

# LA ISLA SOCORRO, RESERVA DE LA BIOSFERA ARCHIPIELAGO DE REVILLAGIGEDO, MEXICO



**ALFREDO ORTEGA RUBIO Y ARADIT CASTELLANOS VERA**  
Editores

---

**CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE S.C.**

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE UNIDAD DE INFLUENCIACIÓN  
BIOLÓGICA

# LA ISLA SOCORRO, RESERVA DE LA BIOSFERA ARCHIPIELAGO DE REVILLAGIGEDO, MEXICO

**ALFREDO ORTEGA RUBIO Y ARADIT CASTELLANOS VERA**  
Editores



**Publicación No. 8**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE S.C.**

**1994**



Fotografía de la portada: Panorámica de la Isla Socorro. *Alfredo Ortega*  
Diseño gráfico y cuidado de la edición: Dolores Vázquez, Cerafina Arguelles,  
Verónica Hiraes, Alfredo Ortega y Aradit Castellanos.

D.R. © 1994 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Apartado Postal 128  
La Paz, Baja California Sur 23000  
ISBN 968-6837-06-X

Derechos reservados conforme a la ley  
Impreso y hecho en México.

## CONTENIDO

Presentación	Dr. Daniel Lluch Belda	13
Agradecimientos		15

### SECCION I

#### ASPECTOS GENERALES

Capítulo 1	Características Generales y el Origen del Programa de Investigación. <i>Aradit Castellanos y Alfredo Ortega Rubio</i>	19
------------	--	----

### SECCION II

#### AMBIENTE FISICO

Capítulo 2	Importancia de los Recursos Minerales de la Región. <i>Arturo Carranza Edwards y Leticia Rosales Hoz</i>	33
Capítulo 3	Aspectos Hidrofisiográficos y Geológicos. <i>Enrique Troyo, Sergio Pedrín y Federico Salinas</i>	43
Capítulo 4	Climatología. <i>Rocío Coría Benet</i>	55
Capítulo 5	Estado Actual del Suelo y Propuestas de Conservación. <i>Yolanda Maya, Federico Salinas y Enrique Troyo</i>	63
Capítulo 6	Oceanografía. <i>Salvador Emilio Lluch Cota, Daniel Bernardo Lluch Cota, Daniel Lluch Belda y Jesús Bautista Romero</i>	77

### SECCION III

## BIOLOGIA Y ECOLOGIA DE ESPECIES TERRESTRES

Capítulo 7	Asociaciones Vegetales. <i>José Luis León de la Luz, Aurora Breceda, Rocío Coria y Jorge Cancino</i>	115
Capítulo 8	Aspectos Ecológicos del Cangrejo Terrestre. ( <i>Gecarcinus planatus</i> ) <i>Ma. Luisa Jiménez, Jorge Llinas, Alfredo Ortega Rubio y Gustavo Arnaud</i>	143
Capítulo 9	Los Artrópodos Terrestres. <i>Ma. Luisa Jiménez, Armando Tejas Romero y Ricardo Aguilar</i>	153
Capítulo 10	Aspectos Ecológicos de la Herpetofauna. <i>Patricia Galina Tesaro, Sergio Alvarez y Alfredo Ortega Rubio</i>	185
Capítulo 11	Avifauna Terrestre. <i>Ricardo Rodríguez Estrella, Laura Rivera y Eustolia Mata</i>	199

### SECCION IV

## EL AMBIENTE BIOLÓGICO MARINO

Capítulo 12	Comunidades Bentónicas Marinas. <i>Oscar E. Holguín Quiñones</i>	225
Capítulo 13	Aspectos Generales sobre la Fauna Marina. <i>Jesús Bautista, Héctor Reyes, Daniel Bernardo Lluch Cota y Salvador Emilio Lluch Cota</i>	247
Capítulo 14	Las Aves Marinas. <i>Jorte Llinas Gutiérrez</i>	277

## SECCION V

### ESPECIES EXOTICAS: PROBLEMÁTICA Y RECOMENDACIONES

Capítulo 15	Aspectos de la Población y el Hábitat del Borrego Doméstico. ( <i>Ovis aries</i> ) <i>Sergio Alvarez, Aradit Castellanos, Patricia Galina, Alfredo Ortega Rubio y Gustavo Arnaud</i>	301
Capítulo 16	El Gato Doméstico ( <i>Felis catus</i> ), Implicaciones de su presencia y Alternativas para su Erradicación. <i>Gustavo Arnaud, Antonio Rodríguez y Sergio Alvarez</i>	319

## SECCION VI

### CONSIDERACIONES FINALES

Capítulo 17	Educación Ambiental. <i>Sara Díaz, Cecilia Jiménez, Heidi Romero y Rosalía Servín</i>	331
Capítulo 18	El Proyecto de Recuperación de la Paloma de Socorro. <i>Luis F. Baptista, Helen Horblit y Harmut S. Walter</i>	341
Capítulo 19	Lineamientos para la Administración de la Reserva de la Biosfera, Archipiélago de Revillagigedo <i>Alfredo Ortega Rubio y Aradit Castellanos</i>	351



## AUTORES DE ESTA EDICION

**Sergio Alvarez Cárdenas.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Ricardo Aguilar Aguilar.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Gustavo Arnaud Franco.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Luis F. Baptista.** Academia de Ciencias de California. E.U.A.

**Jesús Bautista Romero.** Climatología Aplicada, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Aurora Breceda Solís.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Jorge Cancino Hernández.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Aradit Castellanos Vera.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Arturo Carranza Edwards.** Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.

**Rocío Coria Benet.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Sara Cecilia Díaz Castro.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Patricia Galina Tessaro.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.



**Oscar E. Holguín Quiñones.** Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional

**Helen Horblit.** Academia de Ciencias de California. E.U.A.

**María Luisa Jiménez Jiménez.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Cecilia Jiménez Sierra.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**José Luis León de la Luz.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Daniel Lluch Belda.** Dirección General, Centro de Investigaciones Biológicas del noroeste. Baja California Sur.

**Daniel Lluch Cota.** Climatología Aplicada, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Salvador Lluch Cota.** Climatología Aplicada, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Alejandro López Cortés.** División de Biología Experimental, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Jorge Llinas Gutiérrez.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Eustolia Mata Pérez.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Yolanda Maya Delgado.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Alfredo Ortega Rubio.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Sergio Pedrín Aviléz.** División de Biología Marina, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Héctor Reyes.** Climatología Aplicada, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Laura Rivera Rodríguez.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Ricardo Rodríguez Estrella.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Antonio Rodríguez Villeneuve.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Leticia Rosales Hoz.** Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.

**Heidi Romero Schmidt.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Federico Salinas Zavala.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Rosalía Servín Villegas.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Armando Tejas Romero.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Enrique Troyo Diéguez.** División de Biología Terrestre, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur.

**Harmut S. Walter.** Universidad de California en Los Angeles. E.U.A.



## PRESENTACION

Las islas, especialmente las oceánicas, siempre han representado formidables retos y grandes oportunidades para el desarrollo de las actividades humanas. Su origen y la lejanía de las masas de tierra continentales les confieren a la mayoría de ellas rasgos físicos y biológicos muy especiales, que las hacen estratégicas, atractivas, fascinantes y en muchas ocasiones trágicas para el ser humano. A lo largo de los dos últimos siglos las repercusiones de los estudios de islas en la ciencia han sido considerables. Muchas teorías se han formulado o cimentado estudiando el origen y el cambio de la tierra y la biota de las islas. Y no obstante los avances, las islas -como pequeños mundos que son- continuarán ofreciendo un ambiente propicio para la investigación y la ciencia.

En nuestra gran nación hay cientos de islas en los dos océanos que bañan sus costas. En especial, por la lejanía de las costas continentales del país, Las Islas Revillagigedo -Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida- son aún poco conocidas. Este Archipiélago resulta estratégico para la nación, su posesión incrementa en casi el doble la Zona Económica Exclusiva del país en el Pacífico noroccidental. Esta es en sí una razón muy profunda para justificar el estudio constante de este fragmento del territorio nacional.

Esta fue la más importante de las razones que llevaron a nuestro Centro de Investigaciones Biológicas, en cooperación con instituciones del país y extranjeras, a realizar un programa de investigaciones en el Archipiélago, particularmente en la Isla Socorro y en sus aguas circundantes, a partir de 1988.

Esta obra, constituye una presentación integral de los resultados del trabajo cooperativo realizado por los investigadores del Centro a lo largo de cinco años en la Isla Socorro, enfocados a conocer la condición y la dinámica de sus recursos naturales, especialmente de su flora y fauna silvestres.

Hoy, el Archipiélago de las Revillagigedo es ya una reserva de la biosfera dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, un objetivo original de nuestro programa de investigaciones, y al logro del cual como institución pusimos nuestro mejor esfuerzo. La tarea de administrar esta reserva y de manejar de manera sustentable los recursos naturales del Archipiélago, es así un mandato no sólo ético sino legal.

Esta tarea requiere de muchos esfuerzos y de cooperación de distintos agentes de la sociedad. En tal circunstancia, es la intención de los editores y autores de esta obra y de nuestro Centro, el presentarla como una contribución y un motivo de impulso para los estudiosos de Las Revillagigedo para continuar en el proceso de manejo, desarrollo y conservación del Archipiélago.

Dr. Daniel Luch Belda  
La Paz, Baja California Sur  
Enero de 1995

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del proyecto de investigación sobre el cual se basa esta obra y la conclusión de la obra misma, fue posible gracias al apoyo de muchas personas, instituciones y organizaciones a las cuales queremos hacer público nuestro reconocimiento.

Agradecemos especialmente al Dr. Daniel Lluch Belda, Director General de nuestro Centro el apoyo constante a lo largo de los años de ejecución del proyecto y de los trabajos que constituyen esta edición.

A la Dra. Valerie Gray, presidente del Comité del Medio Ambiente de la Comisión de las Californias (COMCAL) por ofrecer un primer espacio e impulso a la iniciativa del proyecto. Al Lic. José Luis Genel, Delegado en Baja California Sur de la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), al Sr. Andrés M. Sada y al Dr. Jim F. Clements, por su inapreciable apoyo y gestión ante las altas autoridades de la SEDUE, de la Secretaría de Marina y del Gobierno del Estado de Baja California Sur en las etapas críticas del proyecto.

A la Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales de la SEDUE, particularmente a su titular Dra. Graciela de la Garza por la gestión ante las autoridades de la Secretaría de Marina y los apoyos económicos brindados al proyecto bajo el Comité Conjunto México-Estados Unidos para la Preservación de la Fauna Silvestre. Asimismo agradecemos el apoyo de los profesionistas de esta Dirección, responsables de la supervisión en campo del proyecto.

A las altas autoridades de la Secretaría de Marina y de la Armada de México, y especialmente al Comandante, oficiales y personal militar de la IV Zona Naval con sede en La Paz, B.C.S., a los Comandantes del Sector Naval Isla Socorro, de la jurisdicción de la XIV Zona Naval. A los pilotos de las aeronaves de la Armada de México. A oficiales y personal militar de la Isla Socorro. A todos ellos expresamos nuestro profundo agradecimiento por la atención que nos brindaron y por los apoyos que nos proporcionaron en: transportación aérea, marítima y terrestre, hospedaje y en campo, sin los cuales no hubiera sido posible realizar este proyecto.

Al Fondo Mundial de Vida Silvestre, sección Estados Unidos (WWF-US); especialmente al Dr. Mario Ramos, Jefe del Programa México del WWF-US., al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Fundación Ricardo J. Zevada y a Conservación Internacional agradecemos el apoyo económico proporcionado para el desarrollo de las investigaciones cuyos resultados aquí se presentan.

Asimismo agradecemos a las autoridades del Gobierno del Estado de Baja California Sur y de la entonces Delegación SEDUE en el Estado, el apoyo institucional y logístico brindado en etapas iniciales del proyecto, especialmente a los pilotos aviadores de ambas instituciones, así como al Lic. Víctor M. Ochoa,

Renato Vázquez y Guillermina Espinoza.

Queremos agradecer también a los técnicos de campo de la División de Biología Terrestre del CIB: Amado Cota, Franco Cota, Marcos Acevedo y Avelino Cota el empeño y experiencia brindados a los distintos grupos de investigación. Asimismo agradecemos el apoyo y facilidades que tanto la Dirección Administrativa, como la Subdirección de Informática de nuestro Centro y el personal de ambas proporcionaron para el desarrollo del proyecto y de los trabajos de impresión del libro.

Especialmente agradecemos al Dr. Hartmut Walter de la Universidad de California en Los Angeles, al Dr. Luis F. Baptista de la Academia de Ciencias de California y a los investigadores que bajo su dirección participaron en el proyecto, el haber compartido con nosotros el propósito y los esfuerzos en la búsqueda de la protección de la vida silvestre de la Isla Socorro. Agradecemos también particularmente al Vicealmirante Manuel Rodríguez Gordillo la hospitalidad, conocimientos y el valioso apoyo que nos proporcionó durante su estancia en la Isla Socorro como Comandante del Sector Naval. Finalmente queremos expresar nuestro reconocimiento a Cerafina Argüelles y Dolores Vázquez por su dedicación en el cuidado de la edición y el diseño gráfico.

SECCION I

# **ASPECTOS GENERALES**





## CAPITULO 1

# **CARACTERISTICAS GENERALES**

*Aradit Castellanos y Alfredo Ortega-Rubio*

### **Resumen**

En este Capítulo damos una descripción general de los características biológicas más importantes del Archipiélago de las Revillagigedo, en especial de la Isla Socorro. Asimismo se presenta una sucinta descripción de los orígenes y propósitos del programa de investigaciones que en cooperación con otras instituciones desarrolló nuestro Centro de 1988 a 1993 en la Isla Socorro y del cual uno de los logros es la presentación de este libro.

### **Abstract**

In this Chapter we give a general description of the Archipelago de las Revillagigedo and Socorro Island, in terms of their major biological characteristics. We present too, a short description of the origins and purposes of the research program conducted by the Centro de Investigaciones Biológicas in cooperation with other institutions on the Socorro Island between 1988 and 1993.

## Introducción

La investigación científica y el manejo de recursos naturales en México ha registrado un considerable avance en los últimos años. Como un reflejo de ello, en distintas regiones del país, se conducen proyectos de investigación y manejo de recursos naturales renovables en los campos de la botánica, zoología, biología marina, ecología animal y vegetal. Sin embargo, estos esfuerzos han resultado insuficientes para abarcar la gran extensión geográfica y la diversidad biológica de nuestro territorio nacional. Esta limitación ha resultado más aguda en el caso de las islas mexicanas y su biota, debido a las grandes necesidades logísticas requeridas para el desarrollo de la investigación y conservación en las mismas.

Así, en muchas de las islas de nuestro país, recursos valiosos biológica y económicamente, se encuentran olvidados y frecuentemente, sometidos a procesos que colocan en inminente peligro de extinción a plantas y animales silvestres en ocasiones únicos en el mundo.

El Archipiélago de las Revillagigedo, ubicado en el Pacífico noroccidental mexicano, considerado una zona de importancia ecológica mundial, constituye un desafortunado ejemplo de la situación que prevalece en muchas de las islas de México, en cuanto a la conservación de sus recursos .

Sin embargo, hoy se reconoce que es urgente que el país encuentre estrategias de investigación científica y de manejo de recursos naturales, especialmente de vida silvestre, que proporcionen conservación a largo plazo y oportunidades para el desarrollo económico sostenido. En este sentido, un especial empeño debería realizarse con el objetivo de que las islas mexicanas no se excluyan de dicho proceso.

Es dentro de este contexto que el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C., en un esfuerzo cooperativo con la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y de organismos e instituciones internacionales de conservación e investigación, desarrolló durante los años comprendidos entre 1988 y 1993, un Programa de estudios de la Isla Socorro. El Programa de investigación tuvo el propósito de obtener información científica para apoyar el proceso de planificación para la conservación de la Isla, especialmente de su flora y fauna silvestres.

La información científica producto de estos cinco años de trabajo, ha permitido identificar la condición que guardan los recursos naturales de la isla y precisar sus necesidades de conservación. Así, con base en nuestros resultados se elaboraron recomendaciones de conservación, como el decretar Reserva de la Biósfera a la isla, que se hicieron llegar a las autoridades responsables de la administración de los recursos naturales de la nación y del resguardo del Archipiélago. Asimismo, nuestro Centro realizó un amplio esfuerzo, para hacer accesible esta información a los investigadores, especialistas y al público en general, difundiéndola a nivel nacional e internacional, en congresos, reuniones, revistas científicas y de divulgación.

Por otra parte, concientes de que ninguna acción de conservación puede alcanzar el éxito sin la participación de la población local, nuestro trabajo en la Isla Socorro se realizó con la colaboración de las autoridades y residentes locales, en este caso del Sector Naval en la Isla, bajo la jurisdicción de la XIV Zona Naval de la Armada de México. Entre otras actividades, durante la vida del Programa desarrollamos un proyecto de educación ambiental dirigido a los habitantes de la Isla Socorro.

Dentro del conjunto de acciones de nuestro Centro, relacionadas al Archipiélago de las Revillagigedo, se ha elaborado este libro, que busca proporcionar una visión integrada sobre el estado del conocimiento y de la condición que guardan los recursos de la Isla Socorro. El libro contiene información sobre los rasgos ambientales, especialmente de la flora y fauna silvestres de la isla y de sus aguas circundantes. Se incluye además, un diagnóstico de su problemática ambiental y propuestas específicas de conservación.

En su más amplio propósito el libro busca proveer a las autoridades reponsables de la administración de los recursos naturales, especialmente renovables, y de custodia del Archipiélago, de información básica, que podría contribuir al manejo apropiado del patrimonio natural que alberga la Isla Socorro, cuya protección legal se logró recientemente con el decreto presidencial que otorga al Archipiélago de las Revillagigedo la categoría de Reserva de la Biosfera, dentro del Sistema Nacional de Areas Protegidas.

## Antecedentes

El Archipiélago de las Revillagigedo se localiza aproximadamente entre 350-650 km al sur y suroeste del extremo sur de la península de Baja California (Brattstrom, 1990) y unos 580 km al oeste de las costas de Colima (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993). Está integrado por cuatro islas oceánicas de origen volcánico (Anthony, 1898): Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida (Fig. 1). Desde su descubrimiento en el año de 1533 (Medina, 1978), el Archipiélago estuvo deshabitado, hasta 1957, cuando se logró establecer una guarnición naval permanente en la Isla Socorro (Jehl y Parkes, 1982) y en 1979 en la Isla Clarión (Everett, 1988). Su población humana, actualmente de aproximadamente 100 personas, está integrada por personal naval y algunos de sus familiares.

Económica y políticamente el Archipiélago es estratégico para México, ya que amplía el territorio nacional, particularmente la zona económica exclusiva, y eleva el potencial de recursos marinos, pesqueros y minerales disponibles para el desarrollo económico del país (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993; Ortega *et al.*, 1992). Biológicamente es de gran importancia, por las posibilidades que ofrece de realizar estudios sobre biodiversidad, biogeografía y evolución. Geológicamente es interesante para la ejecución de investigaciones sobre su origen, vulcanismo

y riesgos sísmicos (Ortega *et al.*, 1992). Su flora y fauna resultan interesantes científicamente, pues aspectos de su origen, desarrollo y relaciones con el continente pueden ser profundizados.

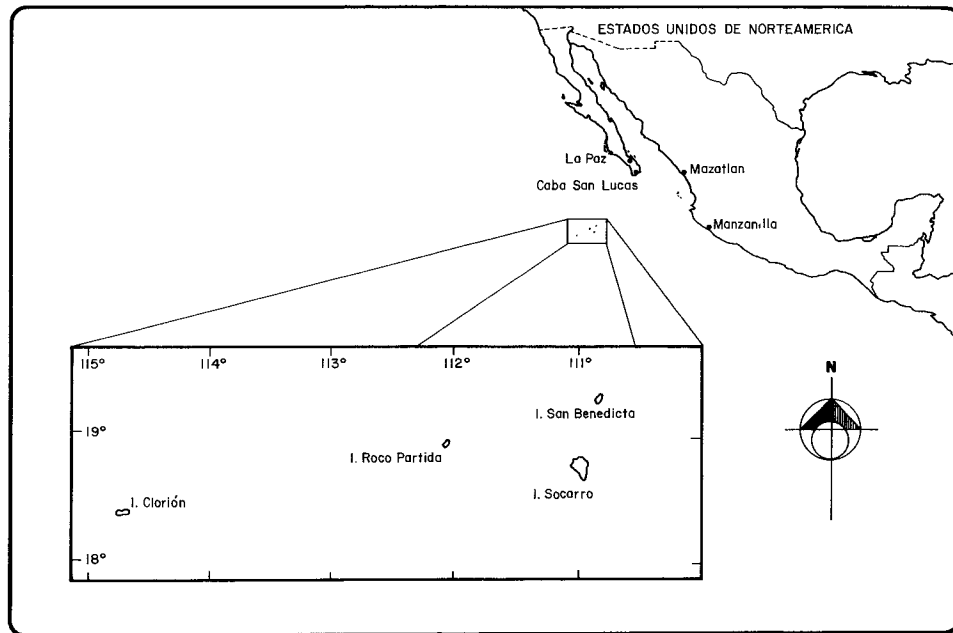
La flora y fauna del Archipiélago, presentan de moderado a alto grado de endemismo respectivamente, a niveles de género, especie y subespecie (Brattstrom, 1990; Levin y Moran, 1989). Aproximadamente el 31.6% de las especies nativas vegetales son endémicas al Archipiélago (Levin y Moran, 1989). Por otra parte, todos los vertebrados terrestres nativos son endémicos a nivel de género, especie o subespecie; 14 de 16 aves terrestres y una marina también lo son a distintos niveles: una a género, tres a nivel de especie y diez a nivel de subespecie (Brattstrom, 1990).

Todas las características anteriores hacen del Archipiélago un sitio especial, por tal razón se le considera en la Estrategia Mundial para la Conservación como un área prioritaria, dentro de las provincias biogeográficas del medio terrestre, para su protección a través de alguna categoría de área natural protegida (IUCN, 1980). Asimismo, dado su nivel de endemismo en avifauna, el Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (ICBP por sus siglas en inglés), lo considera como un Área de Aves Endémicas de importancia primaria (ICBP, 1992).

No obstante su importancia biológica, el Archipiélago ha carecido de protección legal en términos de conservación y el manejo de sus recursos naturales ha sido incipiente. Así, en un esfuerzo para encontrar mecanismos de respuesta a esta problemática, el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur emprendió desde el año de 1988 un Programa de investigaciones en la región.

Los objetivos de este Programa fueron: i). desarrollar investigaciones científicas para sustentar la planificación de la conservación del Archipiélago y de la Isla Socorro en particular, incluyendo su propuesta como un área natural protegida en la categoría de Reserva de la Biosfera; ii). obtener información para fines de manejo sobre especies amenazadas o en peligro de extinción; iii). promover la capacitación de investigadores y técnicos en conservación de recursos naturales isleños y iv). el desarrollo de un proyecto de educación ambiental en la localidad.

Durante la ejecución del Programa, se realizaron 11 expediciones a la Isla Socorro, con la participación de 35 investigadores provenientes de distintas instituciones, en diferentes campos de las ciencias, incluyendo: geología, edafología, flora y vegetación, ecología vegetal, zoología, entomología, y ecología marina. La información científica obtenida a lo largo de estos años de trabajo permitió identificar de mejor manera la condición de los recursos naturales de la isla y precisar sus necesidades de conservación. Estos resultados se han hecho del conocimiento de la comunidad científica nacional e internacional a través de publicaciones especializadas, congresos y reuniones, y de la comunidad en general por medio de materiales de educación ambiental y de divulgación.



**Figura 1.** Localización del Archipiélago de las Revillagigedo.

Los orígenes de este Programa de investigaciones se remontan a 1988, en la cuadragésima segunda reunión de la Comisión de las Californias, órgano de cooperación de los gobiernos estatales de Baja California y Baja California Sur, México y California, E. U. A. En esta reunión, el Dr. Hartmut Walter, de la Universidad de California en Los Angeles propuso al Comité del Medio Ambiente realizar un proyecto para lograr la reintroducción de la Paloma de Socorro a su tierra original en la cual se hallaba extinta. La Comisión de la Californias emitió una resolución, y un llamado, a agencias gubernamentales y fundaciones de las tres Californias (California, E. U.; Baja California y Baja California Sur, México) que buscaba promover esfuerzos cooperativos para la reintroducción de la Paloma de Socorro a la Isla Socorro.

Nuestro Centro, como una institución académica sólida en Baja California Sur, fue invitado a participar en este proyecto original que buscaba la recuperación de una especie. Con recursos económicos muy limitados y apoyos institucionales incipientes se iniciaron durante 1988, y bajo este enfoque, las primeras expediciones a la Isla Socorro.

En 1989, nuestro Centro presentó en colaboración con las instituciones y personas del proyecto original, una propuesta formal de conservación al Fondo Mundial de Vida Silvestre sección Estados Unidos (WWF-US), bajo el título de "Plan General para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre de las Islas Revillagigedo, México", para realizarse durante un período de tres años. En esta propuesta se abordaba la cuestión de la conservación de la Isla Socorro en su conjunto, flora, fauna y su habitat. El WWF-US brindó el apoyo a la propuesta, iniciándose las actividades del Programa a partir de octubre de ese mismo año.

Adicionalmente, nuestro Centro desarrolló un amplio y profundo esfuerzo de gestión que permitió obtener en favor del Programa apoyos institucionales, logísticos y financieros de la Secretaría de Desarrollo Social, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de la Secretaría de Marina-Armada de México, de la Fundación Ricardo J. Zevada, de Conservación Internacional, y de Pronatura, A. C. Asimismo, se contó con la colaboración de la Universidad de California en Los Angeles y de la Academia de Ciencias de California, ambas de los Estados Unidos de Norteamérica.

El Programa de investigación concluyó como tal en el transcurso del año de 1993. Sin embargo, nuestro Centro ha continuado sus actividades a través de la organización y seguimiento de proyectos para la difusión de la información sobre el área, la elaboración de propuestas específicas de conservación y de las gestiones ante las autoridades competentes en la materia, con el propósito de lograr la conservación a largo plazo del patrimonio natural de la nación en el Archipiélago de las Revillagigedo, en particular de la Isla Socorro.

## Localización

El Archipiélago de las Revillagigedo, está situado en el área comprendida entre los  $18^{\circ} 20'$  y  $19^{\circ} 20'$  N. y los  $110^{\circ} 45'$  y  $114^{\circ} 50'$  W. (Medina, 1978). Esto es, entre 350-650 km al sur y suroeste del extremo sur de la península de Baja California (Brattstrom, 1990), en el océano Pacífico noroccidental mexicano. Está integrado por cuatro islas oceánicas de origen volcánico (Anthony, 1898), que de mayor a menor superficie son; Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida (Fig. 1).

La Isla Socorro, se localiza específicamente a los  $18^{\circ} 20'$  lat. N. y los  $110^{\circ} 57'$  W (Medina, 1978), unos 480 km al sur de la península de Baja California y a 716 km de Manzanillo, Colima (Adem, 1960).

A continuación procederemos a presentar una sucinta descripción de la isla, basada en sus principales rasgos físicos y biológicos. Invitamos al lector interesado en ampliar y profundizar en los temas de su mayor interés, a consultar los capítulos correspondientes.

### Rasgos físicos

La Isla Socorro es de aproximadamente  $210 \text{ km}^2$  de superficie (Levin y Moran, 1989), con una altitud de 1130 m en el pico del monte Evermann (Johnston, 1931). La isla es en realidad un gran volcán, cuya última erupción ocurrió en el siglo pasado (Walter *et al.*, 1989). Su topografía es muy accidentada, con cerros y elevaciones medias donde destacan algunas planicies, cañadas y corrientes de lava volcánica que descienden hasta el mar, formando abruptos acantilados de más de 40 m de alto en algunos sitios. En la línea costera de la isla predominan los acantilados y las playas rocosas.

El paisaje de la Isla Socorro es contrastante. El norte luce siempre verde, debido a la intrincada y densa vegetación. El sur y el este en cambio muestran grandes zonas rojizas severamente afectadas por la erosión, que ha dejado al descubierto el suelo, desprovistas de vegetación.

En general el clima es árido (Johnston, 1931) y está regulado por las depresiones tropicales y huracanes que ocurren en el verano y que caracterizan al Pacífico occidental. La precipitación es escasa y ocurre en su mayor parte durante los meses de agosto a octubre. La temperatura media mensual varía entre  $19^{\circ}\text{C}$  y  $28^{\circ}\text{C}$  (Medina, 1978). Frecuentemente, el Monte Evermann, sobre todo en su vertiente norte se ve invadido de nubosidad, neblina y de rocío. Sin embargo las partes bajas de la isla pueden registrar prolongadas sequías. Por otro lado, no hay en la isla fuentes superficiales de agua, salvo en ocasiones de fuertes lluvias, cuando se almacena en los cauces de arroyos, conos de volcanes adventicios y en algunas planicies.



### Rasgos biológicos

La vegetación de la Isla Socorro se considera tropical y cambia con la altura, formando zonas bien delimitadas alrededor del monte Evermann (Miranda, 1960). De acuerdo con Rodríguez-Estrella *et al.* (en prensa), se encuentran diferenciadas nueve asociaciones vegetales: matorral mixto, matorral decídúo, áreas erosionadas y pradera inducida, vegetación costera, bosque, pradera de altura, pastizal y pastizal inducido. Aproximadamente 117 especies de plantas vasculares nativas se han identificado, de las que el 26.5% son endémicas de la isla, a nivel específico (27) y subespecífico (3) (Levin y Moran, 1989).

La fauna nativa de la isla, es pobre en número de especies pero rica en endémicos (Brattstrom, 1990). Los reptiles terrestres se encuentran representados unicamente por una especie de lagartija (*Urosaurus auriculatus*). No existen anfibios, ni peces de agua dulce y tampoco mamíferos nativos (Brattstrom y Howell, 1956). No obstante, existen poblaciones de mamíferos exóticos como el borrego (*Ovis aries*), de gato doméstico (*Felis catus*) y de ratón casero (*Mus musculus*). Dos especies de aves, la paloma huilota (*Zenaida macroura*) y el Zenzontle norteño (*Mimus poliglotos*) han inmigrado definitivamente a la isla. Por otra parte se registra la presencia de algunas aves de corral y domésticas.

La avifauna terrestre nativa de la isla comprende 10 taxa, endémicos todos a nivel de género (1), especie (1) y subespecie (8) (Brattstrom, 1990). De éstas especies, la Paloma de Socorro (*Zenaida graysoni*) se extinguió en la isla entre 1958-1978 (Jehl y Parkes, 1982). El Zenzontle de Socorro (*Mimodes graysoni*) y el Tecolote Enano (*Micrathene whitneyi graysoni*) se consideran en peligro de extinción (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993; Wehtje *et al.*, 1993). En general la avifauna terrestre de la isla se ha modificado en términos de su número de especies, distribución y abundancia, encontrándose varias de ellas en situación de protección especial (Rodríguez-Estrella *et al.*, en prensa; Wehtje *et al.*, 1993).

