979. Regeneration of vegetation on Santa Fe and Pinta Island, Galápagos after the elimination of goats. *Biological Conservation*. 15: 215-236.
- , 1982. Cambios en la vegetación de las Islas Galápagos durante el período de 1966 a 1973. *Compendio de Ciencias en Galápagos*, edic. Ulrike Eberhardt.: 179-199.
- , 1984. Changes and Threats to the vegetation. In R. Perry, ed., *Key Environments: Galápagos*, Pergamon Press, Oxford.: 115-131.
- Harris M.P. 1973. The Galapagos Avifauna. *Condor*. 75: 265-278.
- Hicks D.J. & Mauchamp A. 1995. Size dependent predation by feral mammal on Galápagos *Opuntia*. *Noticias de Galápagos*. 55: 15-17.
- Hicks D.J. & Mauchamp A. 1996. Evolution and Conservation Biology of the Galápagos *Opuntias* (Cactaceae). *Haseltonia*. 4: 89-101.
- Hoeck H.N. 1984. Introduced Fauna. In R. Perry, ed., *Key Environments: Galapagos*, Pergamon Press Oxford.: 233-245.
- MacFarland C.G., Villa J. & Toro B. 1974. The Galápagos giant tortoises (*Geochelone elephantopus*) Part. I: Status of the surviving populations. *Biological Conservation*. 5: 118-133.
- Márquez C. & Rea S. 1991. Gemelos en las tortugas terrestres gigantes de las Islas Galápagos. *Rev. Geograf.* 29: 109-115.

- Márquez C., Cayot L. & Rea S. 1999. La crianza de tortugas gigantes en cautiverio: Un manual operativo. Imprenta A & B Editores, Quito.
- Rothschild W. & Hartert E. 1899. A review of the ornithology of the Galápagos Islands. With notes on the Webster-Harris expedition. Novit. Zool. VI.: 85-205.
- Slevin J.R. 1931. Log of the Schooner "Academy" on a voyage of Scientific research to the Galápagos Islands 1905-1906. Occasional papers of the California Academy of Sciences. 17: 1-162.
- Smith G.T.C. 1976. News from Academy Bay. Noticias de Galápagos. 25: 1-4.
- , 1978. New from Academy Bay. Noticias de Galápagos. 27: 1-6.
- Snell H. & Snell H. 1988. Selección Natural de la morfología de *Opuntia* en Isla Plaza Sur. Inf. Anual de la ECCHD.: 27-29.
- Snell H., Snell H. & Stone P. 1994. Acelerated mortality of *Opuntia* on Isla Plaza Sur: Another threat from an introduced vertebrate? Noticias de Galápagos. 53: 19-20.
- Schofield E. 1989. Effects of introduced plant and animals on island vegetation: examples from the Galápagos Archipelago. Conservation Biology. 3: 227-238.
- Townsend C.H. 1925. The Galápagos Tortoises in their relation to the whaling industry: a study of old logbooks. Zoologica. 4: 55-135.
- Van der Werff H. 1982. Effects of feral pigs and donkeys on the distribution of selected food plants. Noticias de Galápagos. 36: 17-18.
- Wiggins Y.L. & Focht D.W. 1967. Seeds and seedlings of *Opuntia echios* J.T. Howell var. gigantea Dawson. Cactus and Succulent Journal 34(3 & 4): 67-74; 99-105.