La avifauna marina de Socorro y aguas circundantes se integra por cerca de 25 especies (Wehtje *et al.*, 1993). En tanto la avifauna limícola comprende 11 especies de escolopácidos (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993). De las aves marinas de la isla, la Pardela de Socorro (*Puffinus auricularis auricularis*), en peligro de extinción de acuerdo con Johnston y Stattersfield (1990), es la única endémica al Archipiélago (Jehl, 1982). Sin embargo se desconoce el tamaño de sus poblaciones reproductoras así como la ubicación exacta de sus áreas de anidación en la Isla Socorro (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993).

El ambiente costero de la Isla Socorro, y en general del Archipiélago, es de los menos estudiados a nivel nacional, en términos de la descripción de su biota marina (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993). El Archipiélago se considera como una zona tropical, con elementos de su biota marina tropicales y templados (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993). Entre los componentes tropicales se encuentran gran parte de los pelágicos mayores, así como representantes de las familias Serranidae, Carangidae, Lutjanidae, Pomadasyidae, Pomacentridae, Cirrhitidae, Labridae, Blennidae, Gobiidae, Balistidae y Tetraodontidae (Llinas-Gutiérrez *et al.*,

1993). Las especies de afinidad templada o transicional pertenecen a las familias Ophichthidae, Belonidae y Mullidae (Llinas-Gutiérrez *et al.*, 1993).

## Estado de Conservación

Desde finales del siglo pasado el Archipiélago, y la Isla Socorro en particular, han enfrentado importantes cambios: la destrucción y perturbación de la vegetación nativa, la erosión del suelo, la reducción de las poblaciones de animales silvestres, hasta el extremo de la extinción de algunas especies de aves (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Ortega *et al.*, 1992). Entre las principales causas de estos fenómenos están la introducción de especies exóticas de mamíferos (borrego y gato domésticos), el arribo de especies inmigrantes de avifauna y la habitación permanente de la isla Socorro y Clarión (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Everett, 1988; Jehl y Parkes, 1982; Wehtje *et al.*, 1993).

La introducción a la isla del borrego doméstico en 1869 (Hanna, 1926), su expansión a gran parte de sus hábitats y su crecimiento poblacional, ha contribuido a la perturbación y pérdida casi total de la vegetación nativa en aproximadamente 2,000 has de la superficie isleña (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992). Como consecuencia del sobrepastoreo, asociaciones vegetales como los bosques de higuera silvestre (*Ficus cotinifolia*) y guayabillo (*Psidium socorroense*) han desaparecido de gran parte de la isla (J. León de la Luz, citado en Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992). Asimismo, parte de la superficie desprovista de vegetación presenta diversos grados de erosión. Las zonas más erosionadas se localizan en el centro-este, centro-sur y centro-oeste de la isla.

La introducción del gato doméstico después de 1957, el arribo de aves inmigrantes como el Zenzontle Norteño y la Huilota entre 1971 y 1978 (Jehl y Parkes, 1982), así como la presencia humana, probablemente han favorecido, por sus efectos de depredación, competencia, captura y caza, la disminución de la avifauna endémica en términos de número de especies, distribución y abundancia (Ortega *et al.*, 1992; Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991). La Paloma de Socorro (*Zenaida graysoni*), especie endémica de la isla, se extinguió entre 1958 y 1978 (Jehl y Parkes, 1983), aunque se considera que tiene posibilidades de ser reintroducida a su hábitat original, toda vez que algunos cientos de ellas existen en aviarios privados de los Estados Unidos de Norteamérica (Walter *et al.*, 1989).

Actualmente se encuentran en peligro de extinción el Tecolote Enano (*Micrathene whitneyi graysoni*) reportado por última vez en 1943 (Brattstrom y Howell, 1956), el Zenzontle de Zocorro (*Mimodes graysoni*) con una población del orden de 50-60 parejas (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993; Jehl y Parkes, 1982). Las restantes especies de la avifauna terrestre nativa, aunque algunas pueden considerarse raras, registran poblaciones aparentemente saludables (Rodríguez-Estrella *et al.*, en prensa; Walter, 1990; Wehtje *et al.*, 1993).

## Marco legal

Políticamente el Archipiélago está administrado por el Gobierno Federal. Desde 1957 su resguardo quedó a cargo de la Secretaría de Marina con el establecimiento en la Isla Socorro de un Sector Naval, bajo jurisdicción de la XIV Zona Naval. La propiedad del suelo es gubernamental y fuera del destacamento militar y algunos de sus familiares no hay población civil.

No obstante la importancia económica, política y biológica del Archipiélago y de la Isla Socorro en particular, el nivel de manejo de los espacios naturales y sus recursos de vida silvestre ha sido incipiente. La administración de las islas no ha contado con los medios legales, directrices, planes, recursos financieros, humanos y materiales apropiados para conducir las tareas de conservación de la biodiversidad del Archipiélago.

## Diagnóstico

El desarrollo de nuestro Programa en la Isla Socorro, permitió identificar que la respuesta inicial más apropiada para enfrentar su grave problemática ambiental, era decretar la isla como una área natural protegida e incorporarla al Sistema Nacional de Areas Protegidas, bajo administración de la Federación. El establecimiento de un área natural protegida en la Isla Socorro, brindaría la protección legal a largo plazo de su valioso patrimonio natural. Afortunadamente esta medida se ha logrado con el decreto presidencial que define al Archipiélago de las Revillagigedo como Reserva de la Biosfera (Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 1994).

Un segundo aspecto de gran importancia, es lograr un nivel de manejo eficaz de esta Reserva de Biosfera, que permita garantizar la sobrevivencia de especies de fauna y flora consideradas únicas en el mundo, abriendo además la posibilidad de recuperar las poblaciones de aquellas especies que se encuentran en peligro de extinción o incluso extintas en su forma silvestre, como es el caso de la Paloma de Socorro.

## Literatura citada

- Adem, J. 1960. La Isla Socorro. MONOGRAFIA DEL INSTITUTO DE GEOFISICA. UNAM 2:9. México, D. F.  
Anthony, A. W. 1898. Avifauna of the Revillagigedo Islands. AUK 15:311-318.  
Brattsrom, B. H. 1990. Biogeography of the islas Revillagigedo, Mexico. JOURN. OF BIOG. 17:177-190.

- Brattstrom, B. H. and T. R. Howell. 1956. The birds of the Revillagigedo Islands, Mexico. *CONDOR* 58:107-120.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1992. La situación del zenzontle de Socorro (*Mimodes graysoni*). *CIENCIA Y DESARROLLO* Vol. 64 No.104:64-75.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1993. Current status of the Socorro Mockingbird. *WILSON BULLETIN* 105(1):167-171.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 6 de junio de 1994. Tomo CDLXXIX, No. 4. pp. 45-51. México, D.F.
- Everett, W. T. 1988. Notes from Clarion Island. *CONDOR* 90:512-513.
- ICBP. 1992. PUTTING BIODIVERSITY ON THE MAP: PRIORITY AREAS FOR GLOBAL CONSERVATION. ICBP, Cambridge, UK. 6pp.
- IUCN. 1980. ESTRATEGIA MUNDIAL PARA LA CONSERVACIÓN IUCN-PNUMA-WWF. Morges, Suiza 42 pp. + 5 mapas.
- Hanna, G. D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. GENERAL REPORTS. *PROC. CALIF. ACAD. SCI., 4TH SER.*, 15:1-113.
- Jehl, J.R. Jr. 1982. The biology and taxonomy of Townsend's Shearwater. *LE GERFAUT* 72:121-135.
- Jehl, J. R. Jr. y K. C. Parkes. 1982. The status of the avifauna of the Revillagigedo islands, Mexico. *WILSON BULL.* 94:1-19.
- Jehl, J. R. Jr. y K. C. Parkes. 1983. "Replacements" of landbird species on Socorro Island, Mexico. *AUK* 100:551-559.
- Johnston, I. M. 1931. The flora of the Revillagigedo Islands. *PROCC. OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES, 4TH SERIES*, 20:9-104.
- Johnston, T. H. y A. J. Stattersfield. 1990. A global review of island endemic birds. *IBIS* 132:167-180.
- Medina, M. G. 1978. MEMORIA DE LA EXPEDICIÓN CIENTÍFICA A LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. ABRIL DE 1954. Univ. de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
- Miranda, F. 1960. Vegetación. La Isla Socorro. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA, UNAM. 2:129-152.
- Levin, G. A. and R. Moran. 1989. THE VASCULAR FLORA OF ISLA SOCORRO, MEXICO. *Memoir* 16. San Diego Society of Natural History.
- Llinas G. J., D. Lluch-Cota, A. Castellanos y A. Ortega-Rubio. 1993. La Isla Socorro, Revillagigedo, México. pp. 520-534. IN: BIODIVERSIDAD MARINA Y COSTERA DE MEXICO. S. I. SALAZAR-VALLEJO Y N. E. GONZÁLEZ (EDS.). *Com. Nal. Biodiversidad y CICRO*. México. 865 pp.
- Ortega, A., A. Castellanos, G. Arnaud, Y. Maya, R. Rodríguez, J. León, J. Cancino, C. Jiménez, J. Llinas, S. Alvarez, P. Galina, A. Breceda, E. Troyo, F. Salinas, S. Díaz, R. Servín, H. Romero, A. Rodríguez y R. Coria. 1992. Recursos naturales de la isla Socorro, Revillagigedo, México. *CIENCIA* 45:175-184
- Rodríguez-Estrella R., G. Arnaud, S. Alvarez y A. Rodríguez. 1991. Predation by feral cats on birds at Isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 22:141-143.
- Rodríguez-Estrella R., J. L. León de la Luz, A. Breceda, A. Castellanos, J. Cancino y J. Llinas. A preliminary assessment on density and habitat relationships of the terrestrial birds of Socorro Island, Islas Revillagigedo, Mexico. *BIOLOGICAL CONSERVATION*. En prensa.
- Walter, H. S. 1990. Small viable population: The Red-tailed Hawk of Socorro Island. *CONSERV. BIOL.* 4:441-443.
- Walter, H., R. Clements y A. Castellanos. 1989. The endemic bird taxa of the Revillagigedo islands, Mexico. *REPORTE INTERNO. SEDUE*. 1989. 12 pp.
- Wehtje, W., H. S. Walter, R. Rodríguez, J. Llinas y A. Castellanos. 1993. An annotated checklist of the birds of Isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 24(1):1-16.



SECCION II

**EL AMBIENTE FISICO**



## CAPITULO 2

# IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS MINERALES MARINOS DE LA REGION

*Arturo Carranza-Edwards y Leticia Rosales-Hoz*

### Resumen

Se discuten los valores de Mn, Fe, Cu, Ni y Co, determinados en nódulos colectados en la zona oceánica adyacente al Archipiélago Revillagigedo, donde se encontraron nódulos polimetálicos de interés económico a profundidades de 3,000 a 4,000 m, durante la Campaña Oceanográfica MIMAR II. Esta campaña se efectuó dentro de la Zona Económica Exclusiva de México y en ella se cubrieron tres regiones que comprende: A) la Dorsal del Pacífico Oriental, B) la Zona de Laderas y Superficies de Mesetas y C) la que corresponde con la Planicie Abisal, con Lomeríos y Montañas.

En total se estudiaron 38 nódulos polimetálicos representativos de las regiones B y C. De estos, 17 fueron nódulos superficiales y 21 nódulos sepultados. Las concentraciones promedio, determinadas en nódulos superficiales, fueron de 21.02% de Mn, 7.02% de Fe, 0.52% de Cu, 0.65% de Ni y 0.10% de Co. Se encontró que los nódulos sepultados, arrojaron un promedio de la relación Mn/Fe superior a la de los nódulos superficiales; lo cual parece indicar que, durante el sepultamiento, se producen procesos diagenéticos enriquecedores de Mn a través de las aguas intersticiales.

En este estudio, se destaca la importancia del Archipiélago Revillagigedo. Su posición es estratégica; ya que está en uno de los sectores ricos en nódulos polimetálicos del Océano Pacífico y gracias a la presencia de las islas Revillagigedo la ZEE de México se incrementa notablemente el área de importancia económica a futuro. Se observa que el promedio de Mn y Cu en los nódulos de MIMAR II es superior al promedio reportado en la literatura para nódulos del Océano Pacífico.



## Abstract

As a result of the MIMAR II oceanographic cruise polymetallic nodules of economic interest, were found on the oceanic area near to the Archipelago Revillagigedo between depths of 3,000 and 4,000 m. The study was realized on Mexico's EEZ and covered three regions: Region A, on the East Pacific Rise area; Region B, on sides and plateau surfaces as well as abyssal plain with mountains and hills, and Region C, of undulated abyssal plain with hills. Thirty eight polymetallic nodules from regions B and C were studied. Seventeen of such nodules were surface nodules and twenty one were buried nodules. The average concentrations of metals on surface nodules were 21.02% Mn, 7.02% Fe, 0.52% Cu, 0.65% Ni y 0.10% Co. Buried nodules show a higher Mn/Fe ratio than surface nodules. This suggests a Mn enrichment through diagenetic processes.

Archipelago Revillagigedo is of greatest importance to Mexico. Given its geographic position, the mexican EEZ increases towards an area of great economic value due to its content of polymetallic nodules. The average Mn and Cu content of the nodules, in the area, are above the average reported for nodules of the Pacific Ocean.

## Introducción

Se sabe que en el mar existen recursos de muy diversa índole y estos pueden ser utilizados, en un futuro no lejano. El concepto de recurso se refiere a los materiales que aún cuando no se explotan actualmente, pueden ser usados en un futuro, cuando las condiciones de mercado lo justifiquen.

Entre los recursos minerales del mar, también llamados recursos no-vivos, se pueden citar los siguientes: arenas o placeres minerales, materias primas para la construcción (gravas, arenas, restos de conchas, etc.), fosforitas, sulfuros polimetálicos de origen hidrotermal y nódulos polimetálicos (Carranza-Edwards, 1985; Cronan, 1980; Kuzendorf, 1986; Mero, 1965).

Resulta necesario tomar en cuenta que algunos de los minerales de las tierras emergidas tienden a agotarse, otros son insuficientes y cada vez se descubren con más dificultad nuevos yacimientos en tierra. Por este motivo, se considera que en un futuro no lejano, será necesario recurrir a los minerales presentes en el lecho oceánico.

Hay países altamente industrializados (Estados Unidos, Francia, Japón, Alemania, Canadá y Gran Bretaña, entre otros), que han creado consorcios, con la finalidad de reunir capital de riesgo para explorar nódulos polimetálicos, de desarrollar tecnología para su extracción y de adquirir una mayor fuerza política,

en los foros internacionales. En particular, la importancia económica de los nódulos polimetálicos se debe a que son ricos en diversos metales (Mn, Fe, Cu, Ni y Co, entre otros).

El papel que juegan las islas del Archipiélago Revillagigedo es de especial importancia, ya que gracias a su presencia, México amplía considerablemente su Zona Económica Exclusiva en el Océano Pacífico. La porción septentrional del Océano Pacífico Central, comprendida entre las Fracturas Clarion y Cliperton, es una de las zonas con mayor distribución de nódulos, ricos en metales. De acuerdo con Pontecorvo (1986), en dicha región ya existen registros para el minado de los nódulos, por parte de diversos consorcios internacionales.

A través del Proyecto UNAM-CONACyT, titulado: "Investigación sobre origen, procesos y distribución de minerales del piso oceánico del Pacífico en la Zona Económica Exclusiva de México", se realizaron en 1986, muestreos en la región del Archipiélago Revillagigedo.

El objetivo del presente trabajo, es discutir algunos de los resultados obtenidos, a partir de muestreos efectuados en la región, así como destacar la importancia de los recursos minerales, vecinos al Archipiélago Revillagigedo.

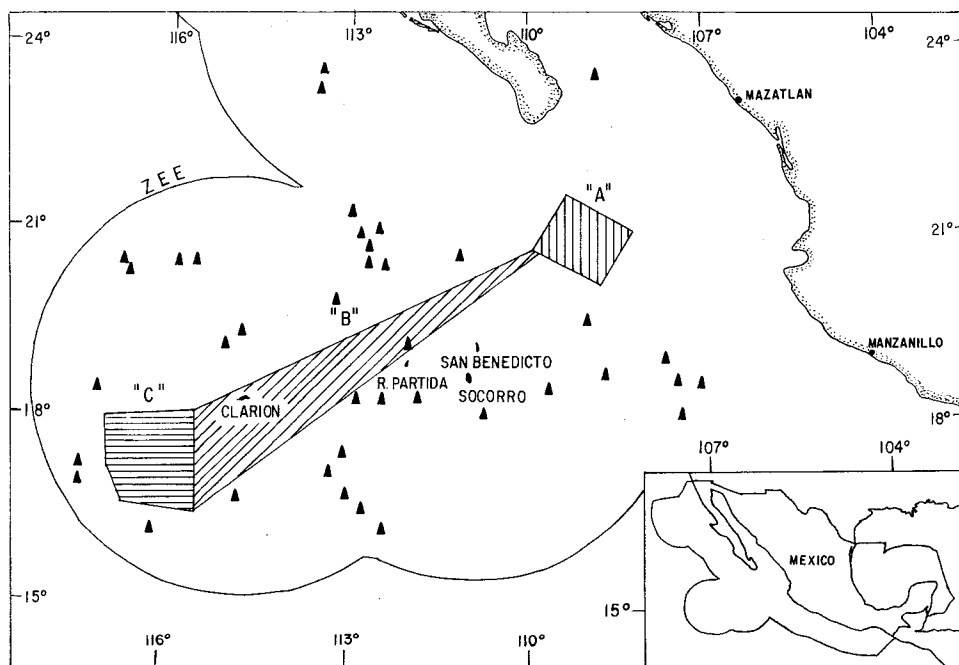
## Descripción del Area

El Archipiélago de las Revillagigedo se ubica al occidente de la Dorsal del Pacífico oriental. Según Lugo-Hubp (1985) las Islas San Benedicto, Socorro y Roca Partida se ubican en la Zona de Laderas y Superficies de Mesetas, en tanto que la Isla Clarion se encuentra dentro de la zona propuesta por el mismo autor, como Planicie Absal con Lomeríos y Montañas.

En la figura 1 aparece la zona de estudio. En el presente trabajo se discute en particular sobre los nódulos polimetálicos que se localizaron en las regiones B y C; ya que la región A, cubre la Dorsal del Pacífico Oriental, y en ella no se encontraron nódulos.

De acuerdo con Carranza-Edwards y Aguayo-Camargo (1992), los principales sedimentos de la región están constituidos por arcillas pelágicas y por detritos volcánicos. Asociados a estos sedimentos, existen además, nódulos polimetálicos, los cuales según Carranza-Edwards *et al.*, (1987) presentan textura granular y lisa, con formas principalmente regulares (ovoidales, elipsoides, lenticulares y geoides).

Las porciones más profundas donde se encontraron los nódulos varían entre los 3,000 m y 4,000 m de profundidad. Esta región se caracteriza por ser volcánicamente activa. El vulcanismo del archipiélago ha sido estudiado por Bryan (1964, 1966, 1967, 1970 y 1976). Las rocas que afloran en las islas del Archipiélago son de origen volcánico. Además, existen numerosos aparatos volcánicos sumergidos (Fig. 1), cuyo relieve fácilmente puede alcanzar 1,000 m.



**Figura 1.** Localización del área de estudio. Las regiones A, B y C fueron muestreadas durante la Campaña Oceanográfica MIMAR II. Los nódulos reportados en el presente estudio se refieren a las regiones B y C. La región A corresponde a una porción de la Dorsal del Pacífico Oriental. Los triángulos llenos representan cuerpos volcánicos submarinos con relieves de 1,000 o más metros.

De acuerdo con Ortega-Gutiérrez y Sánchez-Rubio (1985), la Isla Socorro constituye la parte superior de un volcán que se levanta casi 4,000 m desde el fondo del océano y su cima se eleva hasta 1,050 m sobre el nivel del mar. Por otro lado, la Isla Clarión está constituida casi en su totalidad por rocas volcánicas de la serie alcalina y toleítica (Hidalgo-Hernando, 1987).

## Metodología

Durante la Campaña Oceanográfica Mimar II (Mimar es acrónimo de minerales del mar), efectuada en el B/O El Puma se colectaron muestras de sedimentos y nódulos en las regiones B y C que aparecen en la figura 1. Para el muestreo se utilizaron dos muestreadores: un nucleador de gravedad y uno de caja. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Química Marina y Contaminación del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los nódulos se analizaron mediante absorción atómica. De estos, 17 son nódulos superficiales y 21 son nódulos sepultados dentro de los sedimentos.

## Resultados y Discusión

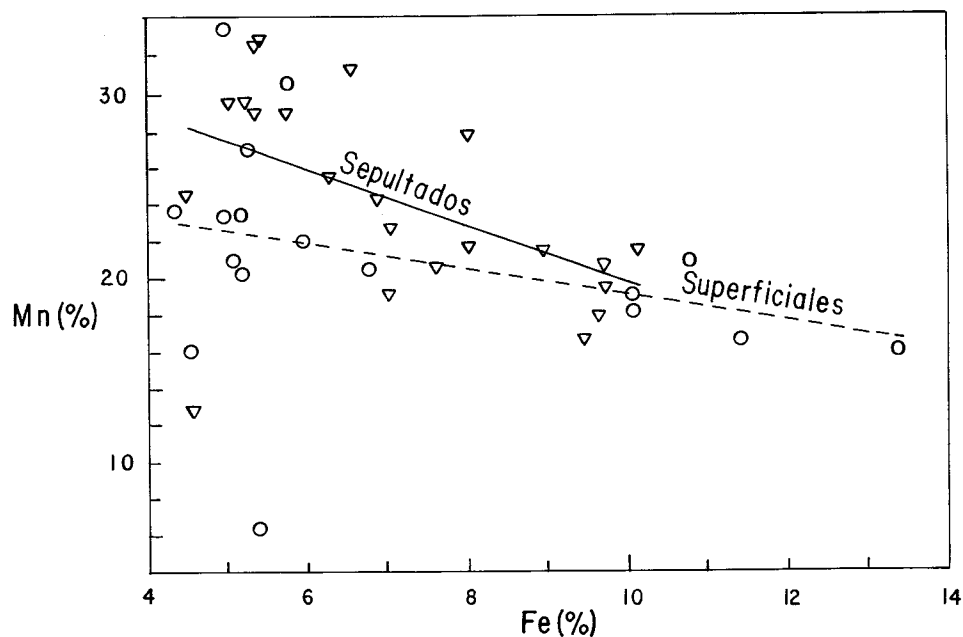
En los Cuadros 1 y 2, se presenta la información estadística básica de los análisis químicos de los nódulos superficiales (N=17) y de los nódulos sepultados (N=21), provenientes de las zonas B y C. El sepultamiento de los nódulos considerados varía desde 10 cm hasta 190 cm.

**Cuadro 1.** Composición (%) de nódulos superficiales (N=17).

Nódulo	Mn	Fe	Cu	Ni	Co	Mn/Fe
Promedio	21.02	7.02	0.52	0.65	0.10	2.99
Desv. St.	5.89	2.80	0.19	0.19	0.06	1.63
Varianza	34.67	7.84	0.04	0.04	0.00	2.67
Máximo	33.35	13.40	0.80	0.87	0.23	6.67
Mínimo	6.40	4.36	0.16	0.13	0.03	1.19

En base al contenido de Mn y Fe en los nódulos estudiados, se construyó la gráfica de la figura 2, la cual permite observar la tendencia en las variaciones del Mn y del Fe según se trate de nódulos polimetálicos superficiales o de nódulos polimetálicos sepultados.

Como se observa en los Cuadros 1 y 2 y en la figura 2, los nódulos sepultados presentan una mayor relación de Mn/Fe que los superficiales. Aún cuando esta diferencia no es muy grande, parece reflejar que durante el sepultamiento de los nódulos hay un incremento de Mn debido posiblemente a factores diagenéticos. Por otro lado, el hecho de que la pendiente observada para los nódulos sepultados sea superior que la pendiente observada para los nódulos superficiales, parece indicar que la velocidad de enriquecimiento en Mn o de empobrecimiento en Fe es mayor en los nódulos sepultados que en los superficiales.



Los valores más altos de manganeso se encuentran en la porción sur de la zona C, llamada por Carranza-Edwards *et al.*, (1987) "Depresión MIMAR". En esta depresión, ellos estiman una densidad promedio en la distribución de nódulos de 10.627 kg/m<sup>2</sup>, la cual es alta si se compara con los valores obtenidos por Pautot y Hoffert (1964) para otras áreas del Océano Pacífico.

**Cuadro 2.** Composición (%) de nódulos sepultados (N=21).

Nódulo	Mn	Fe	Cu	Ni	Co	Mn/Fe
Promedio	24.22	6.99	0.66	0.70	0.12	3.47
Desv. St.	5.45	1.77	0.16	0.12	0.05	1.49
Varianza	29.66	3.14	0.02	0.01	0.00	2.22
Máximo	32.90	10.16	0.86	0.87	0.24	6.05
Mínimo	12.77	4.52	0.33	0.40	0.01	1.76

Los nódulos procedentes de cordilleras oceánicas activas, tienen valores bajos en la relación Mn/Fe, debido posiblemente a que muchos de los nódulos se asocian con afloramientos de rocas volcánicas, lo cual inhibe la incorporación de Mn por flujos intersticiales. Por otro lado, las dorsales oceánicas son abastecedoras importantes de Fe (Corliss, 1971; Scott *et al.*, 1972). Tal vez la razón de encontrar una relación Mn/Fe menor en los nódulos superficiales que en los nódulos sepultados, no solamente se deba al enriquecimiento de Mn intersticial para los nódulos sepultados, sino también a un incremento en los valores de Fe en los nódulos superficiales, lo cual significaría una mayor actividad de la dorsal en el presente.

Por otro lado, si se comparan los datos de composición promedio obtenidos en el presente trabajo (Cuadros 1 y 2) con la concentración promedio de Mn, Fe,

Cu, Ni y Co obtenida por Cronan (1980) para el O. Pacífico, se observa que los valores obtenidos para los mismos elementos en la región próxima al Archipiélago de las Revillagigedo son mayores para el Mn y el Cu, similares para el Ni y menores para el Fe y el Co. De los datos del Cuadro 3, tomados de Cronan (1980) se desprende que el promedio de la relación Mn/Fe para nódulos del Océano Pacífico, es de 1.65; valor que es bastante más bajo que el obtenido en este estudio, tanto para los nódulos superficiales como para los nódulos sepultados (Cuadros 1 y 2).

Akira Usui (1979) ha clasificado a los nódulos de acuerdo a su composición química en tres tipos: A, B y AB. En los tipo A el Mn varía entre 23 y 32 % y la relación Mn/Fe es mayor o igual a 4.0. En los tipos B, el Mn varía entre 16 y 24 % y la relación Mn/Fe es menor que 2.5. En los AB, el Mn fluctúa entre 22 y 30% y la relación Mn/Fe está entre 2.5 y 4.0. Rosales-Hoz y Carranza-Edwards (1990) han encontrado nódulos tipo A en la porción sur de la región C. Los nódulos con concentraciones altas de Fe y Co se localizan principalmente en la porción septentrional de la región C.

**Cuadro 3.** Composición promedio (% en peso) de algunos elementos en nódulos de los océanos (Tomado de Cronan, 1980).

	<b>Pacífico</b>	<b>Atlántico</b>	<b>Indico</b>
Mn	19.780	15.780	15.100
Fe	11.960	20.780	15.780
Cu	0.392	0.116	0.294
Ni	0.634	0.328	0.464
Co	0.335	0.318	0.230

De acuerdo con Rosales-Hoz y Carranza-Edwards (1993), los sedimentos superficiales de mar profundo, colectados durante la Camapaña Oceanográfica MIMAR II, se pueden subdividir en base a su composición química, en cuatro grupos geoquímicos. El grupo 3 que incluye a la Isla Clarion, corresponde a la parte septentrional de la porción occidental, en ella se presentan nódulos tipo B. El grupo 4, abarca a la zona de las islas San Benedicto, Roca Partida y Socorro y en el se localizaron nódulos tipo A.

Finalmente, se puede observar en la figura 2 que los nódulos sepultados presentan una varianza menor que los superficiales (Cuadros 1 y 2). Esto tal vez se pueda explicar por el hecho de que una vez sepultados los nódulos van a estar menos afectados por procesos biológicos y por procesos físicos. No obstante, se debe mencionar que los nódulos sepultados comienzan a estar su-

jetos a procesos de disolución (Cronan, 1980; Kuzendorf, 1986), por lo cual no es común encontrar nódulos en niveles mayores que 10 m dentro de la columna de sedimentos.

## Conclusiones

La importancia de los recursos minerales marinos de la región del Archipiélago Revillagigedo se debe principalmente a la presencia de nódulos polimetálicos, los cuales son una materia prima potencial por su contenido en metales de valor estratégico.

Los nódulos superficiales considerados en este trabajo se caracterizan por presentar una relación promedio de Mn/Fe inferior al promedio que arrojaron los nódulos sepultados. Esto parece implicar un aporte diagenético del Mn a través del enriquecimiento de este elemento, en las aguas intersticiales.

Se recomienda un estudio de este tipo de recurso hacia el sur y sureste del área estudiada, ya que se podrían esperar valores más altos de Co, toda vez que los cuerpos volcánicos submarinos son más abundantes hacia esas áreas.

## Agradecimientos

Se agradece a las autoridades del ICMYL, del CONACyT, del Instituto de Geología, del Consejo de Recursos Minerales y de la Secretaría de Marina el apoyo brindado durante diversas etapas del Proyecto. A la tripulación y al grupo científico del B/O El Puma, se le expresa nuestro reconocimiento por su participación durante la Campaña Oceanográfica MIMAR II. Así mismo, agradecemos a la QFB Susana Santiago Pérez su apoyo en los análisis químicos. Al Dr. Adolfo Molina Cruz le agradecemos la revisión crítica del manuscrito.

## Literatura Citada

- Akora Usui. 1979. Minerals, metal contents and mechanisms of formation of manganese nodules from the central Pacific basin. pp. 651-697. IN: J. L. BISCHOFF AND D. Z. PIPER (EDS.) MARINE GEOLOGY AND OCEANOGRAPHY OF THE PACIFIC MANGANESE NODULE PROVINCE. Plenum Press, Nueva York.
- Bryan, W. B. 1964. Relative abundance of intermediate members of the oceanic basalt-trachyte association; evidence from Clarion and Socorro Islands, Revillagigedo Islands, Mexico. JOUR. GEOPHYS. RES. 69:3047-3049.



- Bryan, W. B. 1966. History and mechanism of eruption of soda-rhyolite and alkali basalt, Socorro Island, Mexico. BULL. VOLCANOL. 29:453-480.
- Bryan, W. B. 1967. Geology and Petrology of Clarion Island, Mexico. GEOL. SOC. AMERICA BULL. 78: 1461-1476.
- Bryan, W. B. 1970. Alkaline and peralkaline rocks of Socorro Island, Mexico. CARNEGIE INST. WASHINGTON, YEARBOOK 68: 194-200.
- Bryan, W. B. 1976. A basalt-pantellerite association from Isla Socorro, Islas Revillagigedo, Mexico. IN AOKI, H., E IIZUKA, S. EDS., Volcanoes and Tectonosphere. Tokio, Tokai Univ. Press: 75-91.
- Carranza-Edwards, A. 1985. Materias Primas y minerales del mar. GACETA MINERAL, SOC. MEXICANA DE MINERALOGÍA. 1(3): 22-26.
- Carranza-Edwards, A., A. Z. Márquez-García y E. A. Morales de la Garza. 1987. Distribución y características físicas externas de nódulos polimetálicos en el sector central del Pacífico Mexicano. BOL. MINERAL. 3(1): 78-94.
- Carranza-Edwards, A. y J.E. Aguayo-Camargo. 1992. Sedimentología Marina. CARTA DE GEOLOGÍA MARINA (ESC. 1:12,000,000) DEL ATLAS NACIONAL DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, Vol. II, Naturaleza.
- Corliss, J. B. 1971. The origin of metal-bearing hydrothermal solutions. J. GEOPHYS. RES. 76: 81-28-8138.
- Cronan, D.S. 1980. UNDERWATER MINERALS. Academic Press. London, 362p.
- Hidalgo-Hernando, J. L. 1987. Estudios petrográficos, geoquímicos, paelomagnéticos y geocronométricos en la Isla Clarion, México. TESIS PROFESIONAL. INGENIERÍA GEOLÓGICA, FAC. DE INGENIERÍA, UNAM.
- Lugo-Hubp, J. 1985. Morfoestructuras del Fondo Oceánico Mexicano. BOL. INST. GEOGRAFÍA, UNAM. (15): 9-39 p.
- Mero, J. L. 1965. THE MINERAL RESOURCES OF THE SEA. Elsevier, New York. 312p.
- Kunzendorf, H. 1986. MARINE MINERAL EXPLORATION. Elsevier, New York. 300p.
- Ortega-Gutiérrez, F. y G. Sánchez-Rubio. 1985. Xenolitos plutónicos de Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo. REV. INST. GEOL., UNAM. 6(1): 37-47.
- Pautot, G. y M. Hoffert. 1984. Les Nodules du Pacifique Central and leurs Environment Geologique. CNEXO, BREST. 202 p.
- Pontecorvo, G. 1986. THE NEW ORDER OF THE OCEANS. Columbia University Press. Nueva York. 277p.
- Rosales-Hoz, M. T. L. 1989. Investigación sobre origen, procesos y distribución de nódulos polimetálicos en una porción del Pacífico Central Mexicano. TESIS DOCTORAL. COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, UNAM.
- Rosales-Hoz, L. y A. Carranza-Edwards. 1990. Polymetallic nodule study from the oceanic area near Clarion Island, Mexico. MARINE MINING 9: 355-364.
- Rosales-Hoz, L. and A. Carranza-Edwards. 1993. Geochemistry of deep-sea surface sediments from the Pacific manganese nodule province near Clarion Island, Mexico. MARINE GEORESOURCES AND GEOTECHNOLOGY. 11:201-211.
- Scott, R. B., P. A. Rona, L. W. Buttler, A. J. Nalwalk y M. R. Scott. 1972. Manganese crusts of the Atlantic Fracture zone. NATURE PHYS. SCI. 239:77-79.

## CAPITULO 3

# ASPECTOS HIDRO-FISIOGRAFICOS Y GEOLOGICOS

*Enrique Troyo-Diéguez y Sergio Pedrín*

### Resumen

La Isla Socorro, con una superficie aproximada de 167 km<sup>2</sup>, se localiza en la zona económica exclusiva mexicana en el pacífico nororiental y está emplazada en la región de la dorsal del Océano Pacífico Oriental. La hidro-fisiografía de la isla se caracteriza por su red fluvial incipiente y cuencas hidrográficas extremadamente reducidas, aparentemente con un sólo cuerpo de agua superficial. Su constitución geológica es netamente volcánica en donde abundan los basaltos, traquitas y riolitas cubriendo aproximadamente el 90% de los afloramientos de la zona. Su importancia, desde el punto de vista de la investigación geológica actual, radica en que en México, es uno de los escasos lugares en donde se han encontrado xenolitos plutónicos en rocas volcánicas, los cuales revelan importantes datos acerca de la mineralogía y aspectos petrológicos del manto superior, además de otros conocimientos generales relacionados que sólo se hubiesen obtenido por métodos sísmicos indirectos. En términos generales, la información que se presenta en el presente trabajo, que integra la literatura disponible consultada con la obtenida en salidas de campo, coincide y es compatible con los modelos petrogénéticos expuestos previamente por diversos autores, sobre las características de las rocas volcánicas de la Isla.

## Abstract

The Socorro Island covers an extension of 167 square kilometers; it is located in the Mexican exclusive economic zone in the northwestern Pacific zone, and it lays on the dorsal region of western Pacific. The hydrophysiography of the island is characterized by a young hydrography and its extremely reduced hydrological basins, with an apparently unique surface water reservoir. The geologic constitution of the island is completely volcanic; the most common rocks are basalts, trachytes, and rhyolites, which cover 90% of the rocky surface. The importance of the Socorro Island from a geological viewpoint lays on the fact that is one of the few localities where plutonic xenoliths can be found in volcanic rocks; they reveal relevant data about the mineralogy and petrologic features of the upper layers, and other related general knowledge that only can become available through indirect seismic methods. In general, the data that is presented in this paper, integrating available literature with some observations that were gotten out of field trips to the island, is compatible with the modern available petrogenetic models that are discussed by several authors elsewhere, about the characteristics of the volcanic rocks in the Island.

## Características hidro-fisiográficas

### Rasgos topográficos

Isla Socorro es la más grande de las cuatro que forman el archipiélago de las Revillagigedo; tiene un diámetro máximo de 16 km en dirección NW-SE y una superficie aproximada de 167 km<sup>2</sup>. Constituye la parte superior de un volcán que se levanta casi 4000 m desde el fondo del océano. Su diámetro en la base es de 48 km y se caracteriza por sus lomeríos de altitud media, profundas cañadas y planicies. Su rasgo geológico predominante, y que al mismo tiempo es su cima más alta (1050 m; Ortega *et al.* y Sánchez, 1985), lo constituye el volcán Evermann, denominado así en honor de uno de sus primeros exploradores: el Dr. Evermann (Medina, 1978).

De acuerdo con la carta batimétrica denominada Islas Revillagigedo CB-006, editada por DETENAL (1983), Isla Socorro se localiza en la cresta del Este del Pacífico, al norte de la elevación de los matemáticos. La posición geográfica de la isla se define por las coordenadas 18° 41' 57" LN y 110° 56' 33" LW; su distancia a la costa jalisciense es de 648 km, mientras que al extremo más austral de la península de Baja California la distancia es de 480 km (Fig. 1) (Ortega, 1981). Las formas topográficas son alternantes a través de la isla; hacia el sur, predominan los lomeríos bajos y las mesetas, cuya altura disminuye gradualmente conforme se acercan a la línea costera; hacia el norte, el abanico de re-

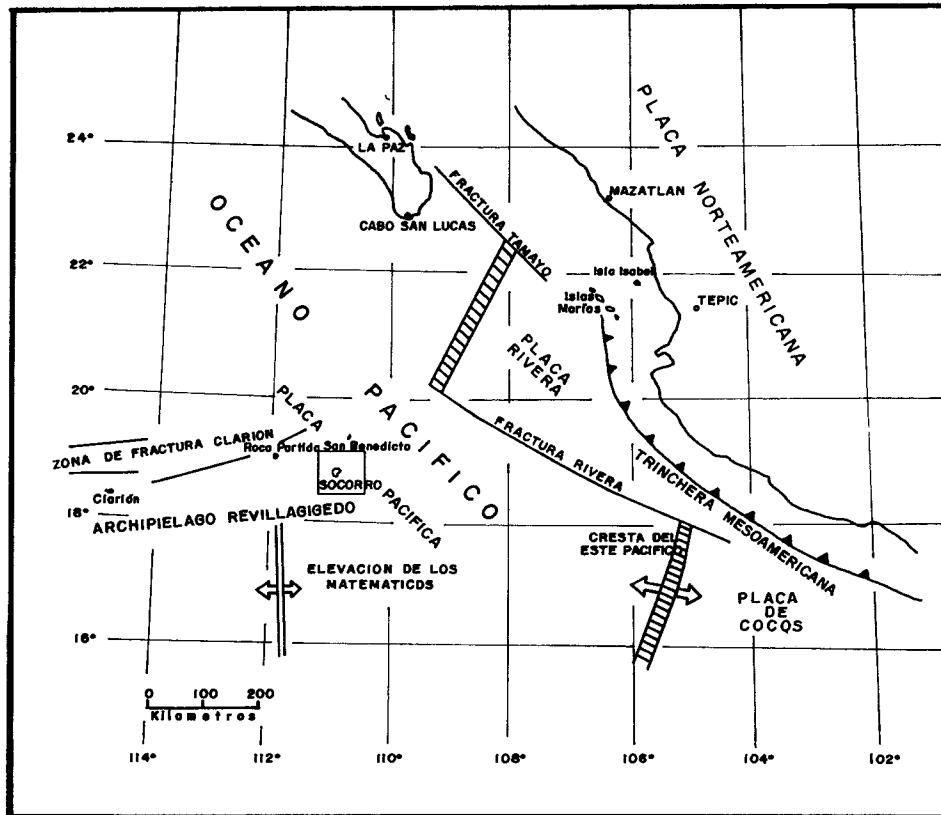


Figura 1. Localización geográfica y esquema tectónico de la Isla Socorro (adaptado de: Cserna, 1989).

ducidas formas protovolcánicas se caracteriza por sus lomeríos más altos y sus acantilados, en ocasiones abruptos. La erosión ha modificado la fisonomía volcánica principalmente en la parte central y más elevada, en los contornos del Evermann, y en la parte sur, donde la población de borrego ha desprovisto al suelo de la cobertura vegetal. Numerosos volcanes han perdido también su forma original y se han reducido a lomas redondeadas, frecuentemente semiesféricas, y otras veces alargadas. Los volcanes más recientes tienen sus cráteres más o menos bien conservados; en uno de ellos existe una laguneta, que representa el único recurso de agua superficial almacenada en la isla. Otros volcanes tienen sus cráteres casi intactos.

### Rasgos fisiográficos

La Isla Socorro es en realidad un gran volcán actualmente casi inactivo, el Evermann, cuya altura máxima es de 1050 m. Por su ubicación cercana a los 19° N, la Isla Socorro puede considerarse como tropical. En las faldas del mencionado volcán existen numerosos pequeños conos volcánicos adventicios que son más abundantes entre los 200 y los 400 m de altitud, principalmente en los lados sur y sureste. Los pequeños volcanes adventicios parecen haber tenido actividad más reciente que el volcán principal, el Evermann, y aunque algunos han sido alterados por la erosión y han tomado otras formas, redondeadas y de domo, otros conservan su cráter más o menos característico.

El Monte Evermann se levanta con formas redondeadas, visto desde el sureste, sobre una plataforma amplia y rugosa, rodeada de numerosos cerros con una altitud promedio de 900 m, que forman un conjunto central elevado que desciende con rapidez, principalmente hacia el Oeste, con dirección a la ensenada Grayson, localizada en el suroeste, siendo mucho menos pronunciadas las pendientes hacia el este.

En la dirección sur a norte, que corresponde al sentido longitudinal de la isla, el terreno asciende abruptamente desde la playa acantilada, por una pequeña explanada donde está asentado el Sector Naval, en la parte sureste, elevándose en el cerro La Herradura; de ahí, el terreno asciende moderadamente desde 200 a 400 m de altitud hasta unos 5 Km del litoral, donde se inicia la base de una terraza de flancos de pendiente fuerte, a los 500 m de altitud, con una plataforma de aproximadamente 0.75 Km de amplitud. La mencionada plataforma se encuentra accidentada por varios conos volcánicos adventicios o secundarios, y alcanza los 700 m de altitud al llegar al pie del monte Evermann, con 1050 m de elevación. Hacia el nor-noroeste del monte referido, el perfil del terreno exhibe también terrazas aún más dilatadas.

El volcán Evermann se encuentra rodeado en un radio de 3½ Km por 12 volcanes adventicios distribuidos principalmente en la porción sureste, encontrándose otros diez en un radio de 4½ Km. Sin aparente subordinación al Evermann, pero también adventicios, clasificados previamente como terciarios, se encuentran numerosos volcanes pequeños agrupados principalmente en el extremo sureste de la isla. Es notable la abundancia de aparatos volcánicos, pocos de ellos con sus cráteres bien conservados, e igualmente llama la atención la extensión e importancia de las terrazas o plataformas.

Numerosas corrientes de lava (basaltos en las partes bajas, retinitas en las partes altas) han sido derramadas del volcán principal y de los adventicios hacia el mar y cubren todavía en forma de pedregales grandes extensiones de la superficie de la isla. Los materiales piroclásticos arrojados por esos volcanes han sido abundantes en forma de arenas y cenizas; sus acumulaciones forman los cráteres adventicios y cubren parcialmente las antiguas corrientes de lava o las hondonadas que quedaron de éstas, originando en muchas partes suelos profundos, aunque generalmente inmaduros. La intemperización ha producido a través del tiempo la oxidación de los minerales de hierro, caracterizándose el

suelo por un color rojizo.

### **Hidrografía**

La red fluvial es incipiente y los cauces prácticamente carecen de afluentes; sus cuencas hidrográficas son extremadamente reducidas, como lo revelan sus índices específicos y de drenaje. El primero es de 0.06 y el segundo 0.03 para el arroyo mayor. En contraste, el índice erosivo coloca a los cauces en la categoría de torrenteras, muchos de ellos convirtiéndose peligrosamente en cárcavas. En general, el escurrimiento superficial es casi nulo y sólo el carácter violento de las precipitaciones que acompañan a los ciclones y tormentas tropicales ha podido labrar los cauces existentes en la isla.

No existen en la isla corrientes de agua superficial permanente. En todos los casos, los escurrimientos son temporales y ocurren en cauces poco caudalosos que no han alcanzado su perfil de equilibrio, por lo que los depósitos aluviales son mínimos. Los depósitos coluviales son más frecuentes, especialmente donde las corrientes de lava han cerrado el paso a las aguas de escurrimiento pluvial. Los suelos formados así, profundos y más favorables para el desarrollo de la vegetación, se encuentran principalmente hacia la parte alta de la isla, entre los 400 y los 800 m de altitud.

## **Características Geológicas**

### **Geología descriptiva**

Las características geológicas han sido descritas inicialmente por Blásquez, citado por Adem (1960), quién encontró rocas del tipo traquitas, tobas traquíticas y basaltos, además de arenas y cenizas basálticas, entre otras. Posteriormente Bryan (1964, 1966 y 1967), profundiza acerca de la petrología y los mecanismos de erupción de esta región. Desde un punto de vista global, la geología aparentemente es sencilla. En concordancia con Bryan (1976), citado en Carballido (1991), la mitad septentrional de la isla, está integrada por derrames de piroclásticos y de lava, las que estratigráficamente son las más jóvenes que afloran en el área. Por otro lado, en la zona meridional que en la Figura 2 corresponde a la unidad Lomas Coloradas, la constitución geológica es de derrames y abundantes conos cineríticos (de ceniza) de una composición basáltica; conos y derrames más antiguos que el material del volcán Evermann.

Las rocas del volcán Evermann son casi exclusivamente traquitas de cuarzo y rocas de la serie alcalina, tales como: comenditas y panteleritas (Ortega-Gutiérrez y Sánchez-Rubio, 1985), mientras que las rocas de Lomas Coloradas son traquibasaltos y traquitas con algunos domos recientes. Los mismos autores analizan macroscópicamente los afloramientos del área y proponen una transición completa entre xenolitos plutónicos y fenocristales suspendidos en el

basalto portador. La transición no significa necesariamente una contaminación por fusión parcial de algunas rocas preexistentes, en virtud de que también es posible explicarla a partir de la desintegración de un magma semicristalizado, al irrumpir otro que provenga del interior y a una temperatura más elevada. La mezcla de estos magmas, uno de composición toleítica (representado por los xenolitos) y otro alcalino (basalto portador), podría en gran parte explicar el carácter transicional que tienen las rocas basálticas de la isla Socorro (Bryan, 1966).

Las rocas piroclásticas son aquellas que en forma de fragmento son arrojadas por una explosión volcánica y depositadas inmediatamente. Incluye bombas, bloques, escoria, cenizas, tobas y pumicita.

Los materiales piroclásticos de Isla Socorro presentan rasgos característicos de su composición peralcalina (la proporción molecular de alúmina es menor que el sodio y el potasio juntos).

La base de sus secuencias depositacionales está constituida por tobas y aglomerados líticos, que marcan claramente el inicio de cada fase explosiva.

Carballido-Sánchez (1991) cartografió la porción centro-septentrional de la isla, la cual comprende al volcán Evermann, y algunos flujos piroclásticos de hasta 100 m de espesor, los cuales se presentan cubriendo extensas áreas en la zona. Según el mismo autor, en Cabo Henslow (Fig. 2), estos depósitos forman zonas vítreas y muy vesiculares, cuyos espesores se han estimado de hasta 2 metros. Tales vitrófidos definen capas continuas que en ocasiones parecen ocupar el contacto entre dos unidades de flujo. En Cabo Pearce se encontró hasta dos unidades de flujo, a pesar de que sus límites son transicionales y no desarrollan zonas de vitrófidos.

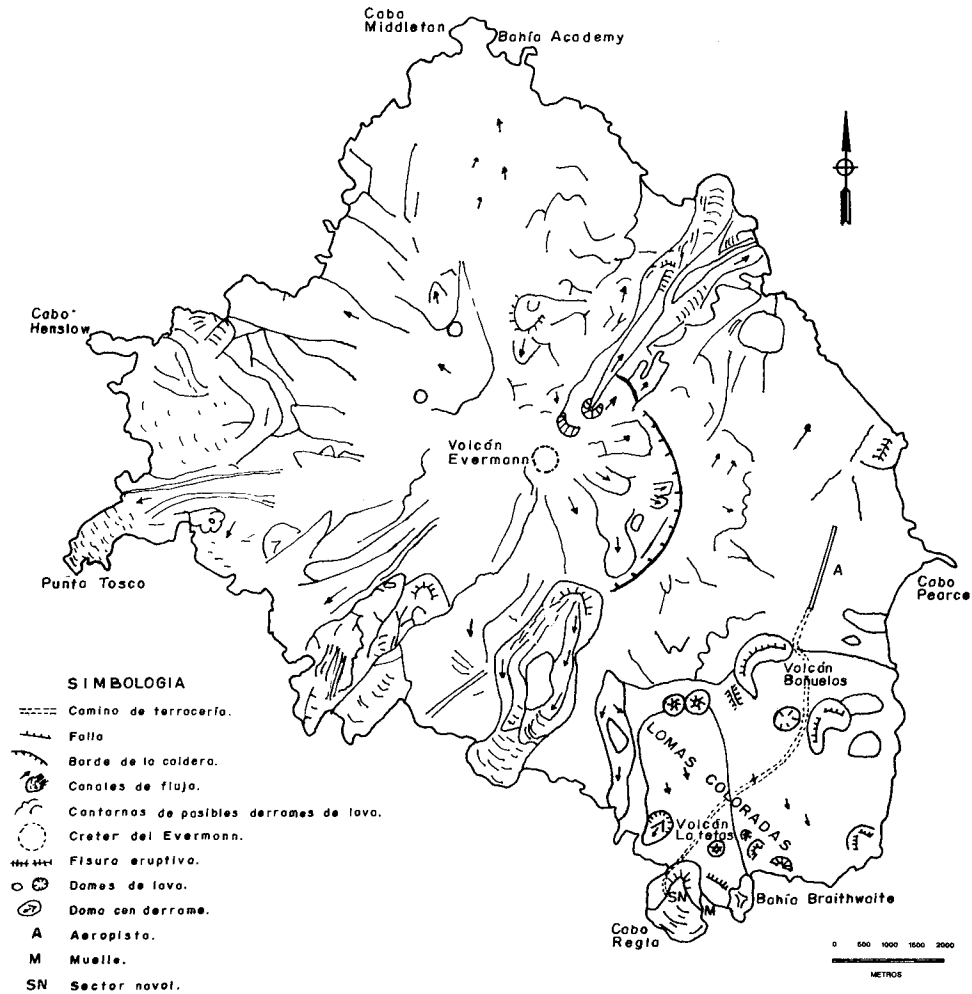
## **Petrología**

Los levantamientos geológicos y muestreos que se han llevado a cabo en la Isla Socorro han sido muy escasos. La información disponible indica que las rocas dominantes en la Isla Socorro están representadas por las traquitas, tobas traquíticas, hialotraquitas, hialolalitas, basaltos, arenas y cenizas basálticas; sus características petrográficas y propiedades se describen en forma resumida a continuación (Blásquez, 1960).

Características petrográficas de las rocas dominantes:

Basalto de olivino.- microtextura porfídica y parcialmente fluidal; posee cierto contenido del mineral augita como uno de sus constituyentes. Distribución en la isla: porción sureste.

Traquita.- microtextura porfídica y hialopilítica; entre sus constituyentes principales se encuentran algunos cristales de hornblenda reabsorbida; presenta también textura vesicular. Distribución en la isla: porción sureste.



**Figura 2.** Mapa morfológico de la Isla Socorro (adaptado de Ortega-Gutiérrez y Sánchez Rubio, 1985).



Traquita alterada.- microtextura esferulítica y parcialmente porfídica; entre sus constituyentes secundarios se encuentra el mineral augita. Distribución en la isla: porción sureste, y en menor magnitud en la porción sur.

Toba traquítica.- microtextura hialopílfica; entre sus constituyentes esenciales se encuentran pequeños cristales verdes de augita.

Hialotraquita.- microtextura fluidal típica, con gran cantidad de feldespatos y de augita. Presenta una textura parcialmente vesicular.

Vidrio traquítico.- estructura parcialmente devitrificada, con microtextura parcialmente porfídica y parcialmente fluidal, con algunos fenocristales de feldespato.

Hialolalita.- microtextura parcialmente fluidal y textura vesicular; entre sus constituyentes principales se encuentra la augita.

Aglomerado volcánico fino.- microtextura parcialmente brechoide y parcialmente granular agregada; entre sus constituyentes secundarios se encuentra la calcita.

### **Materiales lávicos**

Este tipo de material es el que predomina en la isla. Se denominan lavas a los fundidos, aún ricos en volátiles, que fluyen por los conductos eruptivos y se derraman sobre la superficie, formando corrientes ó coladas (Fig. 2 ). El flujo de las lavas depende de su composición, temperatura, viscosidad y volumen, así como de la topografía del terreno, la cuál condiciona la dirección de la colada, si bién este condicionante es relativo, ya que la lava, si no es muy fluída, excava su propio cauce. Las lavas poco viscosas avanzan con gran rapidez, pudiendo llegar a tener una velocidad de salida superior a los 100 km/hora (Araña-Saavedra y López-Ruiz, 1974), la cuál decrece rápidamente al iniciarse el enfriamiento, si bién lo que influye en el desplazamiento de la colada, es la pendiente del terreno y el empuje de los materiales que continúan saliendo de los conductos eruptivos.

En isla Socorro, los grandes campos de lava son fundamentalmente del tipo "aa" y en poca proporción se encuentra la estructura de tipo "pahoehoe". El término "aa" se originó en Hawaii y tiene un significado opuesto a "pahoehoe". El primero se refiere a las coladas de superficie áspera y rota, muy difícil de caminar sobre ella, también se le conoce en México con el nombre de malpafs. Estas lavas han experimentado un régimen más turbulento, rompiendo constantemente la costra enfriada y englobando sus fragmentos. Cuando los fragmentos que transporta ya sólidos son numerosos y de gran tamaño se denominan lavas en bloques, las cuales presentan un aspecto caótico.

En cambio las coladas muy fluídas, que al enfriarse presentan una costra lisa, se denominan "pahoehoe", palabra hawaiana, que se refiere al aspecto y carácter de la superficie sobre la que se puede caminar sin dificultad (Macdonald, 1953).

En las lavas, de corteza continua vítrea y porosa, es común la formación de curiosas rugosidades superficiales, debido a que la costra, aún plástica, es arrastrada ó removida por la masa líquida que continúa fluyendo bajo la superficie, pudiendo ser lavas cordadas o de otro tipo.

### **Geología estructural.**

En la base se encuentra una toba traquítica (considerándose ésta posiblemente como la roca más antigua) debajo de una brecha basal de una corriente de traquita. Tales rocas muestran una coloración azulada muy oscura, casi negra, con oxidaciones intensas de sus minerales ferromagnesianos que le proporcionan tintes rojizos y cafés. La disposición de las corrientes, concordes con sus fragmentarios de sustentación, muestra que no fué únicamente el volcán Everman el emisor de rocas traqui-latíticas, sino que también existieron otros focos volcánicos de tanta o mayor antigüedad que el mismo Everman, aunque ninguno de ellos alcanzó tanta altura y completó un ciclo eruptivo semejante.

Las rocas traquíticas quedaron cubiertas en su mayor parte por las rocas de tipo basáltico provenientes del Everman y sus adventicios secundarios y terciarios, pero formaron primero una gran plataforma submarina, integrante de la llamada meseta "Albatros" y después formaron también una serie de corrientes, dispuestas en terrazas escalonadas.

Las estructuras correspondientes a estas rocas, constan de alternancias de corrientes con depósitos cineríticos con espesores individuales de 6 a 20 m, dispuestas con inclinaciones radiales a partir de varios centros, siendo el principal el Evermann. Esta disposición estructural quedó sepultada y sobre sus elementos se encuentran con visible discordancia las rocas basálticas, agrupadas también a partir de varios focos volcánicos mucho más numerosos, siendo el Evermann el principal, al grado de formar los secundarios un todo casi homogéneo con esa elevación.

### **Evolución geológica del volcán Evermann**

Con respecto a la evolución geológica del principal aparato volcánico que se localiza en la isla, Bryan (1966, 1976) propone que su evolución se presentó en tres grandes etapas, respecto a su actividad de erupción. La primera se inició con la formación del cono volcánico a partir de erupciones no violentas de derrames con composición basáltica. La segunda comprende erupciones voluminosas de material piroclástico de composición peralcalina asociada a la formación de una estructura de tipo caldera; estos depósitos cubren aproximadamente el 60 % de la superficie centro-meridional de la Isla Socorro. La última etapa eruptiva comprende la formación de conos cineríticos y derrames de composición traquítica-basáltica, localizados principalmente en la zona de Lomas Coloradas (Bryan, 1966).

## Conclusiones

Hasta donde se sabe, el presente trabajo es el primer documento que integra la información disponible en relación con la geología de la Isla Socorro, dispersa en diferentes fuentes bibliográficas. Su constitución geológica es netamente volcánica en donde abundan los basaltos, traquitas y riolitas cubriendo aproximadamente el 90% de los afloramientos de la zona. Su importancia, desde el punto de vista de la investigación geológica actual, radica en que en México, es uno de los escasos lugares en donde se han encontrado xenolitos plutónicos en rocas volcánicas, los cuales revelan importantes datos acerca de la mineralogía y aspectos petrológicos del manto superior, además de otros conocimientos generales relacionados que sólo se hubiesen obtenido por métodos sísmicos indirectos. En términos generales, la información que se presenta en este trabajo coincide y es compatible con los modelos petrogénéticos expuestos previamente por diversos autores. Por otro lado, su naturaleza volcánica es similar a la de islas adyacentes, como la isla de Sn Benedicto, en su cercanía inmediata, y también similar a otras islas volcánicas más alejadas, como las islas del archipiélago hawaiano.

## Literatura Citada

- Adem, J., Cobo, E., Blásquez, L., Miranda, F., Villalobos, A., Herrera, T., Villa, B. y L. Vázquez. 1960. La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFISICA, UNAM. 234 pp.
- Blásquez, L. 1960. Hidrogeología. En: Adem, J., Cobo, E., Blásquez, L., Miranda, F., Villalobos, A., Herrera, T., Villa, B. y L. Vázquez. 1960. La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. MONOGRAFÍAS DEL INST. DE GEOFISICA, UNAM. 234 pp.
- Araña-Saavedra, V. y J. López-Ruiz. 1974. VOLCANISMO, DINAMICA Y PETROLOGIA DE SUS PRODUCTOS. Colegio Universitario, Ediciones Istmo. 481 p.
- Bryan, W.B. 1964. Relative abundance of intermediate members of the oceanic basalt-trachyte association; evidence from Clarion and Socorro Islands, Revillagigedo Islands, México. JOUR. GEOPHYS. RES. 69:3047-3049.
- Bryan, W.B. 1966. History and mechanism of eruption of soda-rhyolite and alkali basalt, Socorro Island, México. BULL. VOLCANOL. 29:453-480.
- Bryan, W.B. 1967. Geology and petrology of Clarion Island, México. GEOL. SOC. AMERICA BULL. 78:1461-1476
- Carballido-Sánchez, E.A. Estratigrafía de la porción centro-meridional del volcán Evermann, Isla Socorro, México. P.20-22. IN: CONVENCION SOBRE LA EVOLUCION GEOLOGICA DE MEXICO. PRIMER CONGRESO MEXICANO DE MINERALOGIA. MEMORIA, RAÚL RUBINOVICH K. Y ANA LUISA CARREÑO. (EDS.), Instituto de Geología, UNAM.
- de Cserna, Z. 1989. An outline of the geology of México. IN: THE GEOLOGY OF NORTH AMERICA, VOL. A, THE GEOLOGY OF NORTH AMERICA-AN OVERVIEW. The Geological Society of America, p. 233-263.
- DEGETENAL. 1983. Hoja Islas Revillagigedo, Carta Batimétrica, escala 1:1' 000 000. SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA DEL TERRITORIO NACIONAL, México, D.F.
- Latorre, C. y L. Penilla. 1988. Influecia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur. ATMOSFERA 1(2): 99-112.

- Lugo-Hubb, J. 1985. Morfoestructuras del fondo oceánico Mexicano: Universidad Nacional Autónoma de México, BOLETIN DEL INSTITUTO DE GEOGRAFIA 15:9-17.
- Lugo-Hubb, J. 1986. LAS ESTRUCTURAS MAYORES DEL RELIEVE TERRESTRE. Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Publicaciones, UNAM, 133 p.
- Lugo-Hubb, J. 1990. El Relieve de la República Mexicana. UNIV. NAL AUTON. DE MEXICO, INSTITUTO DE GEOLOGIA. Revista, 9(1): 82-111.
- Macdonald, G. 1953. Pahoehoe, aa, and block lava. AMER. J. SCI., 251:169-191.
- Medina, G.M. 1954. MEMORIA DE LA EXPEDICION CIENTIFICA A LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. Universidad de Guadalajara. 333 p.
- Ortega-Gutiérrez, F. 1981. Xenolitos litosféricos en volcanitas cenozoicas de México: Resultados preliminares (Resumen). Manzanillo, Colima, UNION GEOFISICA MEXICANA, Mem., pp. A6-A7.
- Ortega, F. y G. Sánchez. 1985. Xenolitos Plutónicos de Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo. U.N.A.M. INSTITUTO DE GEOLOGIA. 6(1):37-47
- SARH. 1981. TRAYECTORIAS CICLÓNICAS 1960-1980. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. México, D.F. 341 pp.
- SARH. 1987. TRAYECTORIAS CICLONICAS 1981-1985. Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial. México, D.F. 233 pp. 1987.



## CAPITULO 4

# CLIMATOLOGIA

*Rocío Coria Benet*

### Resumen

Actualmente no existe ningún estudio climatológico para Isla Socorro, sin embargo, es posible caracterizar parte de la isla debido a que existen registros climáticos obtenidos por personal de la Armada de México que se encuentra destacado en la parte sur de la isla. Utilizando estos datos y de acuerdo con la clasificación climática de Koeppen modificada por García (1981), esta parte de la isla, que es la más seca, presenta un tipo climático  $BS_0(h)w(i)$ , esto es, árido, cálido, con régimen de lluvias de verano, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10%, y poca oscilación térmica anual.

La temperatura media anual es de  $24.6^{\circ}C$  y la precipitación total anual es de 404.7 mm, en el sitio en donde se encuentra ubicada la estación climatológica. La precipitación se concentra en la temporada de verano y se ve incrementada debido a la influencia de ciclones que pasan por esa área geográfica.

Desafortunadamente, no existen más estaciones climatológicas, lo que no nos permite extrapolar los datos obtenidos para otras zonas de la isla, ya que no se presentan las mismas condiciones climáticas en toda la isla. Así, existe un gradiente altitudinal hasta la cima del Monte Evermann (1,050 m) en donde son comunes baja temperatura, alta precipitación y neblinas.

### Abstratc

At present, there is not any climatological study on Socorro island; nevertheless it is possible to characterize part of the island, in this sense, because there exists climatic records taped by personal of the Mexican Navy, since more of ten years ago in the south part of the island. Using this data, and according with the Koeppen clasification modified by Garcia (1981) such part of the island, the most

dry of the same, shows a climate BS<sub>0</sub> (h) w (l), which means: arid, hot, with rain pattern mainly in the summer; in the winter the rain percentage is located between 5 and 10% of the total annual; temperature patterns exhibit low oscillation throughout the year.

Mean annual temperature is 24.6<sup>0</sup>C and total annual precipitation is 404.7 mm in the site of the climatological station.

Most of the rain is concentrated during summer due to the incidence of cyclonic perturbations in this geographical area.

Unfortunately, there are not more climatic stations in the island, which impede the extrapolation of our results for other island zones. Most of the island does not show the same climatic conditions to the zone where the only station is installed. There is a gradient of altitude to the summit of the Evermann Volcano (1,050 m) where low temperature, high precipitation and abundant foggy days are more common than in the south part of the island.

## Introducción

Respecto al clima que se presenta en la Isla Socorro, no existe ningún reporte previo. En la bibliografía consultada únicamente se hacen apreciaciones de acuerdo a la vegetación que se presenta en diferentes altitudes (Miranda, 1960). Este autor menciona que en la parte baja de la isla se presenta una temperatura entre los 18 y 20<sup>0</sup>C y precipitación de 600 mm, a diferencia de la parte alta en donde la temperatura sería de 17<sup>0</sup>C y la precipitación de 1,200 mm.

Miranda (1960) reporta también la influencia de la alta incidencia de ciclones que producen lluvias abundantes y descensos en la temperatura provocando una alta humedad en la atmósfera acompañada de nubosidad, neblina y abundante producción de rocío.

Debido a la importancia que las características climáticas tienen, ya que determinan, junto con otros factores como suelo, pendiente, etc., el establecimiento de diferentes especies tanto animales como vegetales y éstas a su vez la formación de comunidades, se procedió a elaborar este trabajo, como un aporte al conocimiento de factores físicos que influyen directamente en la comunidad biótica que se presenta en Isla Socorro.

## Metodología

Después de una vasta revisión bibliográfica y de consultas con el personal encargado, se ubicó la única estación climatológica que está instalada en la isla y que puede proporcionar datos meteorológicos para definir el clima con una

mayor precisión. Dicha estación está instalada en la parte sur de la isla, situada en las siguientes coordenadas:  $18^{\circ} 43' N$  y  $110^{\circ} 57' W$ , en una altitud de 38 m y está a cargo del personal de la Armada de México que está destacado en la isla. Se recopilieron todos los datos (que comprenden un período de 23 años, desde 1969 a 1991) de los diferentes parámetros meteorológicos registrados en la estación climatológica de la isla como son: temperatura media, temperaturas máxima y mínima medias, precipitación media mensual, precipitación máxima extrema, precipitación total anual, humedad media relativa, y otros referentes a número de días nublados, medio nublados, despejados, con granizo y con heladas.

Para procesar los datos se procedió a obtener el valor promedio mensual y anual para cada uno de los diferentes parámetros climatológicos, y tomando en cuenta los valores obtenidos para temperatura media y precipitación, se hizo la clasificación climática de Koeppen, modificada por García (1981).

## Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, la parte sur de Isla Socorro presenta un clima  $BS_0 (h) w (i)$  que es árido, cálido, con lluvias de verano, con un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 y poca oscilación térmica.

La temperatura media anual que se registra en la parte sur y de baja altitud de la isla es de  $24.6^{\circ}C$ , la temperatura máxima media extrema es de  $31.2^{\circ}C$  y la mínima media extrema de  $19.1^{\circ}C$  presentándose la máxima absoluta en el mes de julio ( $36.1^{\circ}C$ ) y la mínima absoluta en febrero ( $5.0^{\circ}C$ ).

En el cuadro 1 se presentan los datos de temperatura media, máxima y mínima media mensual, en donde se aprecia que durante el verano se presentan la temperatura media mensual y máxima más altas. La temperatura mínima media mensual presenta su valor más bajo en el mes de marzo (Fig. 1).

Para poder tener una aproximación de la temperatura que se presenta en las partes altas de la isla, específicamente en el Monte Everman, que es la cumbre más elevada (1,050 m), se empleó la fórmula de García (1983) para calcular el gradiente térmico:

$$\text{Temperatura}_{\text{lugar alto}} - \text{Temperatura}_{\text{lugar bajo}} = \text{Diferencia en altitud} \times \frac{\text{Gradiente}}{100}$$

De acuerdo con la fórmula la temperatura en la cima del Monte Everman sería de  $18^{\circ}C$ , contemplando la variación que sufre este parámetro a lo largo del gradiente altitudinal.

La precipitación total anual es de 404.7 mm, registrada en la estación climatológica. Este parámetro sufre variaciones debido a la variada topografía



del sitio.

En el cuadro 2 se presentan los datos de precipitación media mensual para la parte sur de la isla, en donde puede observarse que el mes más lluvioso es septiembre y el mes más seco abril (Fig. 2). La distribución de la humedad relativa media a lo largo del año se presenta en el cuadro 3, en donde es posible apreciar que los valores son altos.

La alta humedad relativa se aprecia a partir de los 700 m, en donde se presentan elementos arbóreos que gracias a la constante presencia de neblina que logra ser condensada por la misma vegetación, presentan el ramaje cubierto densamente por líquenes. En el cuadro 4 se muestran los datos registrados en la estación Isla Socorro para fenómenos especiales a lo largo del año.

Para los fenómenos meteorológicos conocidos como ciclones, no existen reportes específicos de la estación climatológica de Isla Socorro, pero se consultaron varias fuentes bibliográficas y se conoce que las Islas Revillagigedo se encuentran en la trayectoria que siguen muchos de los huracanes o ciclones que se presentan en la costa oeste del Pacífico Mexicano (Serra, 1971). Según este autor, se calcula que la probabilidad anual de que un ciclón se acerque a más o menos 200 km de la costa es de 0.95, aunque este valor se toma para el continente. Revisando los registros climatológicos de la estación que corresponden al parámetro precipitación máxima extrema (Cuadro 5) se observa que durante los meses de julio a octubre hay un incremento sustancial en la cantidad de precipitación que se recibe en la isla, misma que se atribuye a la influencia del paso cercano de ciclones.

## Discusión

En este momento se puede hacer sólo la descripción climática de la parte sur de la isla, la más accesible, en donde está instalada la estación climatológica. Aún así, es posible apreciar que la cantidad de lluvia que se presenta durante el año está afectando directamente al suelo, aumentando el grado de erosión ya presente en la isla debido también al sobrepastoreo que ejerce el borrego feral y la acción de los vientos.

Sería arriesgado suponer que existen las mismas condiciones climáticas entre el continente e Isla Socorro, dada la variada topografía de ésta y su condición de isla oceánica, sin embargo, se observa que en diferentes altitudes se presentan diferentes comunidades vegetales, que son el reflejo de variadas condiciones, entre ellas, las climáticas. Así, en las partes bajas se aprecian bosques de "Amate o higuierilla", *Ficus cotinifolia*; hacia los 500 m hay bosques de *Psidium aff. sartorianum* y *Ficus cotinifolia*; por arriba de los 700 m desaparecen estas especies y hay elementos que se reportan para bosques mesófilos de montaña en la parte continental y que se presentan también en la porción norte de la isla.

Entre los 700 y 900 m de altitud existe una constante capa de neblina y el ramaje de muchos árboles se cubre de líquenes y en el sotobosque hay algunos helechos; hacia la parte más elevada de la cima del Monte Evermann (sobre los 850 m) se presenta una pradera, sin elementos arbóreos, característica que es indicadora de fuertes vientos y bajas temperaturas.

Para poder hacer un estudio climático completo de la isla, sería necesario establecer una red de estaciones climatológicas con equipo suficiente para registrar diferentes parámetros en los cuatro costados de la isla y que además cubrieran el gradiente altitudinal dado por las condiciones topográficas que se presentan en la misma, dado que esto modifica considerablemente a los elementos del clima.

**Cuadro 1.** Datos de temperatura media, máxima y mínima media mensuales.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Med.	22.6	22.5	22.0	23.2	23.5	24.6	27.0	27.0	27.0	27.1	25.5	24.0
Máx.	28.8	30.2	29.4	32.5	31.0	31.5	32.7	32.7	32.1	33.0	31.4	29.1
Mín.	17.1	16.2	15.7	16.0	18.3	18.6	21.3	22.4	21.8	21.8	20.2	20.5

**Cuadro 2.** Datos de precipitación media mensual.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	10.9	12.0	1.6	0.0	1.6	6.6	69.9	81.3	95.6	46.5	42.9	35.8

**Cuadro 3.** Datos mensuales de humedad relativa media.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
77	73	74	74	77	78	80	80	80	79	75	76

**Cuadro 4.** Número de días con fenómenos especiales.

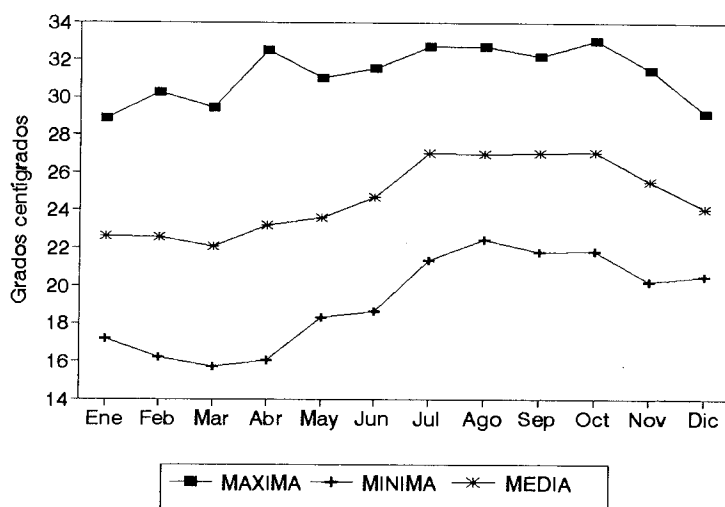
Número de días despejados	102.77
Número de días medio nublados	183.57
Número de días nublados	78.65
Número de días con granizo	0.0
Número de días con heladas	0.0

**Cuadro 5.** Datos mensuales de precipitación máxima.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
173.0	83.0	30.0	0.0	15.0	72.0	329.0	158.4	197.0	196.0	54.0	166.0

## Temperatura

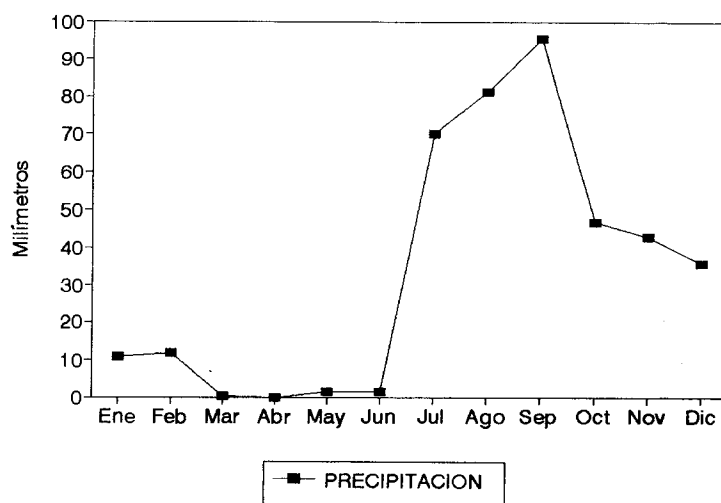
Distribución Mensual



**Figura 1.** Distribución mensual de la temperatura media, máxima y mínima obtenida de los registros de la estación climatológica de Isla Socorro.

## Precipitación

Distribución Mensual



**Figura 2.** Distribución mensual de la precipitación que se registra en Isla Socorro.

### Literatura Citada

- García, E. 1981.** MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACION CLIMATICA DE KOEPPEN (PARA ADAPTARLO A LAS CONDICIONES DE LA REPUBLICA MEXICANA). 2da Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. 252 p.
- García, E. 1983.** APUNTES DE CLIMATOLOGÍA (SEGÚN EL PROGRAMA VIGENTE EN LAS CARRERAS DE BIÓLOGOS UNAM; DE LA ENEP DE CUAUTILÁN, UNAM Y DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA). México, D.F. 153 p.
- Miranda, F. 1960.** Vegetación. IN: LA ISLA SOCORRO. Monografías Inst. Geofísica, UNAM. 2: 127-152.
- Serra, S. 1971.** Hurricanes and Tropical storms of the west coast of Mexico. MONTHLY WEATHER REVIEW 99(4):302-308.

## CAPITULO 5

# ESTADO ACTUAL DEL SUELO Y PROPUESTAS PARA SU CONSERVACION

*Yolanda Maya Delgado, Federico Salinas-Zavala  
y Enrique Troyo-Diéguez*

### Resumen

En el presente capítulo se analizan los suelos que se encuentran en la Isla Socorro, se hace una evaluación de su estado de erosión y se sugiere el uso de estructuras para mitigar los procesos erosivos. Dada la naturaleza volcánica de la isla, sus suelos presentan características asociadas a materiales ígneos, pudiendo apreciarse tres grandes áreas de distribución: la zona norte, con suelos jóvenes que se están formando a partir de las coladas de lava, producto de erupciones recientes del volcán Evermann; la central, que incluye la región del volcán y sus alrededores, en la que dominan suelos derivados de ceniza volcánica; y la zona sur, con suelos arcillosos y profundos, derivados del basalto producido en las erupciones más antiguas del volcán. Considerando como referencia la clasificación FAO/UNESCO modificada por CETENAL, se encontraron los siguientes grupos de suelos, de acuerdo con su orden de importancia por el área que cubren: Litosoles, Andosoles, Luvisoles, Regosoles y Feozem. La erosión de los suelos se manifiesta principalmente por la formación de cárcavas de mediana profundidad, pero de longitudes que llegan a rebasar los 800 m. Se estimaron pérdidas de suelo en las partes más erosionadas hasta de 40 toneladas anuales por hectárea, y para las partes con pendientes más pronunciadas, se estimó una pérdida potencial de suelo hasta de  $60 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Se concluye que, siendo el suelo el recurso natural más afectado de la isla, deben tomarse medidas urgentes para evitar la pérdida irreparable de este recurso.

## Abstract

In this chapter, the soils of the Socorro Island are analyzed; the magnitude of erosion is evaluated and some structures are suggested in order to prevent it. Due to the volcanic origin of the island, the soils have typical characteristics derived of this geo-process. According to their age, three main areas of soil distribution can be noticed: the northern part, with young soils which are being formed from lava and scoria produced during recent eruptions of the Evermann Volcano; the central, which includes the volcano and near regions, with a dominance of soils derived from volcanic ashes, and the southern part, with argillaceous and deep soils, derived from basalt produced in some of the oldest eruptions of the volcano. According to the FAO/UNESCO modified by CETENAL classification, the following groups of soils were identified, according to their importance derived from the area they cover: Lithosols, Andosols, Luvisols, Rhagosols and Phaeozem. The erosion can be noticed mainly through median deep rills, but some rills are longer than 800 m. In the most eroded areas it was estimated that soil losses reach  $40 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ , while in the most pronounced slopes the potential losses were estimated in  $60 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ . It is concluded that, as soil is the natural resource most affected in the Island, urgent measurements should be carried out in order to avoid further irreversible damage.

## Introducción

A pesar de tener un área relativamente pequeña, la Isla Socorro presenta paisajes muy contrastantes de norte a sur. Por una parte, la región septentrional hasta la cima del volcán Evermann, es prácticamente inaccesible debido a su fisiografía y a lo intrincado de su vegetación, en tanto que la región meridional muestra desoladores paisajes rojizos en los que la erosión ha formado enormes cárcavas o ha dejado totalmente al descubierto el suelo, en el que pocas o ninguna planta prospera. Debido a la ubicación tropical de la isla y a su origen volcánico, el desarrollo de los suelos ha dado lugar a interesantes contrastes tanto en color y profundidad como en textura y fragilidad, es decir, en la susceptibilidad que tienen a ser erosionados.

Desde finales del siglo pasado, la Isla Socorro ha sufrido importantes cambios debido a la introducción de especies exóticas y a fenómenos tales como la ocurrencia de lluvias y perturbaciones ciclónicas de origen tropical. Desde el punto de vista edafológico, la más importante introducción de especies exóticas ha sido la del borrego doméstico *Ovis aries*, por el efecto que su presencia ha tenido sobre el recurso suelo. Su expansión, sobre todo hacia la parte sur de la isla, aunada a su crecimiento poblacional, han originado la perturbación en alto

grado e incluso la eliminación total de la vegetación nativa en aproximadamente 2,000 hectáreas, como consecuencia del sobrepastoreo (Castellanos *et al.*, 1991); por esta causa, la superficie desprovista de vegetación presenta diferentes grados de erosión, situación que se vé agravada por la ocurrencia de perturbaciones ciclónicas. En este sentido cabe señalar que, debido a su ubicación geográfica, la isla se encuentra en la trayectoria de las tormentas tropicales y huracanes que se originan en el Pacífico nororiental (Reyes y Mejía-Trejo, 1991). Anualmente se presentan en promedio tres de los mencionados fenómenos meteorológicos, acompañados de las consecuentes precipitaciones torrenciales (Latorre y Penilla, 1988), aunque este número varía año con año (SARH, 1981, 1987).

La forma de erosión más importante que se presenta en Isla Socorro es, sin duda, la erosión en cárcavas u hondonadas. En su formación han intervenido factores tales como las abundantes lluvias, la textura del suelo, que en la región más erosionada tiene un elevado porcentaje de arcilla, y el sobrepastoreo al que la vegetación ha estado sometida en los últimos años. Así, la mayor parte del suelo erosionado de las áreas en donde la vegetación es escasa o nula, se moviliza en forma total e inmediata a través de grandes escurrimientos, que se concentran en las depresiones naturales del terreno o en las sendas que marcan los borregos al desplazarse de una zona de pastoreo a otra, las cuales pronto se convierten en cárcavas u hondonadas en formación (Schwab *et al.*, 1990; Suárez, 1982). Otros procesos asociados a las actividades de los borregos que han contribuido al deterioro del suelo en las áreas de descanso o echaderos son la compactación, la eliminación de la capa de hojarasca o mantillo y la destrucción de las plántulas que podrían dar lugar al restablecimiento de la vegetación (Riney, 1982).

La erosión es un proceso que generalmente es difícil de controlar; la erosión masiva produce efectos masivos, y en tanto más avanzada se encuentre, más costoso resultará controlarla. En este trabajo se calculan los escurrimientos máximos en las cárcavas de la isla y se proporcionan recomendaciones para la construcción de estructuras de control de avenidas de agua que permitan disminuir la erosión del suelo en isla Socorro e implementar medidas para su recuperación.

## **Materiales y Métodos**

Para la clasificación de las diferentes unidades de suelo que se encuentran en la Isla Socorro, se efectuó una primera interpretación sobre fotografías aéreas obtenidas por DETENAL en 1979, a escala 1:70,000, que cubren la isla. Posteriormente, se llevaron a cabo recorridos por las diversas partes de la isla. En sitios representativos de las diversas unidades de suelo identificados por la

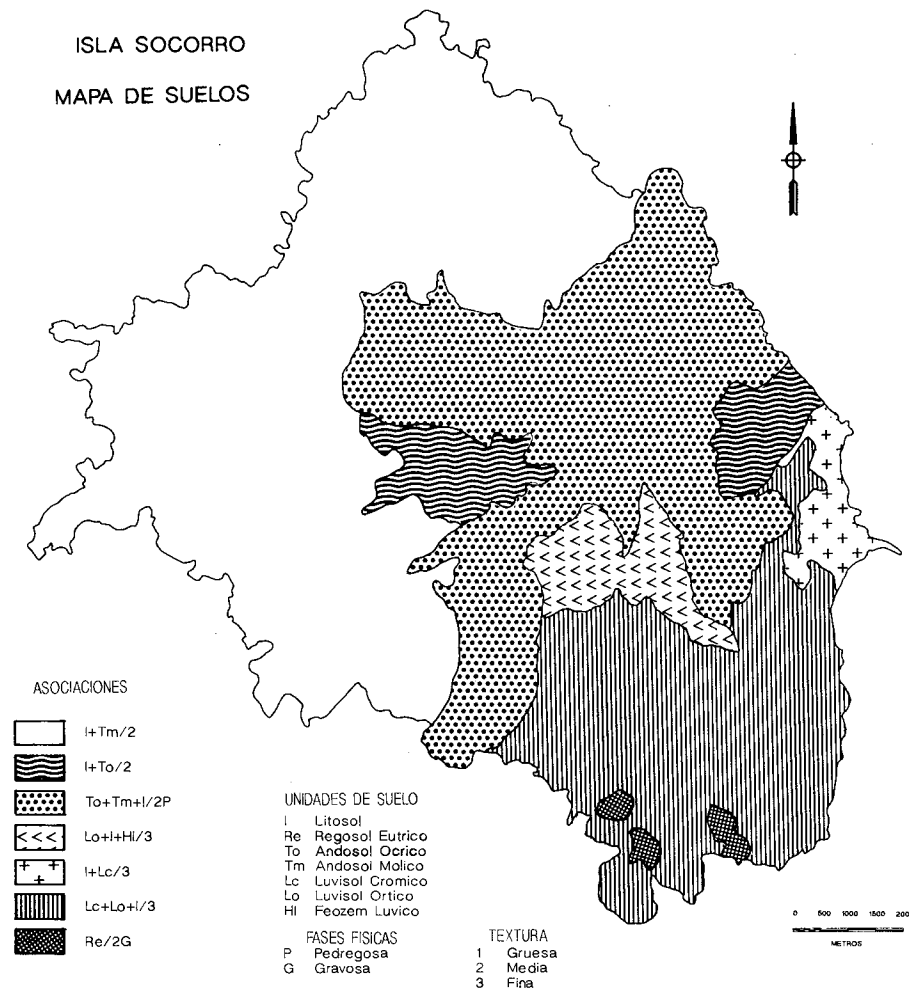


fotointerpretación y los recorridos, se procedió a desarrollar descripciones de perfiles en pozos a cielo abierto, de acuerdo con la metodología propuesta por Cuanalo (1981). En cada perfil se realizó la toma de muestras correspondiente para su posterior análisis en el laboratorio, de acuerdo con las siguientes técnicas: materia orgánica por el método de Walkley-Black, textura por el densímetro de Bouyocous, color por comparación con las tablas Munsell, pH por lectura directa del potenciómetro, Calcio y Magnesio por el método del EDTA, Azufre, Fósforo y Potasio por colorimetría y lectura en espectrofotómetro (Jackson, 1982).

Nuevamente en gabinete, se hizo una segunda fotointerpretación con apoyo en los datos obtenidos en el campo, mediante la metodología utilizada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (DETENAL, 1980), y se elaboró un mapa de la distribución de los suelos en la isla (Fig. 1).

Para el análisis de las zonas erosionadas, el trabajo de campo consistió en la inspección y observación de los sitios mediante recorridos, para llevar a cabo una calificación de las condiciones ambientales, topográficas y edafológicas, con el objeto de asignar a cada punto de observación las magnitudes correspondientes de acuerdo con el índice de Storie (Kirkby, 1984), que es un método que evalúa la capacidad agrológica del suelo. Se tomaron muestras en los sitios erosionados a diferentes profundidades, muestreando en cada caso la capa superficial, así como los horizontes "A" y "B". Las características fisico-químicas de las muestras fueron analizadas en el laboratorio. Con estos datos se calcularon los coeficientes muestrales de erodibilidad por concepto de la textura correspondientes a cada punto de muestreo. Con base en datos de campo, se evaluaron otros parámetros auxiliares para la estimación de la pérdida del suelo, tales como la pendiente topográfica media, longitud de la pendiente, precipitación pluvial anual y mensual y el grado de pedregosidad.

Para el cálculo del escurrimiento máximo en las cárcavas de la Isla Socorro se utilizó el método simplificado de huellas máximas (Anaya *et al.*, 1982), que tiene la ventaja de no requerir de datos de precipitación; este método se recomienda en cauces en los que es posible observar claramente las huellas dejadas por los escurrimientos máximos que se hayan presentado. Para tal efecto, se seleccionaron cinco cárcavas representativas de cada una de las cuencas de drenaje con diferentes pendientes, dos con paredes de tendencia vertical o de sección transversal en forma de "U" y tres con taludes inclinados o en forma de "V". Se determinó la pendiente de la plantilla de la cárcava con nivel de manguera flexible, corroborando con nivel de mano. Una vez conocida la pendiente, se seleccionaron los sitios en donde tendrían que ser colocadas las estructuras de control de azolves y retención del suelo, de acuerdo al criterio de espaciamiento "cabeza-pie" (Anaya *et al.*, 1982). En estos sitios se calculó el área de la sección transversal y perímetro mojado.



**Figura 1.** Mapa de distribución de las asociaciones de suelos. Las zonas más erosionadas se encuentran en la asociación Lc+Lo+I/3, que corresponde a suelos arcillosos y profundos.

Para el cálculo de la velocidad de flujo se utilizó la fórmula de Manning, y el gasto máximo se calculó con la ecuación de continuidad (Anaya *et al.*, 1982):

$$Q = A * V$$

Donde:

Q = gasto máximo en  $m^3 \cdot \text{seg}^{-1}$ .

A = área de la sección transversal en  $m^2$ .

V = velocidad de escurrimiento en  $m \cdot \text{seg}^{-1}$ .

## Resultados y Discusión

### Clasificación de los suelos

A partir de la descripción realizada en campo, los grupos de suelos analizados fueron comparados con trabajos publicados anteriormente (CETENAL, 1975). Su distribución aparece en la Fig. 1, y se describen a continuación:

**Litosoles (I).** Suelos delgados que sobreyacen directamente a la roca y sólo llegan a presentar un horizonte "A" por la acumulación de materia orgánica. Se encuentran distribuidos prácticamente por toda la isla, asociados a otros suelos, aunque dominan en la región noroeste.

**Andosoles (T).** Suelos derivados de vidrio volcánico con baja densidad aparente, lo que los hace fácilmente erosionables. En el caso de Isla Socorro se derivan de material reciente arrojado por el volcán, por lo que se encuentran frecuentemente sepultando suelos más antiguos. Aunque son jóvenes, presentan horizontes y procesos edáficos que le confieren morfología distintiva a sus subunidades. En la isla se encontraron dos subunidades: andosoles mólicos (Tm) y andosoles ócricos (To). Los primeros tienen una capa superficial profunda y oscura, en tanto que los segundos son los más indiferenciados del grupo. Estos suelos se encuentran en más del 60% de la superficie total y sostienen la vegetación más exuberante de la isla. Debido a sus características son suelos muy frágiles, por lo que se debe evitar la eliminación de la cubierta vegetal que los protege.

**Luvisoles (L).** Se caracterizan por ser suelos maduros, que tienen un elevado contenido de arcilla en el horizonte "B". Esta característica hace que sean muy fácilmente erosionables. Generalmente presentan colores rojizos a causa de la oxidación del hierro que contienen, y es precisamente el color la característica que distingue las dos subunidades presentes en la isla: los luvisoles crómicos (Lc), de color más rojizo que los luvisoles órticos (Lo). Ambos se encuentran en la porción sur y presentan avanzados problemas de erosión, principalmente en forma de cárcavas, a causa de la eliminación de la cubierta vegetal.

Regosoles (R). Suelos jóvenes, por tanto similares al material que les dió origen y generalmente formados por materiales sueltos; sólo pueden desarrollar un horizonte "A", por la acumulación de materia orgánica. En la isla, la subunidad es regosol eutríco (Re), presentándose en los pequeños conos cineríticos formados por la acumulación de materiales piroclásticos, que están al sur de la isla. También se encuentran algunas pequeñas unidades de regosol calcárico, en zonas donde la acumulación de arena ha formado pequeñas playas.

Feozem (H). Son suelos maduros, con un horizonte "A" profundo y muy oscuro como producto de la humificación de materia orgánica. En la isla se encuentran feozem lúvicos (Hl), asociados a los luvisoles en el sur, en las partes bajas cercanas al volcán Evermann.

### Erosión

El coeficiente muestral de erodibilidad fue en promedio de 0.35 para los suelos con menor contenido de materia orgánica (menos de 2% de M.O.) y de 0.20 para los suelos con mayor contenido de materia orgánica (más de 2% de M.O.). Se estimaron pérdidas de suelo en las partes más erosionadas de  $40 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , y para las partes con pendientes más pronunciadas, se estimó una pérdida de suelo potencial hasta de  $60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Por otro lado, se observó que las cárcavas de la isla Socorro drenan de dos a cinco hectáreas cada una y se clasificaron como medianas, por tener de uno a cinco metros de profundidad; sin embargo, están presentes en una gran variedad de profundidades y longitudes. Mediante el análisis hidrológico de las cárcavas, y considerando la sección transversal y pendiente de la cárcava, se estimó el gasto de agua escurrido en  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$  a  $40 \text{ m}^3 \cdot \text{seg}^{-1}$ ; gastos elevados que pueden considerarse con alto riesgo de erosión. En el Cuadro 1 aparecen las características generales de las cárcavas analizadas.

**Cuadro 1.** Características hidráulicas de las cárcavas analizadas.

Cárcava	Tipo	Q(m <sup>3</sup> · seg <sup>-1</sup> )	Long · (m)
1	"U"	22.6	530.6
2	"V"	12.6	99.1
3	"V"	10.0	100.0
4	"V"	24.2	217.0
5	"U"	49.2	811.7

## Conclusiones

De acuerdo con los grupos de suelos presentes, el modo de formación de los mismos y su edad, la Isla Socorro se puede dividir desde el punto de vista edafológico en tres grandes áreas:

En la región norte dominan suelos delgados que yacen directamente sobre derrames de lava y piroclásticos que son, al igual que los suelos, las rocas más jóvenes de la isla (Ortega y Sánchez, 1985). Esta región es la que presenta las pendientes más abruptas de la isla y sostiene una densa vegetación que, como sucede comúnmente en ambientes tropicales, no requiere de suelos profundos para prosperar, por lo que se torna prácticamente infranqueable el acceso a esta parte de la isla.

En la región central dominan suelos derivados de vidrio volcánico, que sepultan suelos y rocas más antiguos hacia el sur del volcán. Como ya se había mencionado, la baja densidad aparente es característica de los suelos de vidrio volcánico, lo que los hace muy susceptibles a la erosión eólica. Con el fin de no ver agravado un problema que es hoy por hoy el más importante de la isla, es necesario que se tomen medidas tendientes a preservar la cubierta vegetal que aún cubre al Volcán Evermann.

En la región sur se encuentran suelos arcillosos, rojos y profundos, derivados de las rocas más básicas de toda la isla (Bryan 1966, 1970) y que tienen un elevado contenido de hierro. Estas rocas, al intemperizarse, producen grandes cantidades de hematita, mineral que proporciona el color rojizo característico a los Luvisoles. Al parecer, la distribución de este tipo de suelos alcanzaba en épocas anteriores áreas más cercanas a las faldas del volcán, pero actualmente se encuentran sepultados en las cercanías por el material de erupciones más recientes. Sin embargo, es posible observarlos en las zonas en las que la erosión los ha dejado al descubierto.

Existe una relación directa entre las características asociadas a los diferentes tipos de suelo que se encuentran en la isla, como la textura, densidad aparente y el desarrollo que han alcanzado, con el grado de erosión que presentan. En este sentido, los suelos más erosionados se localizan en el centro-este, centro-sur y sur-oeste (Fig. 2), con alto contenido de arcilla y baja densidad aparente, siendo los más desarrollados y antiguos de la isla. Resulta impactante la pérdida de suelo calculada para estas zonas, que alcanza  $60 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ ; la remoción de grandes volúmenes de suelo es más evidente durante el paso de huracanes, cuando se puede observar desde el aire la coloración roja del mar en el sur de la isla, debida al escurrimiento de los cauces que arrastran el suelo erosionado hasta el sitio de descarga.

En cuanto a la formación de cárcavas, que fueron clasificadas de tipo "U" y de tipo "V", en el caso de las primeras la presencia de paredes o taludes verticales se debe a que se formaron en terrenos con textura gruesa, lo cual fa-

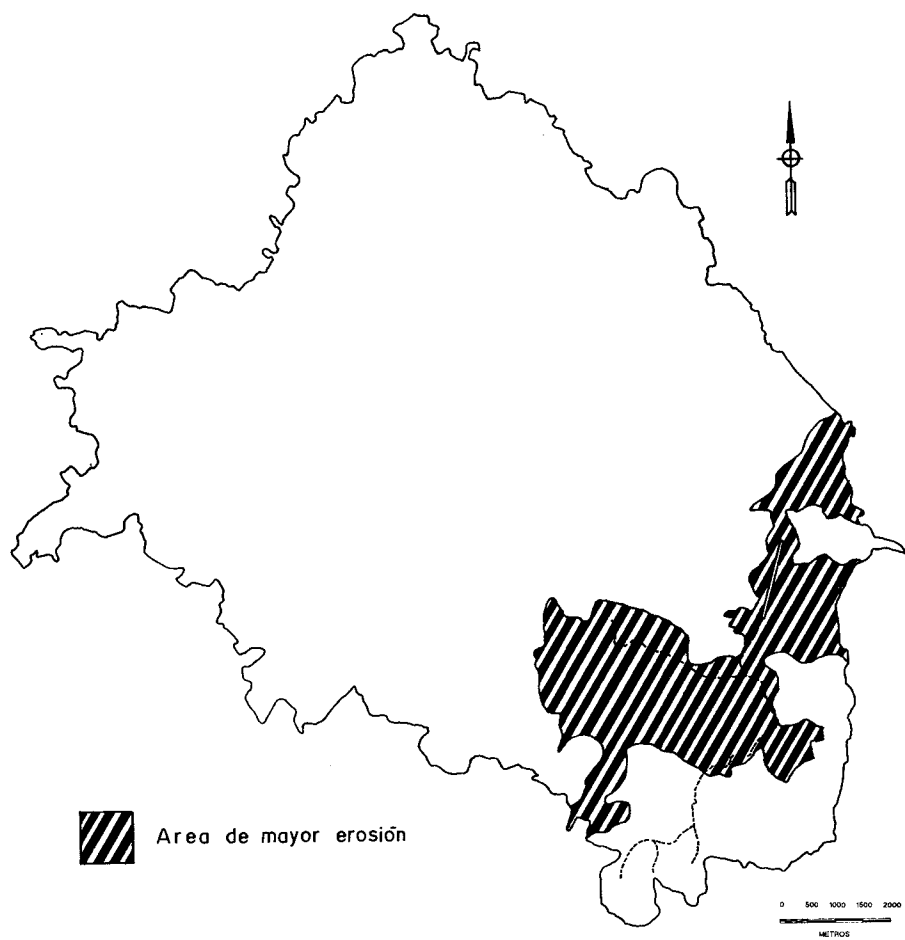
vorece el derrumbe de los taludes, produciendo cortes verticales en los mismos. A causa de la caída de agua, las cárcavas crecieron a lo largo del área drenada tanto aguas abajo, en dirección del flujo de escorrentía, como en dirección inmediatamente arriba de la propia caída. Posteriormente, estas cárcavas se conectaron con desagües secundarios y formaron nuevas caídas de agua, lo que ocasionó una ramificación del cauce principal.

En el caso de las tipo "V", las paredes inclinadas de las cárcavas se explican por la presencia de terrenos con textura más fina y con pendientes muy pronunciadas (25% de pendiente en promedio), por lo que la cárcava se forma por el desgaste del suelo producido por el poder erosivo del escurrimiento.

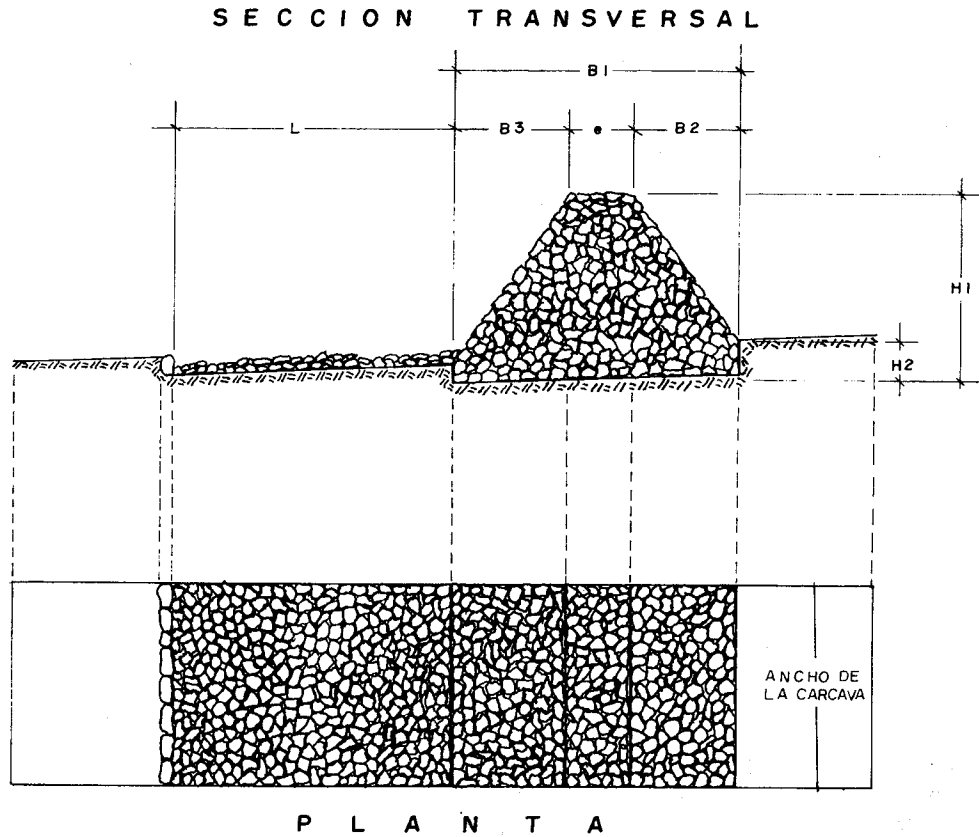
También se encontró que, en las cárcavas con paredes verticales, el escurrimiento es mayor (Cuadro 1) debido a que son de mayor tamaño por las propias características físicas del terreno, a la altura de la caída de agua y a que drenan cuencas más grandes, independientemente de que tienen una pendiente menor que las cárcavas con taludes inclinados.

Para regular la erosión y retener el suelo en las cárcavas de Isla Socorro, se recomiendan las presas de piedra acomodada (Fig. 3), ya que este material abunda en el área y es de excelente calidad para la construcción de este tipo de estructuras. Además, su uso está recomendado en cárcavas de pendiente moderada con cuencas de tamaño mediano. Estas presas son de gran duración debido a la resistencia del material y su propio peso asegura un contacto estrecho entre la estructura y el fondo de la cárcava.

Los suelos de la Isla Socorro constituyen un importante recurso que está siendo fuertemente afectado por la actividad de los rebaños de borregos que transitan libremente por la isla. Es urgente tomar medidas tendientes a detener la erosión que ya se presenta en la región sur y proceder a la restauración de los suelos.



**Figura 2.** Localización de las áreas con mayor erosión de la Isla Socorro.



NOTA: Las dimensiones de la estructura estard en función del tamaño de la cárcava.

**Figura 3.** Presa de control de azolves de piedra acomodada. Se recomienda este tipo de estructuras para contrarrestar la formación de cárcavas, que es la principal forma de erosión que afecta a los suelos de Isla Socorro.



## Recomendaciones

A continuación se presentan algunas de las acciones que deben implementarse para evitar que continúe el deterioro de los suelos y para contribuir a su recuperación:

- Debe preservarse la vegetación que aún cubre los suelos más frágiles y susceptibles a la erosión, los cuales se encuentran en el Volcán Evermann y en la región sur de la isla.

- Las zonas erosionadas deben ser excluidas, para evitar que el borrego continúe sobre-pastoreando y se acentúe la pérdida de suelo. Posteriormente, y dependiendo del grado y tipo de erosión que se presente, deben colocarse las estructuras restauradoras sugeridas para que retengan el suelo en las cárcavas, además de terrazas en formación, en donde está el suelo totalmente desnudo y la erosión es laminar y llevar a cabo prácticas de reforestación, para evitar la erosión remontante.

- Deben tomarse medidas urgentes para controlar la población de borregos que se encuentra en la isla. En la medida en que esto suceda, se evitará el avance de la deforestación por el sobrepastoreo y se dará oportunidad al restablecimiento natural de la vegetación en las regiones menos dañadas.

- Por otra parte, debe evitarse el paso del borrego hacia el norte de la isla, ya que causaría graves daños sobre la vegetación en aquella área. Esta región es la mejor preservada de la isla y constituye por ello un refugio para las especies de flora y fauna.

Cabe mencionar que la reforestación sería altamente deseable con especies propias de la isla, con el fin de evitar en lo posible la introducción de especies exóticas que pudiesen competir con las nativas; especies nativas que pueden emplearse para reforestar son *Canavalia maritima*, *Croton masonii* y algunos pastos nativos. Se reitera que la isla debe conservarse y restaurarse en sus áreas erosionadas, para las futuras generaciones, siendo uno de los rincones de nuestro país menos explorado, pero de los más importantes desde el punto de vista científico.

## Literatura Citada

- Anaya M., M. Martínez, A. Trueba, B. Figueroa y O. Fernández. 1982. MANUAL DE CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA. 2a. ed. Ed. Colegio de Postgraduados-SARH. Chapingo, México. 584 p.
- Bryan, W.B. 1966. History and mechanism of eruption of soda-rhyolite and alkali basalt, Socorro Island, Mexico. BULLETIN OF VOLCANOLOGY 29:453-480
- Bryan, W.B. 1970. Alkaline and peralkaline rocks of Socorro Island, Mexico. CARNEGIE INSTITUTE. WASHINGTON, YEARBOOK 68:194-200.
- Castellanos, A., G. Arnaud, S. Alvarez, A. Rodríguez, y P. Galina. 1991. "El borrego doméstico (*Ovis aries*) en Isla Socorro, su situación actual e impacto en el suelo, la vegetación y la fauna nativa". MEMORIAS DEL XI CONGRESO NACIONAL DE ZOOLOGÍA; 28-31 de Octubre. Mérida, Yuc. México.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1975. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN FAO-UNESCO 1968, MODIFICADO POR CETENAL EN 1970. Secretaría de la Presidencia. México.
- Cuanalo de la Cerda, H. 1981. MANUAL PARA LA DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELO EN EL CAMPO. 2a. ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 30 pp.
- Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL). 1980. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LA CARTA EDAFOLÓGICA ESCALA 1:250,000. México. 28 pp.
- Jackson, M.L. 1982. ANALISIS QUÍMICO DE SUELOS. 4a. ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 652 pp.
- Kirkby, M.J. y R.P.C. Morgan. 1984. EROSION DE SUELOS. Ed. Limusa-Wiley. México. 375 pp.
- Latorre, C. y L. Penilla. 1988. "Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur". ATMÓSFERA 1(2):99-112.
- Ortega-Gutiérrez, F. y G. Sánchez-Rubio. 1985. Xenolitos plutónicos de Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo. UNAM. INST. GEOLOGÍA. 6(1):37-47.
- Reyes S. y A. Mejía-Trejo. 1991. Tropical perturbations in the Eastern Pacific and the precipitation field over North-Western Mexico in relation to the ENSO phenomenon. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY. 11:515-528.
- Riney, T. 1982. STUDY AND MANAGEMENT OF LARGE MAMMALS. John Wiley & Sons LTD. U.K.
- Schwab, G.O., R. K. Frevert, T. W. Edminster y K. K. Barnes. 1990. INGENIERIA DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS. 1a. Ed. Noriega Editores. LIMUSA. México.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1981. TRAYECTORIAS CICLONICAS 1960-1980. DIRECCION GENERAL DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. SARH. México, D.F. 341 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1987. TRAYECTORIAS CICLONICAS 1981-1985. DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS, INFORMACION Y ESTADISTICA SECTORIAL. SARH. México, D.F. 233 p.
- Suárez, F. 1982. CONSERVACION DE SUELOS. 3a ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. 312 p.
- Torri, D., M. Sfalanga y F.G. Chisci. 1987. Threshold conditions for incipient rilling. IN: BRYAN, R.B. (ED.). RILL EROSION. Catena Supplement no. 8. Catena Verlag. Cremlingen, Germany.



## CAPITULO 6

# OCEANOGRAFIA

*Salvador Emilio Lluch-Cota, Daniel Bernardo Lluch-Cota,  
Daniel Lluch-Belda y Jesús Bautista-Romero*

### Resumen

Sobre la base del análisis de los datos disponibles de las principales bases de datos oceanográficos, se presenta una descripción general a dos niveles: Pacífico mexicano e inmediaciones de Isla Socorro. Dicha descripción se aborda en diferentes escalas temporales: año promedio, ciclo estacional, variabilidad interanual, variabilidad entre décadas y tendencias de largo plazo. A nivel estacional, se identifican ciertas particularidades en los perfiles de temperatura y salinidad que no concuerdan con descripciones generales del Pacífico tropical. Se sugiere una hipótesis preliminar para explicarlas. Se concluye sobre el efecto de El Niño en las inmediaciones de Isla Socorro, encontrándose que es poco notorio. Se identifica la presencia de regímenes climáticos previamente descritos. Finalmente, se identifican tendencias de largo plazo en términos de la dirección y velocidad de los vientos dominantes.

## Abstract

By analyzing the available information from the main oceanographic databases, a general description considering both the Mexican Pacific and the Socorro Island area is given. The description involves different temporal domains: average year, seasonal cycle, interannual variability, interdecadal variability and long term trends. At the seasonal level, some distinct characteristics are found regarding salinity and temperature profiles, these characteristics are not in agreement with previously given tropical Pacific general descriptions. Thus, a preliminary hypothesis is suggested. Conclusions are drawn on El Niño effect over the Socorro Island area, this effect was found to be small. Previously described climatic regimes are identified as present in the area. Finally, wind speed and direction long term trends are identified.

## Introducción

Dentro de la oceanografía, una de las ramas que más aporta elementos indispensables para la comprensión del sistema es, sin duda, la oceanografía física. Los conocimientos que aporta forman la base de la que deben partir otros estudios, como los de oceanografía química y biológica. En el caso de Isla Socorro la mayor parte de las investigaciones oceanográficas se refieren precisamente a factores físicos; sin embargo, su descripción ha sido poco abordada en estudios específicos, en comparación con otras regiones del Pacífico mexicano.

Aún cuando existen reportes de cruceros realizados en sus inmediaciones desde hace varias décadas (p.e. Austin, 1954 en Wyrki, 1967), la mayor parte del conocimiento de los procesos oceanográficos que ahí ocurren se ha generado como parte de trabajos más generales referidos al Pacífico tropical oriental. Incluso este tipo de estudios es comparativamente reciente. Los primeros estudios en los que ya se integran en esquemas generales las observaciones realizadas en cruceros y expediciones, principalmente dentro de programas como CalCOFI, EASTROPAC, CIATT, así como de la Secretaría de Marina, se remontan a finales de la década de los años 40's.

De entre los primeros trabajos integrales, cabe mencionar el análisis de la relación viento-corrientes realizada por O.R. Reid (1948). Posteriormente, destacan los trabajos sobre la Corriente de California de L.J. Reid Jr. (Reid 1960; Reid *et. al.*, 1958; Reid y Mantyla 1978); la descripción de los patrones de circulación superficiales de Cromwell y Bennett (1959); los estudios de masas de agua realizados por Montgomery (1959), Montgomery y Stroup (1962); los de Bennett sobre la distribución de la salinidad y otras variables oceanográficas

(Bennett, 1963) y las descripciones de aspectos oceanográficos de Roden (1962, 1970, 1971). En especial, los trabajos de Wyrki (1965a, 1965b, 1966, 1967) han contribuido significativamente a esclarecer los procesos más importantes que ocurren en esta área, al integrar buena parte del conocimiento disponible en esquemas generales.

La presente contribución consiste tanto en una revisión de las descripciones mencionadas como en un análisis general de observaciones de nivel medio del mar, temperatura del mar, salinidad, presión y viento (dirección y velocidad), provenientes de las principales bases de datos oceanográficas actualmente disponibles. Primero se presenta una descripción general del Pacífico mexicano, desde la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica hasta las costas de Guerrero, en términos de las variables mencionadas, de las corrientes y de las masas de agua presentes. Este esquema se contrasta con las características oceanográficas generales del mar que rodea Isla Socorro, a manera de la descripción de un año patrón. Enseguida, se describen las modificaciones de este patrón general en función del ciclo estacional. En tercer término se identifica la presencia de fenómenos de variabilidad interanual, principalmente los asociados al ciclo del ENSO (El Niño Southern Oscillation). Finalmente, se señalan las tendencias de largo plazo observadas en algunas de las variables mencionadas.

## Metodología

Se utilizaron los promedios mensuales de temperatura superficial del mar, presión atmosférica y vientos (componentes zonal y meridional) contenidos en el Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set (COADS). Para las descripciones del Pacífico mexicano se seleccionaron los 101 cuadrantes ubicados entre los  $15\text{-}35^{\circ}$  N y los  $100\text{-}130^{\circ}$  W. La descripción de los patrones estacionales y las series presentadas para Isla Socorro se basan en la información correspondiente al cuadrante centrado en  $19^{\circ}$  N,  $111^{\circ}$  W. Cada una de las series incluye datos para el periodo 1945-1986. Una descripción detallada de esta base de datos puede encontrarse en Woodruff *et al.* (1987).

Los perfiles de temperatura y salinidad, así como las observaciones de salinidad superficial, fueron recuperados de la base de datos recopilada por el National Oceanographic Data Center (USA) en el CD-ROM NODC 1.0 (NODC, 1989). Esta base de datos incorpora observaciones del programa CalCOFI, del California Department of Fish and Game, del Scripps Institution of Oceanography, de la Secretaría de Pesca, de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIATT), del Instituto de Geofísica de la UNAM y de la Secretaría de Marina, entre otras fuentes. Los datos pueden ser tan recientes como 1988 y tan antiguos como 1900, si bien la mayor parte de la información es posterior a 1940.

Para la descripción de la salinidad superficial del Pacífico mexicano, se seleccionaron todas las observaciones realizadas entre los  $15-35^{\circ}$  N y los  $100-130^{\circ}$  W, estos datos se agruparon mensualmente en los mismos cuadrantes que los mencionados anteriormente, a fin de hacer la información comparable. La descripción de los patrones estacionales de los perfiles de temperatura y salinidad se basa en las observaciones realizadas en un cuadrante de tres grados centrado en  $19^{\circ}$  N,  $111^{\circ}$  W, promediadas por mes y por intervalos de profundidad de 10 m.

Los mapas de isotermas, isobaras e isohalinas se generaron por interpolación, a partir de promedios mensuales por cuadrante COADS, con un programa comercial de graficación. Este utiliza un algoritmo ponderado por el inverso de la distancia entre observaciones uniformemente espaciadas (Anónimo, 1990) se optó por un factor de 0.75 que permite obtener isolíneas convenientemente suavizadas, con fines de presentación.

Los mapas de vientos se generaron con el mismo programa, que calcula la dirección y velocidad a partir de la suma vectorial de los componentes zonal y meridional. Esta misma metodología fué aplicada a los datos del cuadrante de Isla Socorro, obteniéndose el patrón estacional a partir de los valores de los componentes correspondientes a los meses promedio.

Se obtuvieron las anomalías de las series mensuales de presión y temperatura del mar para el cuadrante de Isla Socorro, expresadas como la diferencia entre el valor observado y la media mensual correspondiente. Las series originales, las de anomalías y las de vientos (zonal y meridional) se suavizaron con el programa mencionado, que utiliza aproximaciones polinomiales cúbicas de intervalos sucesivos (Anónimo, 1990). El factor de suavizado empleado fué de 0.01 en el caso de las series de temperatura y presión, de 0.001 para vientos y de 0.3 para las anomalías. Se calculó la recta de regresión para cada una de las series (excepto a las de anomalías), a fin de evidenciar posibles tendencias de largo plazo.

El patrón estacional de las variaciones del nivel medio del mar se obtuvo a partir de registros para el periodo 1957-1959, proporcionados por el Instituto de Geofísica de la UNAM. Por último, la serie de presión de Darwin (Australia) se obtuvo por digitalización a partir de Trenberth (1991) (Fig. 18).

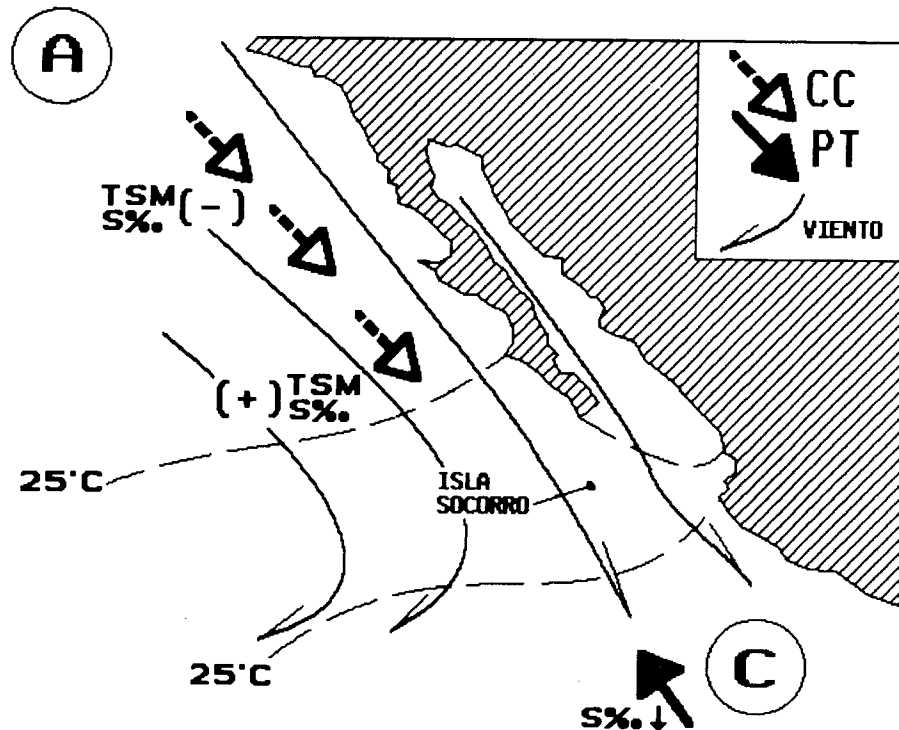
### **Características Generales**

Isla Socorro se encuentra ubicada en los límites del borde oriental del giro del Pacífico nororiental (PNOR), al sureste, y del Pacífico tropical oriental (PTOR), al noroeste. El primero está formado por el sistema de la Corriente de California (CC) y el sistema de la Corriente Norecuatorial (CNE). Cada uno de estos sistemas presenta características particulares, no sólo en términos de las

corrientes que les dan nombre, sino también de las propiedades de sus masas de agua, los vientos dominantes que las impulsan y los centros de presión que generan estos vientos. Al estar situada en la frontera entre ambos sistemas, el ambiente océano-atmósfera de Isla Socorro experimenta los procesos propios de cada uno de ellos, con diferente intensidad en función del tiempo, lo que confiere a la zona una alta variabilidad en comparación con otros ambientes tropicales.

### Centros de presión

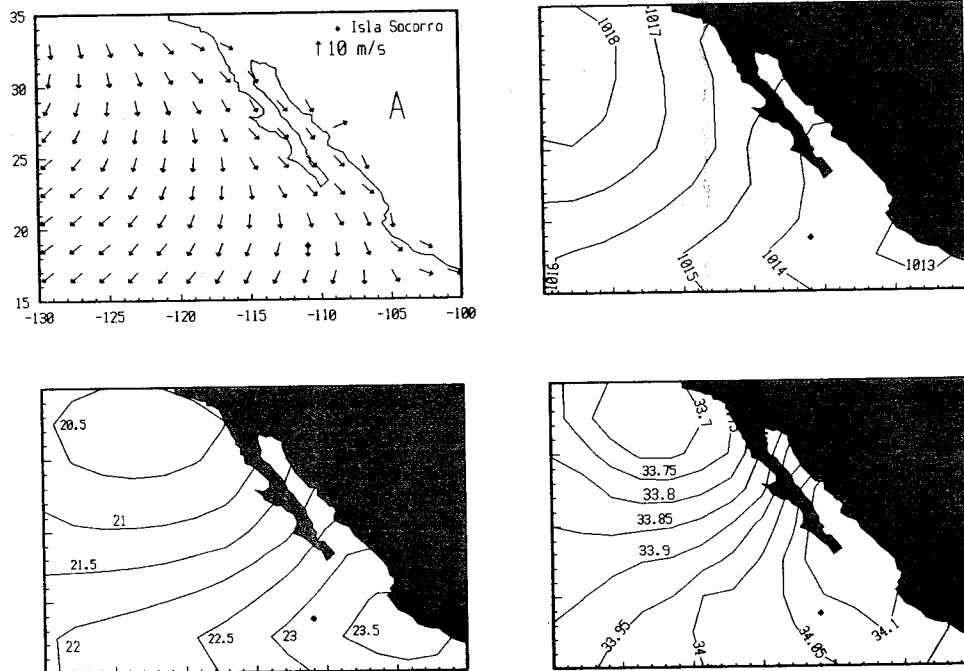
Dos grandes centros de presión ejercen su influencia sobre Isla Socorro, condicionando la dirección y magnitud de los vientos dominantes: al noroeste, se ubica la alta del Pacífico norte (APN), alrededor de los  $40^{\circ}$  N, en tanto que al sur y sureste se encuentra la baja presión asociada a la zona de convergencia intertropical (ZCIT). Esta situación se muestra esquemáticamente en la Fig. 1.



**Figura 1.** Diagrama esquemático representando los principales componentes de presión atmosférica, vientos, corrientes superficiales y características físicas de las masas de agua que interactúan en las inmediaciones de Isla Socorro.



Las isobaras promedio anuales (Fig. 2B) muestran el gradiente, bien definido, que se establece entre ambos centros de presión, con diferencias del orden de 5 milibares. Ambos centros de presión experimentan cambios de intensidad y posición en función del ciclo estacional y de los eventos de variabilidad interanual, como se describe en las secciones correspondientes. Por la latitud a la que se ubica, Isla Socorro se encuentra mayormente bajo la influencia del centro de baja presión, presentando valores cercanos a los mínimos observados en el Pacífico mexicano.



**Figura 2.** Condición promedio anual del Pacífico mexicano. A: Vectores resultantes promedio de viento superficial (metros por segundo). B: Isolíneas de presión atmosférica a nivel del mar (milibares). C: Isotermas superficiales (grados centígrados). D: Isohalinas superficiales (unidades de salinidad).

### Vientos dominantes

Forzados por el gradiente de presión, se establecen sobre gran parte del Pacífico mexicano vientos sostenidos (Fig. 1) que muestran como característica más notable un marcado componente en sentido sur. La excepción está dada principalmente por el Golfo de California, que por ser una cuenca semicerrada presenta rasgos especiales y diferentes a los del resto del área (Bray, 1988).

En lo que se refiere al componente zonal, la posición e intensidad promedio anual de los centros de presión determinan notables variaciones espaciales: se presentan desde vientos con un claro componente este, en el caso de las áreas costeras, hasta vientos con fuerte componente oeste, en el caso de las más oceánicas. Entre ambas, el componente zonal promedio anual puede incluso llegar a ser nulo, ésto parece ser el caso en Isla Socorro (Fig. 2A). Colaterales a estas variaciones en la dirección son evidentes variaciones en la velocidad; ambas están en función de cambios en posición e intensidad de los centros de presión, tanto en la escala estacional como en la interanual.

### Corrientes superficiales

Las corrientes superficiales en el área de estudio están determinadas en gran medida por los patrones de circulación eólica. Las inmediaciones de Isla Socorro están sujetas a la influencia de las masas de agua formadas en dos sistemas de corrientes principales: el de la corriente de California (CC) y el de la contracorriente ecuatorial (CCE), que pasa a formar parte del agua del PTOR (Fig. 1). Por otra parte, cerca de la zona de estudio ocurre la formación de otra corriente la norecuatorial (CNE).

La CC, durante su paso frente a la península de Baja California, constituye un flujo lento y débil en dirección sur, entre la superficie y los 300 m, que se ubica hasta los 1000 km de la costa (Wyrki, 1965a). Gracias a su origen, en la zona templada del Pacífico de Norteamérica presenta valores comparativamente bajos de salinidad y temperatura. Sin embargo, debido a que su baja velocidad determina periodos de residencia prolongados, conforme el agua se desplaza hacia latitudes más bajas cambia rápidamente sus características originales calentándose, incrementando su salinidad y confundiendo cada vez más con el agua circundante. Superficialmente la CC experimenta una desviación hacia el oeste en su extremo sureño, que va desde los 20 hasta los 15° N. Cuando su influencia se presenta aún más al sur es posible identificar un flujo divergente, de baja escala en comparación con el flujo normal, que fluye hacia el sureste a lo largo de la costa de México (Wyrki, 1965a).

En su formación la CNE es alimentada en proporciones diferentes por dos fuentes principales: el agua originada en la CC (en trayecto al oeste) y el agua del PTOR. La influencia de esta última es mayor en concordancia con la posición más norteña de la ZCIT, debido a que bajo esta condición se forma la CCE.

Cuando la contracorriente oeste-este es más intensa aporta grandes volúmenes al flujo hacia el oeste. El cambio de dirección ocurre cuando el flujo alcanza las costas americanas donde se dispersa y es mayormente desviado hacia el norte, en el Domo de Costa Rica, para continuar hacia el noroeste entre los  $10-20^{\circ}$  N (Wyrki, 1965a). Como resultado de estas mezclas la CNE se presenta, de manera definida y constante, sólo al oeste de los  $120^{\circ}$  W.

### Masas de agua

A partir de las corrientes mencionadas, es posible identificar en el PTOR la presencia de cuatro masas de agua superficiales principales. La primera es el agua originada en la CC, y que en su intrusión más sureña adquiere características de elevada salinidad y alta temperatura. A nivel superficial, durante su recorrido, pasa de temperaturas promedio de  $15^{\circ}$  C y salinidades promedio de 33.5 unidades, a valores de  $25^{\circ}$  C y 34 unidades, respectivamente. Este cambio de propiedades, menos notable conforme aumenta la profundidad, da lugar a la formación de un mínimo de salinidad subsuperficial. Aunque en la CC la diferencia entre el máximo superficial y el mínimo subsuperficial es pequeña, se incrementa considerablemente conforme la masa de agua deriva al sur y al oeste (Wyrki, 1967).

La segunda masa presente está formada por el agua tropical superficial, caracterizada por una elevada temperatura (mayor de  $25^{\circ}$  C) y una baja salinidad (menor de 34 unidades). Esta agua debe sus propiedades a que se origina en la ZCIT, donde la insolación mantiene temperaturas elevadas con una baja variabilidad estacional y donde la precipitación excede a la evaporación (Wyrki, 1967).

La tercera masa de agua presente en la zona se forma dentro del Golfo de California. Al ser éste una cuenca de evaporación semicerrada, el agua formada se caracteriza por presentar salinidades muy elevadas (superiores a 34.5 unidades). La cantidad de agua que aporta al PTOR es comparativamente pequeña y por lo tanto su efecto está restringido mayormente a las inmediaciones de la boca del Golfo, entre Cabo San Lucas y Cabo Corrientes. Su penetración al océano abierto varía estacionalmente (Roden, 1964).

Por último, en el suroeste del Pacífico mexicano se puede presentar otra masa de agua, de muy elevada salinidad (más de 34.5 unidades) y temperatura variable (entre  $15-18^{\circ}$  C), denominada agua subtropical superficial. Esta se forma asociada a la APN, en el centro del giro del Pacífico norte. En la zona de estudio, las principales masas de agua presentes son la de la CC y la tropical superficial; el agua subtropical superficial difícilmente se presenta, en virtud de la lejanía del área en la que se forma y de la falta de corrientes superficiales que la transporten.

Las isotermas e isohalinas promedios anuales reflejan los efectos que ejercen las masas de agua superficiales presentes en la zona de estudio. Cabe advertir qué, si bien permiten una visión general de las distribuciones horizontales, estos mapas no reflejan necesariamente los valores mencionados en el texto para las diferentes variables. Los valores registrados para Isla Socorro deben ser consultados directamente en las series correspondientes a cada variable.

La distribución de la temperatura superficial (Fig. 2C) muestra valores mínimos en la porción norte de la CC, con isotermas perpendiculares a su dirección en el área correspondiente. Esta disposición refleja el calentamiento de la masa de agua de la CC conforme fluye hacia el sureste. Al sur de los  $20^{\circ}$  N y al este de los  $110^{\circ}$  W se presenta el máximo de temperatura en el Pacífico mexicano, en concordancia con la presencia del agua tropical superficial. Hacia el oeste, entre los  $15-20^{\circ}$  N, se presentan temperaturas menores a las costeras conforme se forma la CNE, gracias al aporte de la CC.

También la distribución de la salinidad superficial (Fig. 2D) muestra los valores mínimos en la porción norte de la CC y el gradiente originado por el incremento de salinidad que experimenta en su flujo al sureste. Sin embargo, y a diferencia de lo que ocurre con la temperatura, los máximos no se encuentran asociados al agua tropical superficial, ya que ésta se caracteriza por valores comparativamente bajos. En cambio se registran máximos asociados al límite entre la masa de agua de la CC, en su porción más sureña, y la del Golfo de California, ambas caracterizadas por una elevada salinidad. La ausencia de un segundo máximo superficial confirma que en la zona no se aprecia de manera importante la masa del agua subtropical superficial.

Las masas de agua superficiales mencionadas se encuentran sobre otra masa de agua característica del PTOR, denominada agua subsuperficial subtropical. Esta es la única masa subsuperficial que se forma en el PTOR; el resto de las presentes se originan en otros sitios y llegan al PTOR por flujo y mezcla horizontal. Como su nombre lo indica se forma mayormente en el Pacífico subtropical, e intruye hacia el hemisferio norte como un máximo de salinidad subsuperficial. Su límite norte rebasa los  $20^{\circ}$  N, y en su encuentro con la masa de la CC genera condiciones particulares. A diferencia de lo que ocurre en el PTOR donde el máximo de salinidad se localiza en la termoclina, entre los 50-150 m de profundidad, el encuentro de ambas masas condiciona que el máximo de salinidad se localice más profundo, incluso por debajo de los 200 m (Wyrcki, 1967).

En su descripción general del PTOR Wyrcki (1967) señala qué, como resultado de la presencia de las masas de agua mencionadas, la región se caracteriza por bajos valores de salinidad superficial (debido al agua tropical superficial), una termoclina somera y un máximo de salinidad entre los 50-150 m (debido al agua subtropical subsuperficial). Por arriba de este nivel, la salinidad disminuye rápidamente hasta alcanzar valores mínimos en superficie. Por debajo se presenta una disminución menos pronunciada, hasta profundidades mayores de

500 m.

Respecto a este esquema general del PTOR, los perfiles de temperatura y salinidad anuales promedios para las inmediaciones de Isla Socorro se muestran claramente diferentes (Fig. 3), sugiriendo la presencia de masas de agua adicionales a la tropical superficial y a la subsuperficial subtropical. El mínimo de salinidad no se presenta superficial sino asociado a la termoclina, entre los 50 y los 100 m de profundidad. Consecuentemente, y a diferencia de lo que se presenta en el PTOR, la termoclina no incluye al máximo subsuperficial de salinidad correspondiente al agua subtropical subsuperficial. Este máximo se localiza a mayores profundidades, alrededor de los 200 m, tal como reporta Wyrski (1967) que ocurre en latitudes superiores a los 20° N en presencia de la masa de agua de la CC.

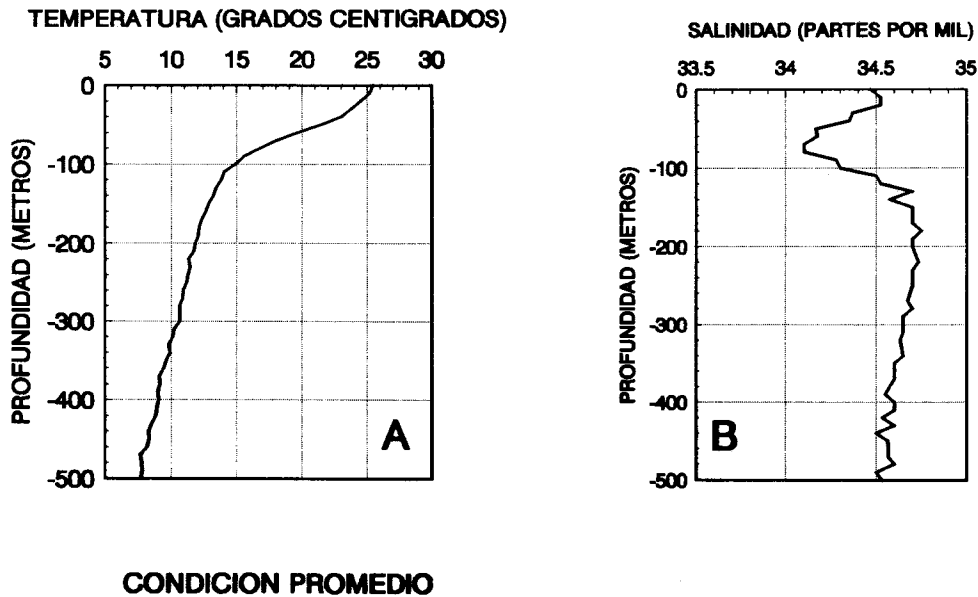


Figura 3. Condición promedio anual de los perfiles de 0 a 500 metros de profundidad en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro. A: Perfil de temperatura (grados centígrados). B: Perfil de salinidad (unidades de salinidad).

Esta particularidad se discute con mayor amplitud al abordar el análisis de la variabilidad estacional; no obstante, cabe apuntar que la disposición promedio de las masas de agua sugiere que la intrusión al sur de la masa de agua de la CC alcanza las inmediaciones de Isla Socorro, por debajo de los 20° N. Por lo tanto Isla Socorro, desde el punto de vista oceanográfico, no estaría ubicada propiamente en aguas del PTOR. Al menos durante la mayor parte del año parece permanecer inmersa en la zona de transición correspondiente al límite norte del PTOR, y bajo la influencia de una masa de agua superficial de salinidad más elevada que la tropical superficial.

Para la descripción a nivel de Pacífico mexicano se seleccionaron los meses de enero, abril, julio y octubre como representativos de las diferentes estaciones. En cambio para la zona de Isla Socorro se presentan los valores promedio de la mayor parte de las variables correspondientes a cada mes, excepto en el caso de los perfiles. En virtud de que los registros de salinidad en profundidad son poco numerosos se seleccionó un mes de cada estación (diciembre, marzo mayo y septiembre), aquel para el cual se encontró un mayor número de observaciones disponibles en las bases de datos utilizadas.

### **Centros de presión y nivel medio del mar**

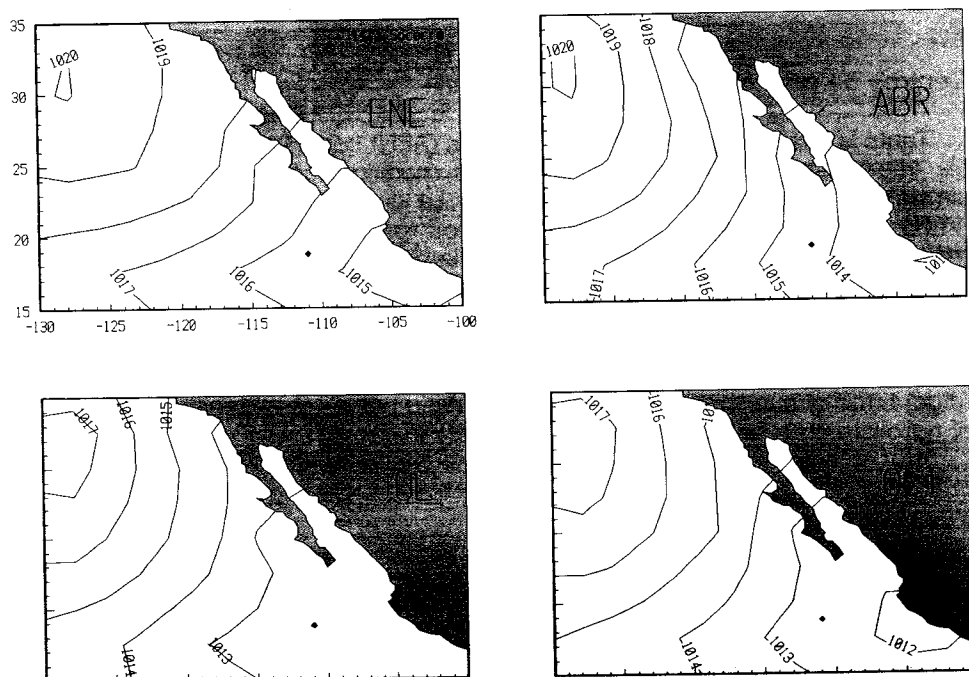
Tanto la alta del Pacífico de Norteamérica (APN) como la zona de convergencia intertropical (ZCIT) sufren importantes modificaciones, aproximadamente simultáneas, en su magnitud y localización. La simultaneidad resulta de qué, en ambos casos, el agente causal es el mismo: los desplazamientos del área de máxima insolación como consecuencia de la oscilación del eje terrestre relativa al plano orbital. En el invierno del hemisferio norte la ZCIT ocupa su posición más sureña, y ejerce una influencia débil sobre los campos de presión de la porción norte del PTOR. Lo contrario sucede en el verano, cuando la ZCIT alcanza su límite norte (Threnberth, 1991). Por su parte la APN se debilita y migra hacia el sureste en invierno del hemisferio norte, y se intensifica migrando al noroeste en el verano (Norton *et al.*, 1985).

### **Variabilidad Estacional**

El esquema de la sección anterior, el "año promedio", no es de modo alguno fijo. Por el contrario, el Pacífico mexicano en general y la zona de Isla Socorro en particular muestran variaciones importantes en función del tiempo; en este caso, como respuesta al ciclo estacional. No obstante los cambios que se presentan no son tan drásticos como para invalidar el esquema descrito, que en términos generales se mantiene. Por ello, es conveniente abordar la descripción del ciclo estacional como modificaciones de este patrón promedio.

Los mapas de isobaras para los meses seleccionados (Fig. 4) muestran a julio como el mes en el que la zona de mínima presión se amplía, en tanto que la menor cobertura se presenta en enero. Por su parte la migración al sureste de la APN corresponde, en enero, con la máxima extensión de la zona de alta presión; mientras que el movimiento al noroeste durante el verano se manifiesta como un área de máxima presión más restringida en julio.

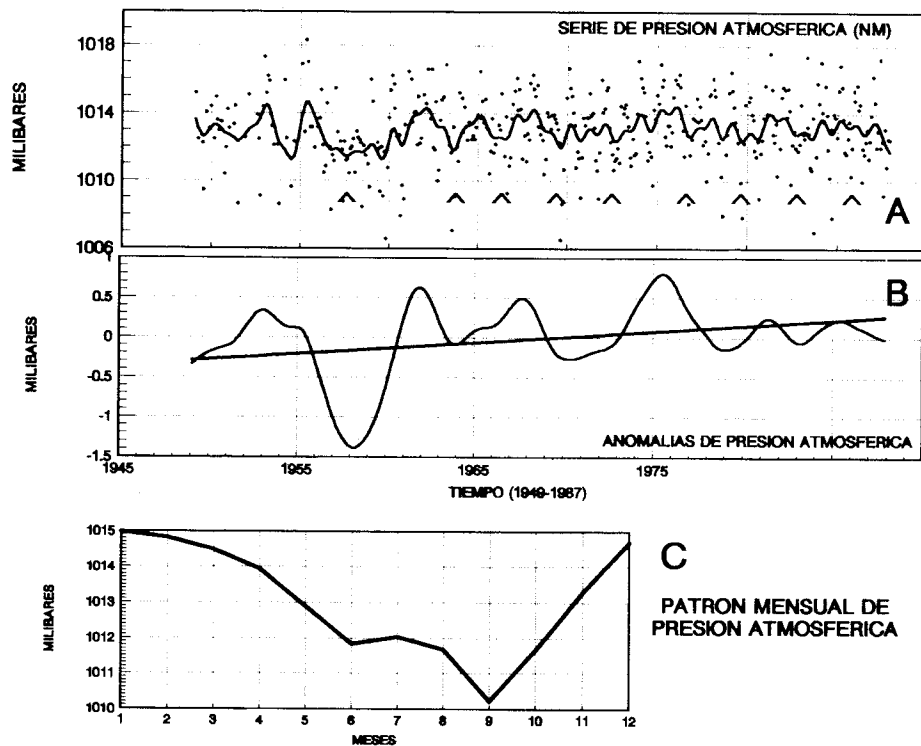
A diferencia de lo que ocurre con la ZCIT el debilitamiento de la APN se manifiesta en la zona como un área de máxima presión ampliada, y viceversa. Cabe destacar, en este sentido, que el cambio en la posición tiene un efecto mucho más notable que la variación en magnitud. Cuando la APN registra los mayores valores de presión ha migrado al norte y se encuentra demasiado alejada del Pacífico mexicano. En cambio su intrusión en el área compensa la simultánea disminución en magnitud, permitiendo registrar los valores de presión máximos durante el invierno.



**Figura 4.** Isolíneas promedio mensuales de presión atmosférica a nivel del mar (milibares).  
A: Enero. B: Abril. C: Julio. D: Octubre.

Considerando ambos centros, resulta para la zona que los ciclos estacionales de los máximos y mínimos de presión son inversos (uno se debilita cuando el otro se intensifica). Como resultado los máximos gradientes no se registran en las estaciones que presentan las condiciones extremas de temperatura sino en las intermedias, cuando la diferencia entre la zona de alta y de baja se maximiza. Como se puede apreciar en la Fig. 4 éllo ocurre en primavera (abril), mientras que las mínimas diferencias se presentan en verano (julio).

El patrón estacional de presión para Isla Socorro se muestra en la Fig. 5C. Dos épocas extremas son evidentes: el verano, donde se registran las menores presiones resultado de la intensificación de la zona de baja; y el invierno, con valores máximos que probablemente se deben tanto al debilitamiento de la ZCIT

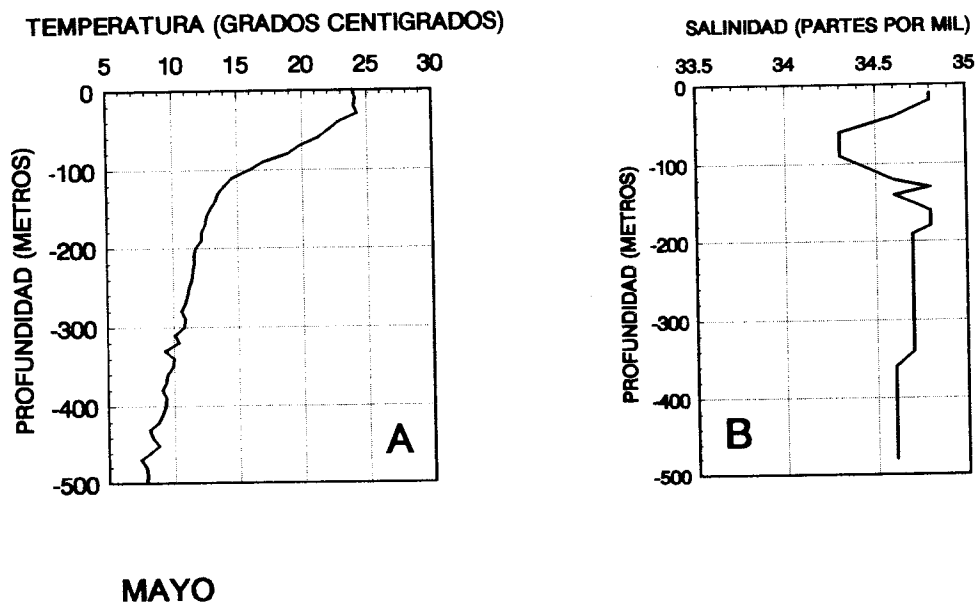


**Figura 5.** Presión atmosférica a nivel del mar (milibares) en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro en el periodo 1949-1987. A: Datos en crudo, suavizado de la serie y años donde se registran eventos anómalos ( $\wedge$ ). B: Suavizado de la serie de anomalías y recta de regresión. C: Patrón mensual.



como a la migración hacia el sureste de la APN. Ambos factores actúan de forma sinérgica, siendo difícil evaluar su contribución relativa.

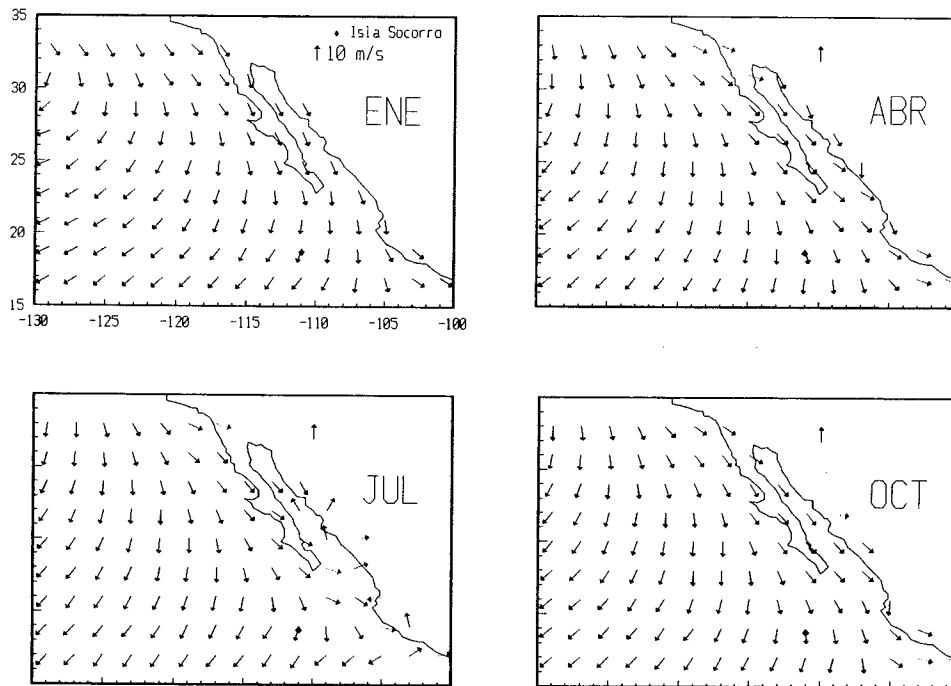
Quizá la lejanía de la APN puede argumentarse a favor de un mayor efecto del primero. Los registros de las variaciones del nivel medio del mar (Fig. 6), evidencian la alta correlación negativa que existe entre esta variable y la presión atmosférica, pese a que el número de datos utilizado para construir el patrón estacional del nivel medio del mar para Isla Socorro es muy bajo (3 años). Si bien el esquema general muestra coherencia con lo mencionado a nivel del Pacífico mexicano destacan los valores de presión que se presentan en septiembre, sin explicación aparente y muy inferiores a los que se registran durante el verano. Es también notable que esta baja de presión se manifieste en los datos de nivel medio del mar, que muestran a septiembre como el mes con los valores más elevados. Puesto que se trata de información de muy diferente naturaleza, obtenida a través de fuentes independientes, es difícil considerar que los mínimos-máximos observados para ambas variables, respectivamente, sean artefactos del muestreo.



**Figura 6.** Patrón mensual del nivel medio del mar (NMM) en la estación mareográfica de Isla Socorro para el periodo 1957-1959 (metros).

### Vientos dominantes

El ciclo estacional de circulación de vientos en superficie a nivel del Pacífico mexicano se muestra en la Fig. 7. Puede apreciarse que las características más notables del "año promedio" se mantienen: un marcado componente en sentido sur excepto en el Golfo de California, vientos costeros con componente este y oceánicos con componente oeste; llegando éste último a ser nulo en la zona intermedia (veáse Fig. 2A). Este esquema básico sufre variaciones, en función de los cambios estacionales de los gradientes de presión, que pueden ser caracterizadas por zonas con fines ilustrativos.



**Figura 7.** Vectores promedio mensual resultantes de vientos superficiales en el Pacífico mexicano (metros por segundo). A: Enero. B: Abril. C: Julio. D: Octubre.

Cuando el gradiente es mayor, particularmente en abril, se aprecia una intensificación del componente este en toda la zona de la CC y más al sur, desde su extremo norte hasta las inmediaciones de Isla Socorro. Por el contrario el componente oeste es más notorio cuando el gradiente es menos intenso, en enero y julio.

El Pacífico mexicano sudoriental, en el área comprendida al sur de los  $20^{\circ}$  N y al este de los  $110^{\circ}$  W, muestra como característica más relevante la pérdida de patrones de circulación bien definidos durante el verano, producto tanto del desplazamiento al norte e intensificación de la ZCIT como del debilitamiento de los gradientes de presión del Pacífico mexicano en general. El resto del año muestra un comportamiento similar al mencionado, con vientos con marcado componente este durante abril.

En el Golfo de California se registran las mayores variaciones, siendo la única zona donde el componente meridional llega a presentarse en sentido norte durante el verano. Ello se debe a las elevadas temperaturas superficiales que se alcanzan en esta cuenca semicerrada, que generan celdas de baja presión locales en la cabecera. Conforme bajan los niveles de insolación y la APN se desplaza hacia el sureste se restablece la circulación en sentido sur, alcanzándose los máximos niveles en el invierno (enero).

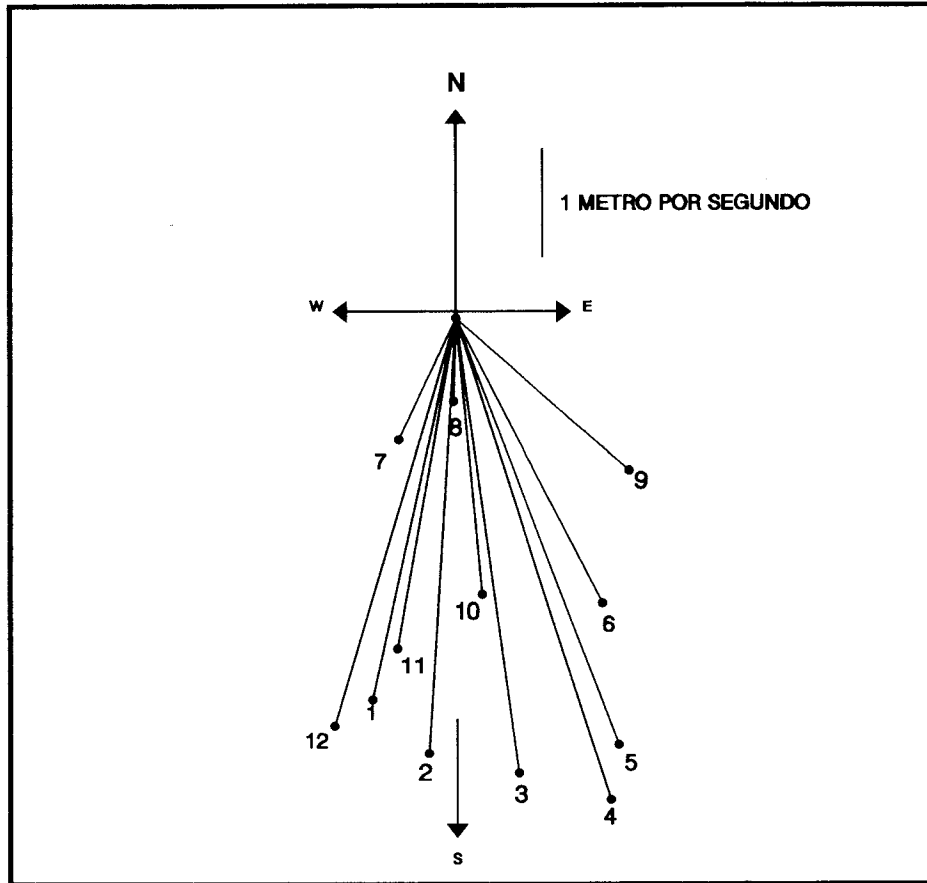
El resto del área, al sur de los  $25^{\circ}$  N y al oeste de los  $120^{\circ}$  W, muestra comparativamente pocas modificaciones en términos de la dirección y magnitud de los vientos dominantes.

Isla Socorro se ubica en el límite de la zona de la CC y la del Pacífico mexicano sudoriental, lo que genera una variabilidad en la dirección y velocidad del viento comparativamente mayor. El patrón estacional se presenta en la Fig. 8. De septiembre a diciembre se intensifican los componentes sur y oeste del viento, en respuesta al desplazamiento hacia el sureste de la APN. A partir de enero, conforme se acentúan los gradientes de presión noroeste-sureste, el componente sur continúa intensificándose hasta alcanzar su máximo en abril, incrementándose simultáneamente el componente este hasta alcanzar su máximo en mayo. Por su parte el patrón de verano (junio-septiembre) refleja el debilitamiento de los gradientes de presión y la presencia de celdas de baja presión; presentándose una notable disminución en la velocidad y vientos poco dominantes, con direcciones variables.

### **Corrientes y masas de agua**

Como se mencionó en la zona se encuentran superficialmente masas de agua originarias, principalmente, de la CC y del PTOR. La CC, formada en zonas norteñas de deshielo, se caracteriza por sus bajas temperaturas y salinidades. Sin embargo, debido a la baja velocidad de la corriente, el agua llega a la zona de transición templado-tropical mostrando un incremento importante en ambas

propiedades (Reid *et al.*, 1958). Este fenómeno es más notorio en verano cuando la CC muestra una termoclina somera, un mínimo subsuperficial de salinidad y un marcado gradiente entre este mínimo y el agua superficial.



**Figura 8.** Patrón mensual de vientos correspondiente al cuadrante donde se ubica Isla Socorro (metros por segundo).

De febrero a junio la CC fluye con mayor fuerza que en el resto del año, con un promedio de 0.2 nudos de velocidad, con dirección constante y paralela a la costa peninsular (Wyrcki, 1965a). Cuando alcanza el Pacífico mexicano el flujo experimenta divergencia en dos componentes, uno oeste y el otro que continúa paralelo a la costa hacia el sureste. A partir de julio y hasta agosto la corriente cambia progresivamente, separándose de la costa y disminuyendo su velocidad. Entre agosto y diciembre el flujo es ya muy débil, con dirección poco definida, y las menores velocidades del año. Ello determina que su intrusión hacia el sur disminuya considerablemente.

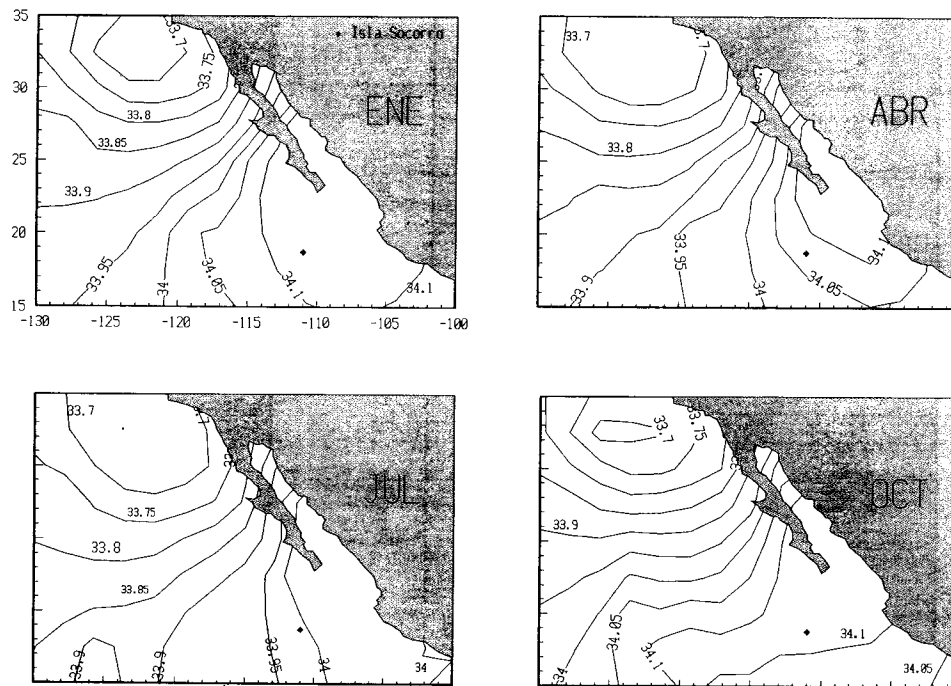
Durante este periodo de debilitamiento de la CC ocurre la formación e intensificación de la contra corriente ecuatorial, la fuente más importante del agua del PTOR. Esta contracorriente fluye cerca del ecuador y de este a oeste. Al alcanzar las costas americanas se divide: una parte se desvía rumbo al norte y al oeste llegando a la zona y alimentando, en su componente más oceánico, a la corriente norecuatorial. Esta agua se caracteriza, además de por su alta temperatura, por salinidades menores a 34 unidades. Los bajos valores obedecen a que la masa de agua se forma en una zona, el Domo de Costa Rica, que cuenta con un aporte pluvial importante, mayor a los 50 cm/año (Dietrich, 1975 en Wyrcki, 1967).

Las isotermas superficiales (Fig. 9) reflejan que la CC es más notoria en el mes de abril, cuando se presentan las menores temperaturas (Fig. 9B). Por el contrario la presencia del agua de PTOR es mayor en octubre (Fig. 9D), cuando se registran los valores de temperatura más altos. Alrededor de Isla Socorro es evidente una oscilación térmica aproximadamente sincrónica con la anterior: el patrón mensual de temperatura superficial muestra los menores valores en los meses de febrero-abril y máximos en agosto-octubre (Fig. 11).

Entre ambas condiciones extremas, asociadas a la influencia de cada corriente, la zona muestra peculiaridades propias de zonas de transición; particularmente evidente en los perfiles promedio mensual de salinidad y temperatura (Figs. 12-15). En ellos se identifica claramente un máximo de salinidad entre los 150 a 250 metros, reconocido por Wyrcki (1967) como indicativo de agua subtropical subsuperficial. En contraste este máximo de salinidad se localiza, en aguas del PTOR, a una profundidad cercana a los 60 metros. En la zona de estudio la profundidad a la que se ubica es mayor; probablemente debido al hundimiento del agua del PTOR, lo que podría ser provocado por la intrusión superficial de agua de menor densidad. Lo anterior, aunado a las fuertes fluctuaciones en los niveles de salinidad y en los valores de temperatura (ver Figs. 12-15), permite suponer para las inmediaciones de Isla Socorro la presencia de masas de agua tanto del PTOR como de la CC; tal como se mencionó en las características generales.

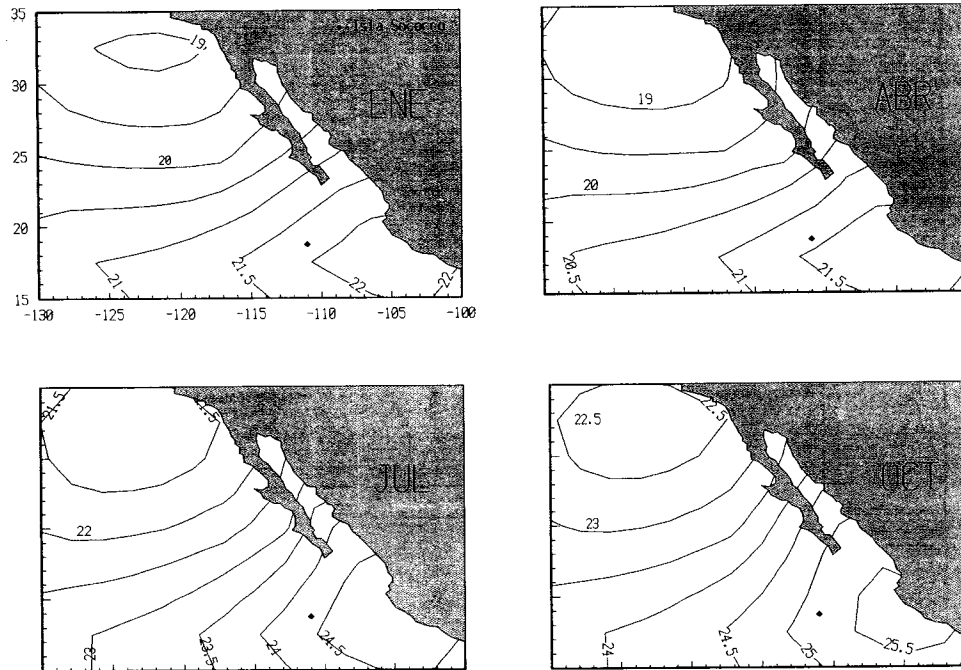
Las variaciones de esta interacción pueden describirse a partir de la presencia, durante gran parte del año, de un mínimo subsuperficial en la curva del perfil de salinidad que fluctúa de cerca de 34.7 unidades en febrero hasta cerca de 33.9

unidades en septiembre (Figs. 12-15B). Es posible que el mínimo valor de salinidad no se presente en el mes mencionado; sin embargo, debido a la falta de muestreos en los meses de junio a agosto, resulta imposible determinarlo. El mínimo de salinidad aparentemente fluctúa también en profundidad, durante los meses de febrero a mayo se localiza entre los 65 y los 80 m. A partir de agosto el mínimo parece cada vez más somero, hasta octubre-noviembre cuando aparentemente desaparece (Fig. 16). En otras palabras: la profundidad a la que se localiza este mínimo subsuperficial de salinidad parece variar a lo largo del año, aumentando en la época en que las diferencias de salinidad de éste con la superficie son mayores y disminuyendo hasta desaparecer cuando el gradiente entre estos niveles se desvanece.



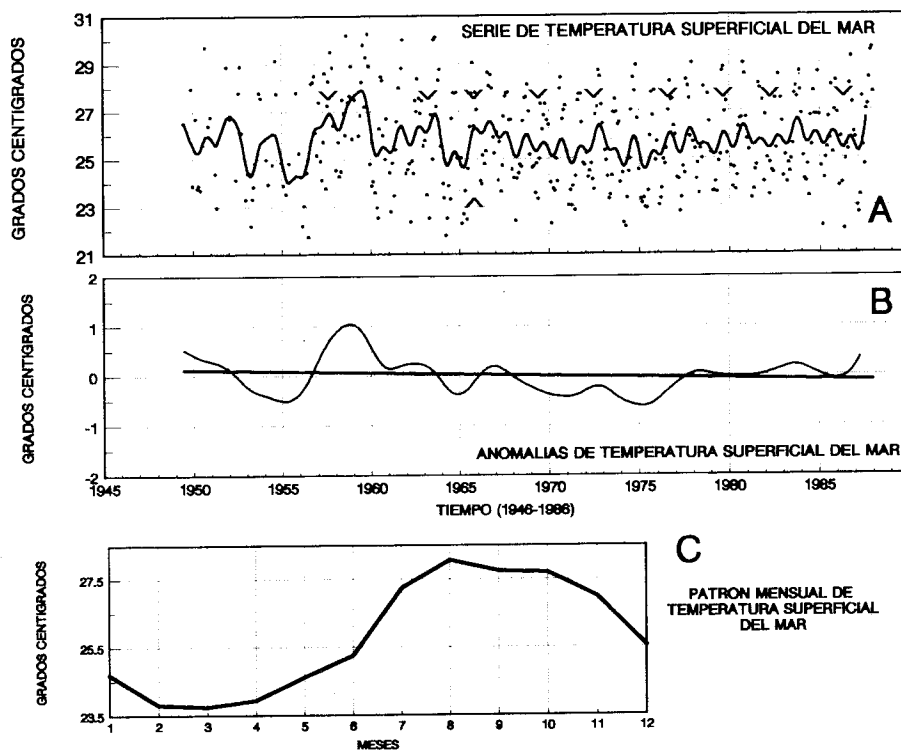
**Figura 9.** Isolíneas promedio mensuales de salinidad superficial del mar (unidades de salinidad) en el Pacífico mexicano. A: Enero. B: Abril. C: Julio. D: Octubre.

Tal comportamiento sugiere épocas de estratificación y épocas de mezcla de la capa más superficial, principalmente por arriba de los 50 m. En la Fig. 17 se puede apreciar que la diferencia entre las temperaturas de las profundidades de 80, 60, 40 y 20 m, con la temperatura en superficie es mayor en septiembre-diciembre. Para este período los perfiles de temperatura muestran un marcado gradiente en la capa referida, con temperaturas superficiales elevadas y notablemente mayores que los valores a 50 m; esta estructura térmica es indicativa de estratificación. El perfil de salinidad para ese periodo se caracteriza por valores superficiales bajos, un mínimo subsuperficial relativamente somero y una diferencia entre ambos valores comparativamente reducida.



**Figura 10.** Isolíneas promedio mensuales de temperatura superficial del mar (grados centígrados) en el Pacífico mexicano. A: Enero. B: Abril. C: Julio. D: Octubre.

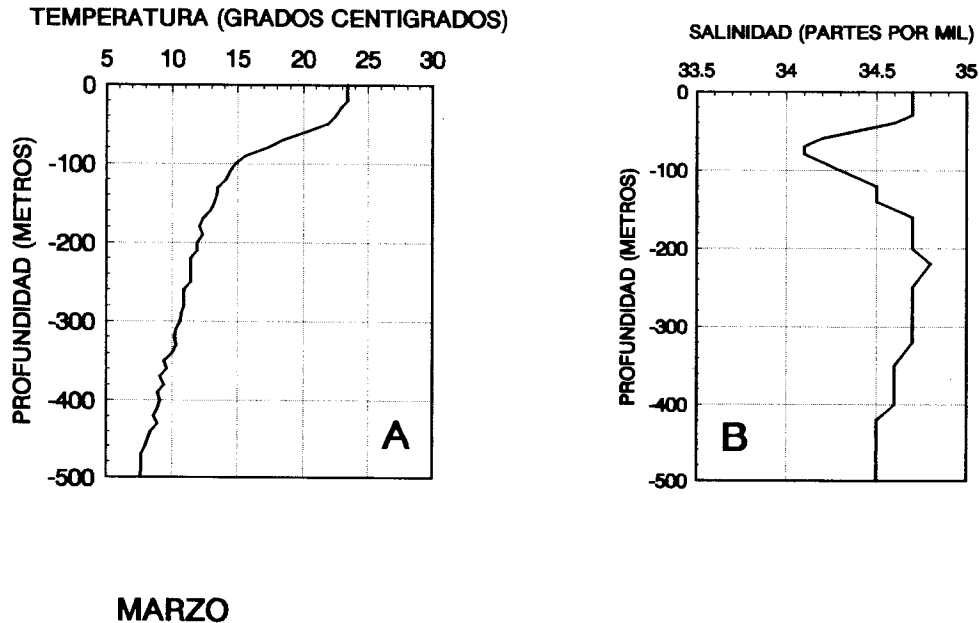
En contraste la estructura térmica vertical de los primeros 50 m durante febrero-mayo es característica de homogeneidad, como lo confirman tanto las diferencias poco marcadas de la Fig. 17 como los perfiles de temperatura de marzo y mayo (Figs. 12 y 13), que muestran temperatura superficial baja con poca diferencia entre ésta y la del nivel de los 50 m. Por su parte el perfil de salinidad muestra alta salinidad en superficie, un mínimo subsuperficial más profundo y una diferencia comparativamente grande entre ambos valores. Estos aspectos de los perfiles parecen relevantes para explicar la interacción de las masas de agua alrededor de Isla Socorro. Dado que no se encontraron estudios que incluyan estas observaciones a continuación sugerimos una hipótesis preliminar sobre las masas de agua presentes en las inmediaciones de Isla Socorro a lo largo del año, que permite explicar las peculiaridades señaladas en los perfiles de temperatura y salinidad.



**Figura 11.** Temperatura superficial del mar (grados centígrados) en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro en el periodo 1949-1987. A: Datos en crudo, suavizado de la serie y años donde se registran eventos anómalos ( $\wedge$ ). B: Suavizado de la serie de anomalías y recta de regresión. C: Patrón mensual.



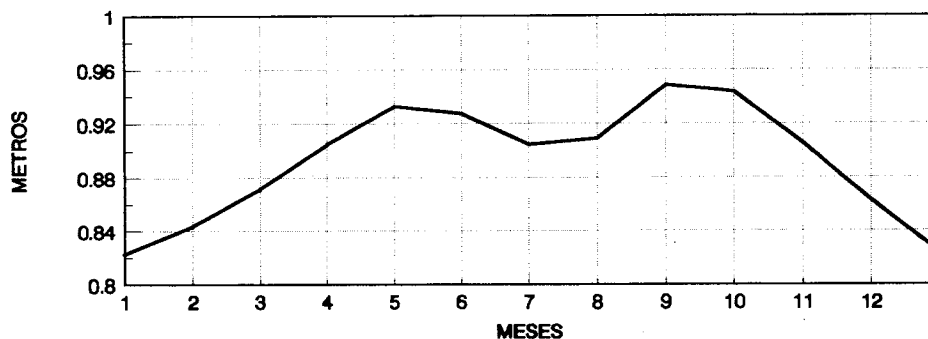
A partir del mes de marzo (Fig. 12B) se presenta en la zona la masa de agua proveniente de la CC, superpuesta al agua del PTOR, conformándose un perfil de salinidad que presenta valores superficiales máximos. Como se señaló el agua superficial de la CC ha estado expuesta a la influencia de la radiación solar, y por lo tanto a elevada evaporación, durante su lento trayecto hacia el sur. La masa superficial así originada es homogénea desde la superficie hasta alrededor de los 50 m, como lo indican estructuras verticales térmica y salina características de homogeneidad. Por debajo de ella la salinidad decrece drásticamente hasta un mínimo subsuperficial que se localiza, en esta parte del año, entre los 65 y los 80 metros. Este mínimo corresponde al límite superior del agua del PTOR, que se caracteriza por valores de salinidad menores conforme más someros; como ya se señaló. Entre ambas es posible que exista cierta mezcla, que de cualquier manera no logra homogeneizar ambas masas de agua. Abajo del mínimo subsuperficial la salinidad aumenta hasta un máximo localizado entre los 200 y los 250 metros que, según Wyrski (1967), corresponde al límite superior del agua subsuperficial subtropical. El perfil de temperatura en marzo (Fig. 12B) muestra valores comparativamente bajos en superficie y una capa superior homogénea,



**Figura 12.** Condición promedio del mes de marzo de los perfiles de 0 a 500 metros de profundidad en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro. A: Perfil de temperatura (grados centígrados). B: Perfil de salinidad (unidades de salinidad).

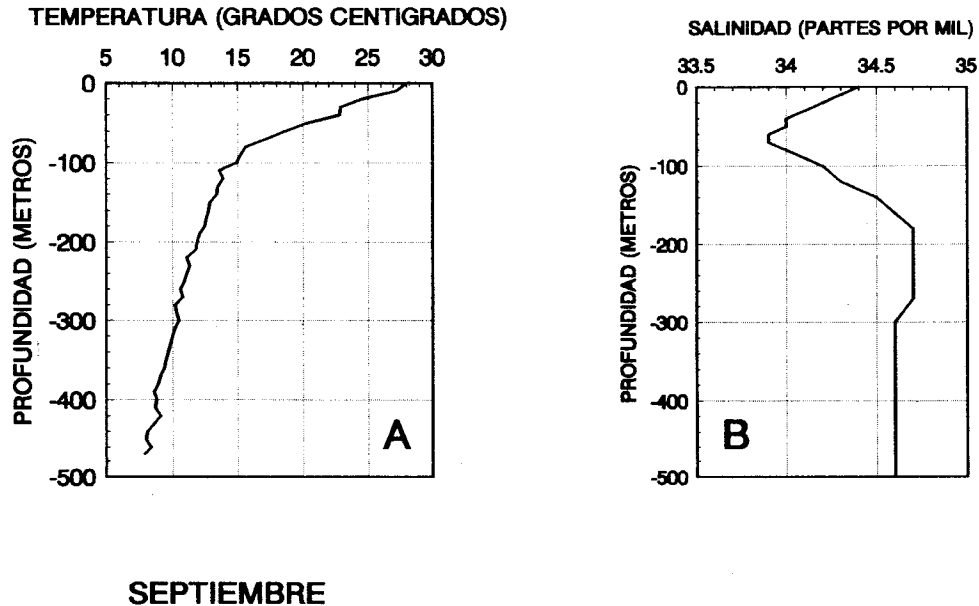
la de la CC, así como un aumento gradual con la profundidad hasta alcanzar valores casi constantes a partir de los 200 metros. A diferencia de los perfiles de salinidad, los de temperatura no muestran fronteras marcadas entre las masas de agua de diferente origen ya que a estas latitudes son muy similares respecto a esta característica (Wyrki, 1967).

Para el mes de mayo (Fig. 13) la temperatura y la salinidad superficiales se han incrementado ligeramente, posiblemente debido a la mayor insolación conforme avanza el ciclo estacional. Las diferencias de salinidad entre los valores superficiales y los del mínimo subsuperficial se han mantenido constantes, y únicamente se registra un aparente incremento en la profundidad a la que se localiza el mínimo de salinidad; probablemente indicativo de un aporte mayor de agua por parte de la CC.



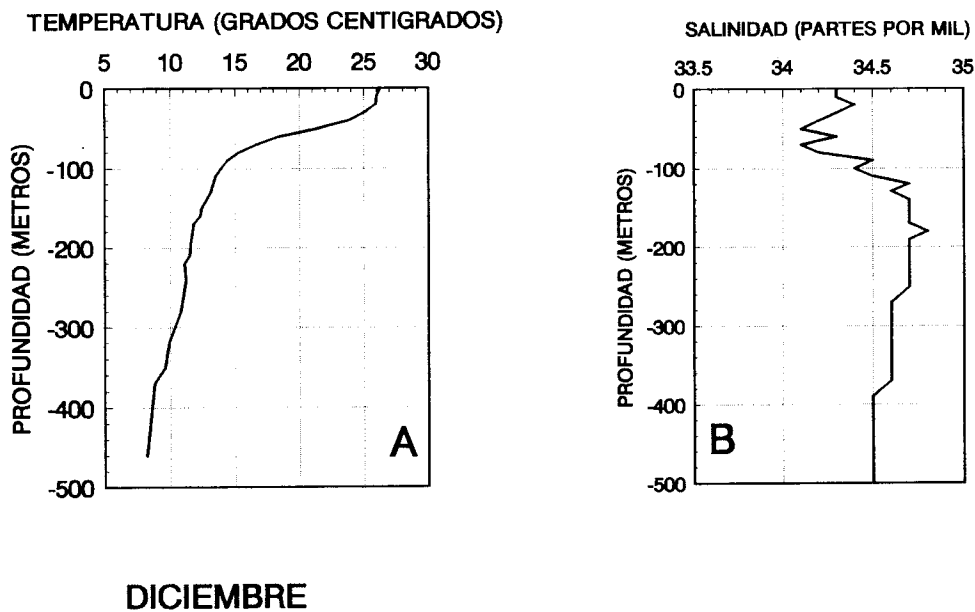
**Figura 13.** Condición promedio del mes de mayo de los perfiles de 0 a 500 metros de profundidad en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro. A: Perfil de temperatura (grados centígrados). B: Perfil de salinidad (unidades de salinidad).

En septiembre (Fig. 14) se detectan cambios importantes con respecto a mayo: en superficie, la salinidad ha disminuido en varias décimas y la temperatura ha aumentado de 24 a 28° C. La salinidad en el mínimo subsuperficial ha disminuido también, pero la diferencia entre ésta y la salinidad superficial es menor que en mayo. Ello podría reflejar tanto la ausencia de aporte de agua de la CC como la influencia más marcada del agua del PTOR. No obstante, se presenta estratificación en la columna de agua; aparentemente ocasionada no por la interacción de dos masas de agua de diferente origen, sino por elevadas tasas de evaporación actuando sobre masas de agua estacionadas. Cabe recordar que en esta época la APN se encuentra lejos y, por lo tanto, los vientos que provocan la mayor parte de las corrientes superficiales se encuentran muy debilitados (ver Figs. 7 y 8). La condición de corrientes débiles en la zona es reportada en los mapas de Fiedler (1992) referentes a la variabilidad estacional en aguas superficiales del Pacífico tropical.

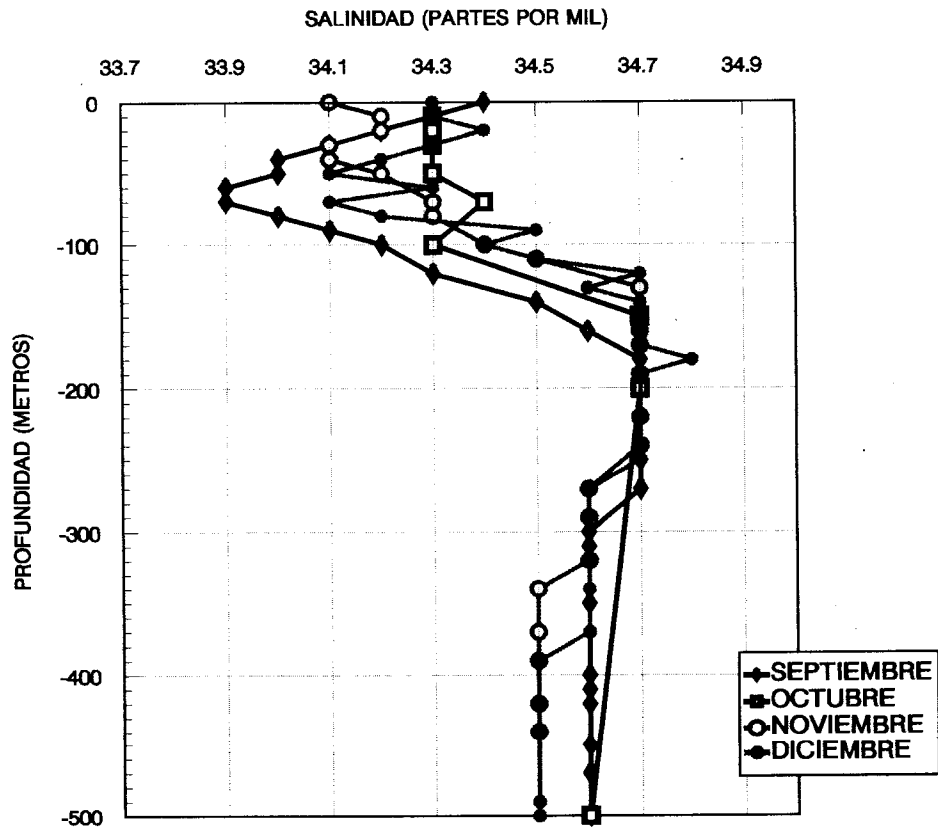


**Figura 14.** Condición promedio del mes de septiembre de los perfiles de 0 a 500 metros de profundidad en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro. A: Perfil de temperatura (grados centígrados). B: Perfil de salinidad (unidades de salinidad).

El aparente proceso de estratificación, con aumento de la densidad de la capa superficial por evaporación, se ve interrumpido en octubre (Fig. 16) cuando el mínimo subsuperficial de salinidad desaparece y se presenta una homogenización de la columna de agua desde la superficie hasta por abajo de los 150 metros. Esto podría ser efecto tanto del hundimiento de la pequeña masa de agua formada por la evaporación como de la acción de los vientos nortes y noroestes, que en esta época se reestablecen (Fig. 8).



**Figura 15.** Condición promedio del mes de diciembre de los perfiles de 0 a 500 metros de profundidad en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro. A: Perfil de temperatura (grados centígrados). B: Perfil de salinidad (unidades de salinidad).



**Figura 16.** Perfiles promedio de salinidad (unidades de salinidad) de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro.

La configuración del perfil en octubre es netamente tropical (ver descripción de Wyrki,1967), debido tanto a la homogenización como a la influencia más marcada del agua del PTOR. Esta condición se mantiene hasta diciembre, con pequeños cambios en temperatura y salinidad debidos a la intensificación y posterior retirada paulatina de la influencia del agua tropical. En esta parte del año es posible que entren en la zona otras masas de agua a interactuar; tal es el caso del agua del Pacífico subtropical, de alta salinidad y temperatura variable, que se forma principalmente en la parte central del giro anticiclónico del Pacífico norte y permanece lejos del área cuando la CC se encuentra mas sureña. Otra posible influencia en la zona, durante esta época, es el agua del Golfo de California que según Roden (1964) presenta un reflujo a nivel superficial con una influencia en el océano adyacente difícil de evaluar. El ciclo se cierra durante diciembre y enero, periodo en el que la CC empieza a influir de nuevo.

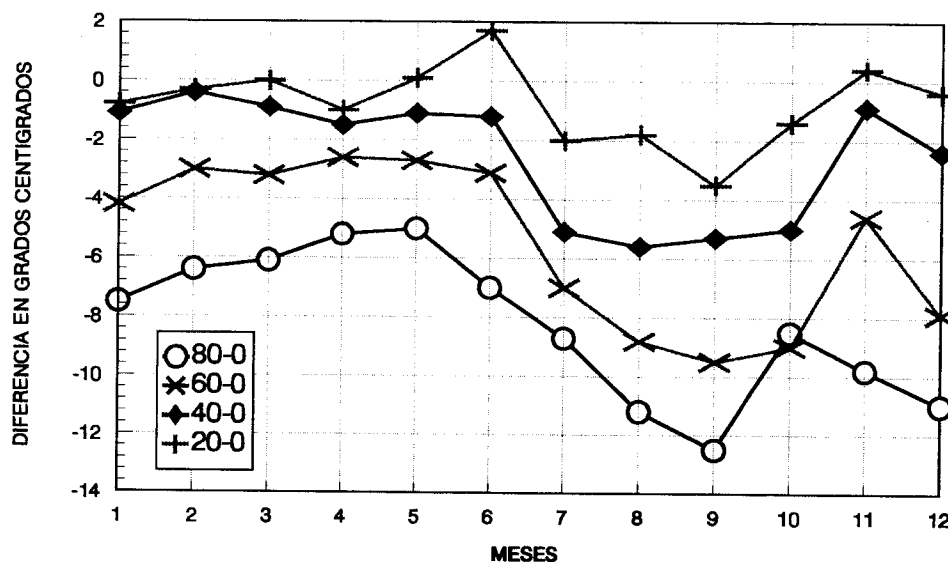


Figura 17. Patrón mensual de diferencias de temperatura entre la superficie y las profundidades de 20, 40, 60 y 80 metros, en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro.

## Variabilidad Interanual

Aunque es el más conocido y el mejor estudiado, el ciclo estacional no es la única fuente de variabilidad que afecta la zona de estudio. Desde hace relativamente pocos años se han descrito fenómenos oceanográficos capaces de modificar considerablemente las condiciones climáticas y oceánicas. Estos se presentan con periodicidades mayores a un año, por lo que se denominan fenómenos de variabilidad interanual.

## El Niño

Dentro de los más citados se encuentran los asociados a la Oscilación del Sur, término originalmente aplicado a los cambios simultáneos en la presión atmosférica que ocurren entre el Pacífico tropical occidental y el oriental. Conforme los estudios se profundizaron se encontró que las señales de este fenómeno se registran en numerosas variables, dentro y fuera del área mencionada, de forma que en la actualidad el término se aplica a un tipo de variación interanual de alta frecuencia (4-10 años) de las condiciones oceánicas y atmosféricas del Pacífico tropical.

La expresión oceánica de este ciclo encuentra sus extremos en los fenómenos conocidos como El Niño, que se refleja en un calentamiento anómalo de las aguas en el PTOR; y su fase contraria denominada La Niña, un enfriamiento anómalo en esta zona del Pacífico. Una descripción de estos fenómenos, los mecanismos que los regulan y los cambios oceánicos y atmosféricos asociados pueden encontrarse en Bjerknes (1969), Quinn *et. al.*, (1987) y Rasmusson y Wallace (1983), entre otros.

Pese a ser semejantes en ciertos aspectos, desde los primeros trabajos hasta la fecha gradualmente se ha reconocido que los fenómenos El Niño presentan diferentes características. Por ejemplo los eventos de 1965, 1969 y 1972 aunque involucraron anomalías de temperatura superficial del mar de diferente magnitud, muestran una alta coherencia entre sí en términos de los patrones de anomalías de temperatura y vientos (Rasmusson y Carpenter, 1982). En cambio, El Niño de 1982 mostró fuertes diferencias tanto en su sincronización con el ciclo estacional como en la magnitud y distribución espacial de las anomalías de temperatura superficial del mar (Taft, 1985; Wallace, 1985). Aún sin considerar este evento anómalo persisten diferencias apreciables. Algunas veces la señal de El Niño es más intensa en el hemisferio norte que en el sur, mientras que en otras ocurre lo contrario. Además, existen diferencias significativas en la duración de cada evento (normalmente un año) y en el tiempo que transcurre entre dos eventos sucesivos (Quinn *et. al.*, 1987).

La presencia de El Niño en aguas del Pacífico tropical mexicano fué reportada por Gallegos *et al.* (1984) para el evento de 1982 y para el evento de 1986 por De la Lanza y Galindo (1989), quienes encontraron aguas superficiales relativamente calientes (anomalías de 1.5<sup>o</sup> C) desde 0-20 m de profundidad, así como un

calentamiento subsuperficial entre 20-100 m en aguas oceánicas. Desafortunadamente el estudio no incluyó las inmediaciones de Isla Socorro, ya que se refiere a aguas situadas a la misma latitud pero considerablemente más costeras.

En términos generales se han reconocido dos mecanismos para explicar que El Niño se manifieste fuera de la zona en la que se origina. El primero de ellos es el transporte hacia el norte y el sur, a través de ondas Kelvin costeras atrapadas, de las masas de agua tropicales anómalas. Este mecanismo explica, por ejemplo, la presencia de aguas cálidas a lo largo de las costas del Pacífico tropical mexicano durante uno de estos eventos. No obstante, la amplitud de las ondas Kelvin costeras es máxima cerca de la costa y disminuye conforme aumenta la distancia a la misma (Volland, 1988). Por ésto, no es esperable un marcado efecto en áreas oceánicas.

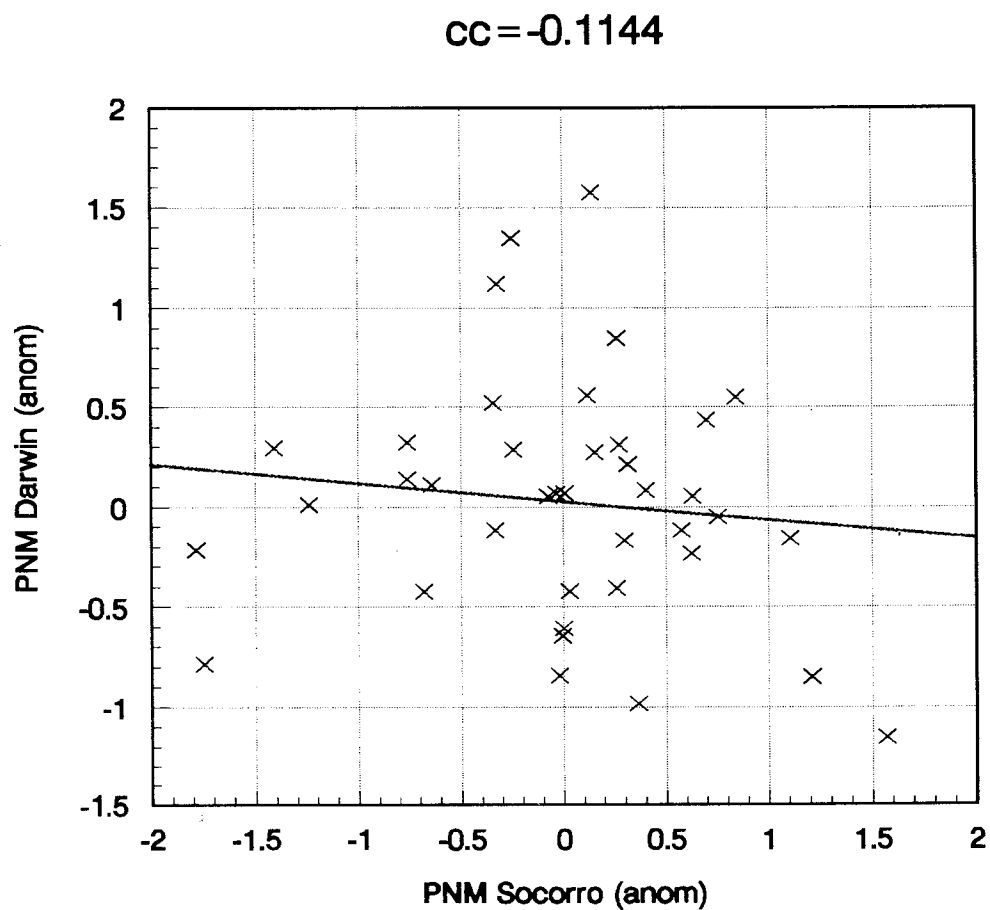
El segundo mecanismo, denominado teleconexiones, explica las altas correlaciones que existen entre la señal de El Niño y diferentes series climáticas de localidades muy alejadas del PTOR; especialmente con series de presión atmosférica. En términos generales la idea es que la zona de convergencia que se forma en el ecuador durante un El Niño, al estar ubicada en localidades donde normalmente no se presenta, altera la circulación general de la atmósfera y en consecuencia puede modificar los patrones de presión atmosférica de zonas alejadas a través de ondas estacionarias semejantes a las ondas Rosby (Norton *et. al.*, 1985 Philander, 1990; Rasmussen y Wallace, 1983; Trenberth, 1991; Wallace, 1985).

Respecto a la posibilidad de que este mecanismo opere en la zona de estudio, la Fig. 18 muestra el diagrama de dispersión de las series de anomalías de presión atmosférica de Isla Socorro y de Darwin, Australia. Esta última localidad es comúnmente utilizada para detectar teleconexiones con El Niño a través de correlaciones, ya que se encuentra en la zona donde la señal de la Oscilación del Sur es más marcada.

Puede apreciarse la baja correlación negativa que existe entre las dos series, indicativa de que la Oscilación del Sur tiene poca influencia sobre las variaciones en la zona de estudio. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Trenberth y Shea (1987), quienes correlacionan la presión de Darwin con la de diferentes localidades alrededor del mundo y encuentran en general, para el Pacífico tropical mexicano, valores bajos. Desde luego ello no implica que la señal de El Niño no se presente, pero sí debe ser interpretado en el sentido de que en la zona no opera ninguna teleconexión de manera importante.

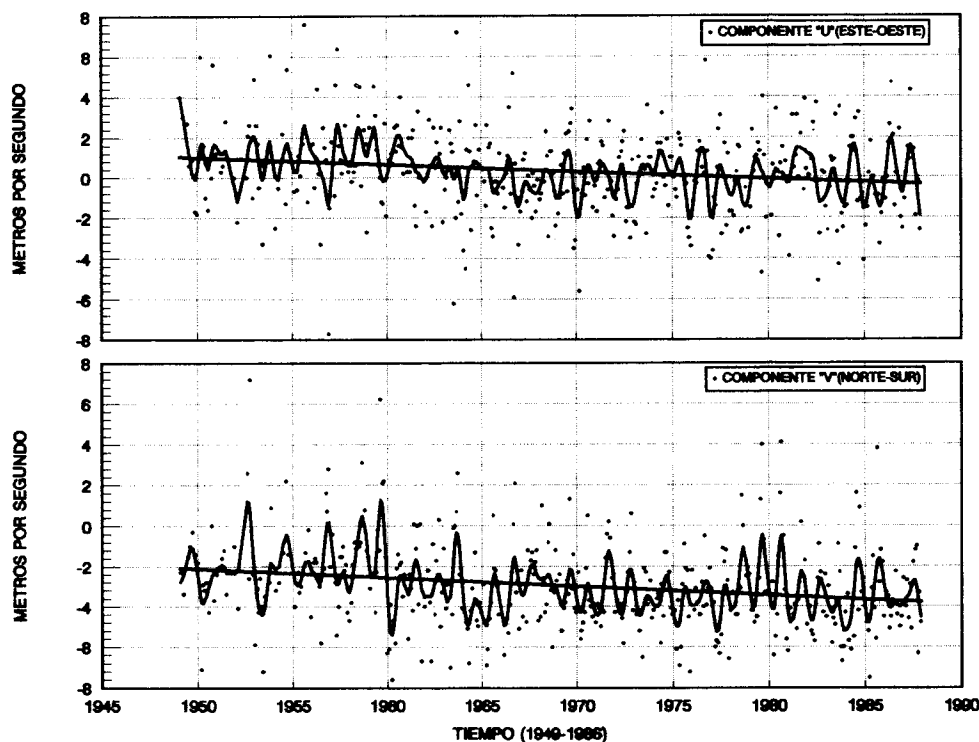
Las series de temperatura superficial del mar (Fig. 11A y presión atmosférica (Fig. 5A) permiten explorar sobre la presencia de El Niño en las inmediaciones de Isla Socorro. Las series se muestran apenas lo suficientemente suavizadas como para eliminar parcialmente el ciclo estacional. En el período que comprenden se han registrado nueve eventos fuertes, iniciados en los años 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1979, 1982 (Graham y White, 1988) y 1986 (Kousky y Leetmaa, 1988). Si bien la duración de cada El Niño es variable, generalmente su señal se prolonga hasta el siguiente año.





**Figura 18.** Diagrama de dispersión y correlación entre las series de anomalías de presión atmosférica a nivel del mar en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro y Darwin, Australia.

En el caso de la serie de temperatura las más cálidas se registran en 1959, año para el que Graham y White (1988) no reportan ningún evento El Niño. Si bien los años de 1957 y 1963 muestran temperaturas más elevadas que el resto de la serie, el resto de los años en los que ocurrió un evento El Niño no presentan temperaturas significativamente mayores. Por su parte la serie de presión registra cada evento como un valor bajo; aunque si bien existe mayor coherencia que en el caso de la temperatura la señal de El Niño en la serie es, cuando mucho, débil. Finalmente, las series de componentes zonal y meridional del viento (Fig. 19) no muestran un patrón definido durante los años El Niño. En conclusión no parece que la variabilidad asociada a la Oscilación del Sur tenga un marcado efecto en las inmediaciones de Isla Socorro, al menos en lo que se refiere a las variables analizadas.



**Figura 19.** Datos crudos, suavizado de la serie y recta de regresión de los componentes U (este-oeste) y V (norte-sur) de los vientos superficiales (metros por segundo) en el cuadrante donde se ubica Isla Socorro, en el periodo 1949-1987.

### Variabilidad de décadas

Fuera de los eventos El Niño las fuentes de variabilidad interanual han sido muy poco estudiadas, en particular las que se reflejan en periodos del orden de décadas. La serie de anomalías de temperatura superficial del mar en las inmediaciones de Isla Socorro (Fig. 11B), suavizada a fin de eliminar las altas frecuencias, muestra la variabilidad en estas escalas de tiempo. Sus aspectos más relevantes son un máximo hacia finales de la década de los 1960's, seguido de un enfriamiento que culmina alrededor de 1975, para presentarse una nueva tendencia al calentamiento hasta mediados de los 1980's.

Este patrón de tendencias sostenidas, denominadas regímenes térmicos, ha sido identificado tanto en la temperatura global del planeta como en los registros de temperatura del mar y del aire en estaciones a todo lo largo de la costa del Pacífico norteamericano; desde La Jolla, California, hasta Juneau, Alaska (Lluch-Belda *et al.*, 1992). En la zona de estudio la variación térmica involucrada es relativamente pequeña (menos de  $2^{\circ}$  C), en comparación con la variabilidad total de la serie (aproximadamente  $8^{\circ}$  C). Aunque con menor claridad el patrón de los regímenes térmicos se puede detectar, invertido, en la serie de anomalías de presión (Fig. 5B).

Aún muy poco comprendidos, los regímenes de temperatura parecen tener efectos muy significativos sobre el ecosistema marino. Han sido asociados a variaciones muy considerables en la abundancia de poblaciones biológicas muy numerosas, particularmente de pelágicos menores; estas variaciones ocurren de forma aproximadamente simultánea en todo el planeta, por lo que se han interpretado a la luz de cambios climáticos globales (Kawasaki y Omori, 1988; Lluch-Belda *et al.*, 1989).

### Tendencias de largo plazo

Finalmente, existen fuentes de variabilidad que actúan en periodos aún más largos que los regímenes, sin llegar a las escalas geológicas, y que se reflejan a manera de tendencias de largo plazo (50-100 años) en las series climáticas y oceánicas. En particular la tendencia al calentamiento global del planeta ha sido materia de numerosos trabajos en los últimos años, en muchos de los cuales se ha señalado como urgente la necesidad de establecer las tendencias del cambio climático en los niveles regionales (Jones y Wigley, 1990). A continuación, únicamente se señalan las tendencias de largo plazo observadas para las series de Isla Socorro, sin intentar relacionarlas con otras tendencias climáticas.

Las series de presión y temperatura del mar para Isla Socorro muestran poca tendencia de largo plazo (Figs. 5 y 11B). La tendencia de estas series representa apenas el 5.5% de la variabilidad total en el caso de la temperatura, y aún menos (4.2%) en el de la presión. Por su parte las series de componentes zonal y meridional de viento muestran tendencias un tanto más marcadas, que representan el 7.5% y el 12.5% de la variabilidad total respectivamente (Fig. 19).

El componente zonal muestra tendencia a incrementarse en sentido oeste; ésto es, a que se presenten vientos con componente oeste más marcado o bien con componente este decrecido. La tasa de cambio anual de este componente es de aproximadamente 0.00325 m/s/año. Por su parte el componente meridional muestra incrementos de 0.005 m/s/año en sentido sur. Combinando ambos componentes puede considerarse que los vientos en las inmediaciones de Isla Socorro han tendido hacia las condiciones invernales, con vientos predominantemente en dirección suroeste.

## Conclusiones

El que Isla Socorro se encuentre aproximadamente en la frontera de dos sistemas de corrientes (el Pacífico nor-oriental y el Pacífico tropical oriental) le confiere a la zona una alta variabilidad, en cuanto a características oceanográficas, en comparación con otras localidades netamente tropicales. Los patrones de interacción de las corrientes y masas de agua propias de estos sistemas, así como las variaciones en los parámetros físico-químicos asociados, sugieren que el Archipiélago de las Revillagigedo se encuentra la mayor parte del año inmerso en la zona de transición oceanográfica del Pacífico norte.

Estacionalmente las variaciones en las inmediaciones de Isla Socorro parecen estar determinadas por la influencia alternada de la corriente de California (durante el invierno, con aguas menos salinas y más frías), y de la corriente norecuatorial (durante el verano, con la condición contraria). El resto del año correspondería a una transición entre ambos estados. Esta hipótesis preliminar permite explicar ciertas particularidades observadas en los perfiles promedio de salinidad y temperatura; en especial la presencia de dos máximos de salinidad, superficial y subsuperficial, con un mínimo intermedio. Además, explica las variaciones observadas a lo largo del año.

Respecto a variaciones interanuales, la señal de El Niño es por lo general débil en las inmediaciones de Isla Socorro en todas las series analizadas. Por una parte, no se encontró ninguna teleconexión de importancia. Por otra, aparentemente la zona es demasiado oceánica como para ser afectada vía ondas Kelvin.

En lo referente a variabilidad entre décadas, los datos analizados muestran la presencia de un patrón de tendencias sostenidas que corresponde a regímenes térmicos identificados en trabajos anteriores. La presencia de estos regímenes puede ser importante, ya que han mostrado ejercer fuerte influencia en poblaciones marinas de interés pesquero.

A más largo plazo, se identifican tendencias poco marcadas en cuanto a temperatura y presión. En cambio, en los vientos se detectan tendencias más pronunciadas hacia condiciones invernales (incrementos en los componentes oeste y sur).

## Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro reconocimiento al M. en C. Sergio Hernández y al Biól. César Salinas, no sólo por su ayuda directa en este trabajo, sino también por el esfuerzo de los últimos años dedicado a recopilar y actualizar las bases de datos del Departamento de Climatología Aplicada del CIB, sin las cuales la presente contribución no hubiera sido posible.

## Literatura Citada

- Anónima 1990. GRAFTOOL: GRAPHICAL ANALYSIS SYSTEM. USERS GUIDE 3.0. 3-D Corporation.
- Bennett, E.B. 1963. An Oceanographic atlas of the eastern tropical Pacific Ocean, based on data from EASTROPIC Expedition, October-December 1955. INTER-AMER. TROP. TUNA COMM. BULL., 8: 33-165.
- Bjerknes, J., 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. MONTHLY WEA. REV. 97:-163-172.
- Cromwell, T. y E.B. Bennett. 1959. Surface drift charts for the Eastern Tropical Pacific. INTER-AMERICAN TUNA COMMISSION BULLETIN, 3: 217-237.
- De la Lanza G. e I. Galindo E. 1989. ENSO 1986-87 at mexican subtropical Pacific offshore waters. ATMÓSFERA, (1989) 17-30.
- Fiedler, P.C. 1992. Seasonal climatologies and variability of Eastern Tropical Pacific Surface Waters. NOAA TECHNICAL REP. NMFS 109.
- Gallegos, G.A., G. de la Lanza, F. Ramos y M. Guzmán. 1984. The 1982-1983 warm episode in the offshore waters of Guerrero, México (northeastern tropical Pacific Ocean). REV. GEOFIS., 21: 43-55.
- Graham, E.N. y W.B. White. 1988. The El Niño Cycle: A natural oscillation of the Pacific ocean-atmosphere system. SCIENCE 240: 1293-1302.
- Jones, P.D. y T.M. Wigley. 1990. Global warming trends. SCI. AMER. 263(2):66-73.
- Kawasaki, T. and M. Omori. 1983. Fluctuations in the three major sardine stocks in the Pacific and the global trend in temperature. IN: LONG TERM CHANGES IN MARINE FISH POPULATIONS. WHYATT, T. AND M.G. LAGARRETA (EDS). Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo: 37-53.
- Kousky, V.E. y A. Leetmaa. 1988. The 1986-87 Pacific warm episode: evolution of oceanic and atmospheric anomaly fields. JOURNAL OF CLIMATE 2:254-267.
- Lluch-Belda, D., R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose and P.E. Smith. 1989. World-wide Fluctuations of Sardine and Anchovy Stocks: The Regime Problem. S. AFR. J. MAR. SCI. 8:195-205.
- Lluch-Belda, D., S. Hernández-Vázquez, D.B. Lluch-Cota, C.A. Salinas-Zavala y R.A. Schwartzlose. 1992. The Recovery of the California sardine as related to Global Change. CALCOFI REP. 33: 50-59.
- Montgomery, R.B. 1959. Salinity and residence time of subtropical oceanic surface water. ROSSBY MEMORIAL Vol.:143-146.
- Montgomery, R.B. y E.D. Stroup. 1962. Equatorial waters and currents at 150 W in July-August, 1952. JOHN HOPKINS OCEANOGRAPHY STUDIES 1:1-68.

- NODC. 1989. EXPERIMENTAL CD-ROM NODC-01: PACIFIC OCEAN TEMPERATURE AND SALINITY PROFILES. Informal Report No. 10.
- Norton, J., D. MacLain, R. Brainard and D. Husby. 1985. The 1982-1983 El Niño Event off Baja and Alta California And Its Ocean Climate Context. IN: EL NIÑO NORTH: NIÑO EFFECTS IN THE EASTERN SUBARTIC PACIFIC OCEAN. WOOSTER S.W. AND D.L. FLUHARTY (EDS) 42-72.
- Philander, S.G. 1990. EL NIÑO, LA NIÑA, AND THE SOUTHERN OSCILLATION. Academic Press. USA. 293pp.
- Quinn, W.H., V.T. Neal and S.E. Antunez de Mayolo, 1987: El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries. J. GEOPHYS. RES. 92:14449-14461.
- Rasmusson, E.M. and T.H. Carpenter. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. MONTHLY WEA. REV. 110:354-384.
- Rasmusson, E.M. and J.M. Wallace. 1983. Meteorological aspects of El Niño/Southern Oscillation. SCIENCE 122:1195-1202.
- Reid, O.R. 1948. The equatorial currents of the eastern Pacific as maintained by stress of the wind. JOURNAL OF MARINE RES. 7:74-99.
- Reid, J.L. 1960. Oceanography of the northeastern Pacific Ocean during the last ten years. CALCOFI PROGRESS REP. 7: 77-90.
- Reid, J.L. y A.W. Mantyla. 1978. On the mid depth circulation of the North Pacific ocean. JOURNAL OF PHYSICAL OCEAN. 8:946-951.
- Reid, J.L., G.I. Roden y J.G. Willey. 1958. Studies of the California Current System. Calif. COOP. OCEANIC FISHERIES INVEST. REP. 6:28-57.
- Roden, G.I. 1962. Oceanographical aspects of Eastern Equatorial Pacific. GEOFISICA INTERNACIONAL 2:77-92.
- Roden, G.I. 1964. Oceanographic Aspects of the Gulf of California. p. 30-58 IN: MARINE GEOLOGY OF THE GULF OF CALIFORNIA: A SYMPOSIUM. T.H. VAN ANDEL, AND G.G. SHOR (EDITS). Amer. Assoc. Pet. Geol. Mem. 3.
- Roden, G.I. 1970. Aspects of the mid-Pacific transition zone. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH. 75: 1097-1109.
- Roden, G.I. 1971. Aspects of the transition zone in the Northeastern Pacific. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 76: 3462-3475.
- Taft, A.B., 1985. El Niño of 1982-83 in the Tropical Pacific. IN: EL NIÑO NORTH: NIÑO EFFECTS IN THE EASTERN SUBARTIC PACIFIC OCEAN. WOOSTER S.W. AND D.L. FLUHARTY (EDS) 1-8.
- Trenberth, K.E. 1991. General Characteristics of El Niño-Southern Oscillation. p. 13-42 IN: TELECONNECTIONS LINKING WORLDWIDE CLIMATE ANOMALIES. GLANTZ, M.H., R.W. KATZ Y N. NICHOLLS (EDITS). Cambridge University Press. USA.
- Trenberth, K.E. y D.J. Shea. 1987. On the Evolution of the Southern Oscillation. MONTHLY WEATHER REVIEW. 115, 3078-3096.
- Volland, H. 1988. ATMOSPHERIC TIDAL AND PLANETARY WAVES. Kluwer Acad. Pub. Netherlands. 348 pp.
- Wallace, J.M., 1985. Atmospheric Responses to Equatorial Sea-Surface Temperature Anomalies. IN: EL NIÑO NORTH: NIÑO EFFECTS IN THE EASTERN SUBARTIC PACIFIC OCEAN. WOOSTER S.W. AND D.L. FLUHARTY (EDS). 9-21.
- Wyrki, K. 1965a. Surface currents in the eastern equatorial Pacific Ocean. INTER-AMER. TROP. TUNA COMM. BULL. 9:270-304.
- Wyrki, K. 1965b. The thermal structure of the eastern Pacific Ocean. DEUTSCH. HYDROG. ZEITS. ERGÄNZUNGSHILF 1-84.
- Wyrki, K. 1967. Circulation and Water Masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. J. OCEANOL. AND LIMNOL. 1(2):117-147.
- Wyrki, K. 1966. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. OCEANOGR. MAR. BIOL. ANN. REV. 4: 33-68.
- Woodruff, S.D., R.J. Slutz, R.L. Jenne y P.M. Steurer. 1987. A Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set. AMERICAN METEOR. SOCIETY BULL. 8(10):1239-1250.



SECCION III

**BIOLOGIA Y ECOLOGIA DE ESPECIES  
TERRESTRES**





## CAPITULO 7

# ASOCIACIONES VEGETALES

*José Luis León de la Luz, Aurora Breceda Solís-Cámara,  
Rocío Coria Benet y Jorge Cancino Hernández*

### Resumen

En este trabajo se describen y delimitan las diferentes asociaciones vegetales de isla Socorro, se presenta el mapa de vegetación y se analizan algunos parámetros estructurales de los bosques de la isla. Para la realización de esta investigación se realizaron cuatro estancias de trabajo en la isla, se efectuaron recorridos a pie y por avioneta para la identificación y mapeo de las diferentes asociaciones vegetales, para la delimitación de éstas se utilizó fotografía aérea escala 1:70,000; el análisis cuantitativo se hizo sobre los datos muestreados en cuatro transectos de 1000 m<sup>2</sup> en las diferentes subasociaciones de bosques. También, se retoman como fuentes directas de información el trabajo de Miranda en 1960 (Adem et al. 1960) para la identificación de las asociaciones vegetales, y el de Levin y Moran (1989) sobre la flora de la isla. En total se describen seis asociaciones vegetales (pradera, bosque, matorral mixto, matorral decíduo, pastizal, y vegetación costera), para cada asociación se enlistan las especies más comunes y se delimita su área de distribución. De igual forma se considera la superficie erosionada (alrededor del 10% de la isla) por efecto del sobrepastoreo del borrego doméstico que habita en la isla. Este trabajo contribuye además con un análisis estructural del bosque, de acuerdo con las especies dominantes los bosques se pueden subdividir en tres subtipos: bosque de *Ficus cotinifolia*, bosque de *Bumelia socorrens* y bosque de *Oreopanax xalapense*, este último es el más diverso y presenta el mayor número de estratos.

## Abstract

In this work the different plant communities of the Socorro island are described, also the map of vegetation and the structural analysis of the forest are presented. For the identification and mapping of the different plant communities four trips to the island were accomplished during each trip aerial surveys and terrestrial courses were achieved. In order to delimit the associations, aerial photos (in the scale of 1:70,000) were used. The structural analysis of the forest types was done by sampling four transect of 1000 m<sup>2</sup>. Most of the plant associations resulting from this work agree with those proposed by Miranda (Adem *et al.*, 1960) and the identification of the flora based on Levin and Moran (1989). Six plant associations (Prairie, forest, Mixed scrub, Deciduous scrub, grassland, and Coastal groups) are described with data about their area and the most common species. The eroded areas, due to the overgrazing of the domestic sheeps, covering about 10% of the island, are also considered in the map. According to the structural analysis and the dominant species, three types of forest were defined: *Ficus cotinifolia* forest, *Bumelia socorrensis* forest and *Oreopanax xalapense* forest. The last one is the most diverse one and presents more strata than the others.

## Introducción

Las primeras exploraciones botánicas en isla Socorro datan de mediados del siglo XIX (Ver recopilación de Levin y Moran, 1989), las cuales comprendieron colectas de vegetales superiores en algunos sitios de la isla. Es hasta el presente siglo en que se ha puesto atención a la descripción de sus comunidades vegetales o asociaciones florísticas, y es hasta el presente trabajo en donde se analizan datos cuantitativos de esta vegetación.

La primera colecta botánica corresponde a la realizada por A. L. Stockton (registradas bajo el seudónimo de A. W. Anthony), quien viajó a bordo del legendario buque explorador "Sulphur", mismo que circunnavegó durante 1836-1842 (Anthony, ind.). Las colectas fueron parcialmente determinadas por el célebre botánico inglés George Benthham. No obstante, fue el tío político de Stockton, Townsend Stith Brandegee, quien describió numerosas especies de esta misma colección de vegetales (Brandegee, 1898).

Durante 1843, el "Sulphur" arribó nuevamente a las Revillagigedo, pero su botánico George Barklay, no pudo desembarcar en Socorro (Hanna, 1926). En 1889, el personal a cargo del "Albatross" realizó una colección adicional, que fue revisada por la dupla Vasey y Rose en 1890 (Gentry, 1949).

Hacia finales del siglo XIX un grupo de naturalistas a bordo del "Wahlberg" exploraron nuevamente las islas del Archipiélago, el material fue turnado a Brandegee (1900), quién con el conjunto de vegetales hasta ese momento conocidos estableció una flora de 41 especies para la isla Socorro, 27 para Clarión, y 5 para San Benedicto.

En 1906 la Academia de Ciencias de California realizó una expedición al archipiélago, y por primera vez fué factible internarse en la isla, alcanzando las estribaciones del volcán Everman. Los ejemplares fueron determinados por Alice Eastwood quien determinó 70 especies (Johnston, 1931). En 1925, la Academia financió una nueva expedición, realizada en el barreminas "Ortolan", los colectores H. L. Mason y Octavio Solís reunieron 83 ejemplares. Es hasta esta ocasión cuando se registran especímenes procedentes de la cima del volcán Evermann (Johnston, 1931).

Johnston (1931) hace una recapitulación de la flora vascular de la Isla Socorro hasta entonces conocida, ubicando 93 especies en esta isla, 23 de las cuales las reporta como endémicas. En un análisis florístico y biogeográfico señala una consistente afinidad de la flora de Socorro con la entonces conocida de la costa pacífica mexicana, así como con la flora antillana.

Durante 1937-1941, el "Velero III", buque expedicionario financiado por la fundación Allan Hancock, de la Universidad del sur de California, visitó en varias ocasiones a las Revillagigedo, su botánico, Howard S. Gentry (1949), contribuyó con algunas especies a las ya reportadas.

A estas expediciones les siguieron muchas más, mismas que paulatinamente incrementaron la flora conocida de la isla Socorro, entre éstas comienzan a darse las organizadas por instituciones mexicanas. Entre las más importantes, por las publicaciones que generaron, se encuentran la de la Universidad de Guadalajara (Medina, 1957), y la de la UNAM (Adem *et al.*, 1960). En esta última el botánico a cargo fue el Dr. Faustino Miranda, quien describió siete asociaciones vegetales para la isla, siéndo este el primer reporte al respecto.

Del conjunto de colectores para la isla, es el Dr. Reid Moran, quién a través de 3 expediciones colectó alrededor de 400 ejemplares, lo que le permite estructurar una nueva flora (Levin y Moran, 1989). Esta obra cuenta con la colaboración del personal del Centro de Investigaciones Biológicas, quienes aportaron 160 ejemplares, 12 de los cuales corresponden a nuevos registros.

Los trabajos sobre la flora de la Isla Socorro contemplan básicamente listados de especies; en algunos casos, como el de Levin y Moran (1989) se presenta un análisis biogeográfico y describen someramente cuatro asociaciones. Hasta antes de la presente contribución no existía una descripción completa y acompañada de su mapa de las diferentes asociaciones vegetales que se encuentran en la isla, tampoco se han realizado análisis cuantitativos de su vegetación.

Con estos antecedentes, el presente trabajo actualiza y analiza las aportaciones de Miranda (Adem *et al.*, 1960) y de Levin y Moran (1989). Se pro-

ponen nuevas asociaciones vegetales, así como el mapa de vegetación y se ofrecen los resultados del análisis cuantitativo de los diferentes tipos de bosques de la isla.

## **Materiales y Métodos**

### **a) Asociaciones florísticas:**

Se realizaron 4 estancias de trabajo de campo en la isla, durante los meses de mayo, septiembre, y diciembre de 1988, y una en febrero de 1990. Estas estancias comprendieron en total 22 días de trabajo, durante los cuales se efectuaron recorridos a pie que permitieron reconocer y analizar las asociaciones florísticas. La delimitación a priori de estas asociaciones se realizó con el auxilio de fotografías aéreas tomadas en 1976 a escala 1:70,000 (INEGI, 1976), complementada con recorridos de campo sobre la mitad sur de la isla, la porción norte se cubrió mediante avistamiento desde la cima del volcán Evermann y un sobrevuelo en avioneta.

### **b) Análisis estructural del bosque:**

Las características estructurales de los principales tipos de bosques presentes en la Isla se obtuvieron mediante cuatro muestreos de 1000 m<sup>2</sup> cada uno. En los sitios de estudio se registraron todos los individuos leñosos, para cada uno se midió su altura máxima y su cobertura en dos dimensiones (diámetro mayor y su perpendicular). También se evaluaron los siguientes parámetros físicos: altitud, pendiente y el porcentaje de rocosidad en los sitios estudiados.

Con los datos obtenidos se calcularon la densidad, cobertura, riqueza específica, índice de diversidad de Shannon-Wiener y el índice de valor de importancia (IVI) de acuerdo al índice de Dye y Walker (Greig-Smith, 1983), el cual se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Valor de Importancia} = \sum (H_i * N_i * A_i)$$

H<sub>i</sub> = Altura promedio de los individuos de la clase i

N<sub>i</sub> = Número de individuos de la clase i

A<sub>i</sub> = Cobertura promedio de los individuos de la clase i

En este trabajo se emplearon clases de altura de un metro.

## Resultados

### a) Flora:

De acuerdo con los registros de Levin y Moran (1989), Isla Socorro cuenta con 117 especies nativas, más un nuevo registro y 47 de reciente ingreso; en total la flora cuenta con 165 especies. Entre las nativas, se incluyen 5 especies aún no bien determinadas, se trata de *Opuntia sp. (aff. O. occidentalis)*, *Psidium sp. (aff. P. sartorianum)*, *Passiflora sp.*, *Rubus sp.*, y una orquídea terrestre afín al género *Habenaria*. Es posible que estas 5 especies sean también endémicas. De las 113 especies nativas determinadas, 30 de ellas son endémicas, lo que representa el 26.5% de la flora conocida.

En la Fig. 1 se muestra la distribución de las 30 especies endémicas a la isla, mimas que se distribuyen en las diferentes agrupaciones florísticas. Cabe señalar que 17 de éstas se encuentran en 2 ó más agrupaciones, pero ninguna especie endémica se distribuye en todas las asociaciones vegetales aquí reconocidas, mientras que 13 parecen restringirse sólo a cierta agrupación florística. Como se muestra en la gráfica, el matorral mixto, los bosques y la pradera de altura son las asociaciones florísticas que presentan el mayor número de endemismos, siendo las dos últimas las asociaciones que presentan el mayor número (4) de especies endémicas restringidas.

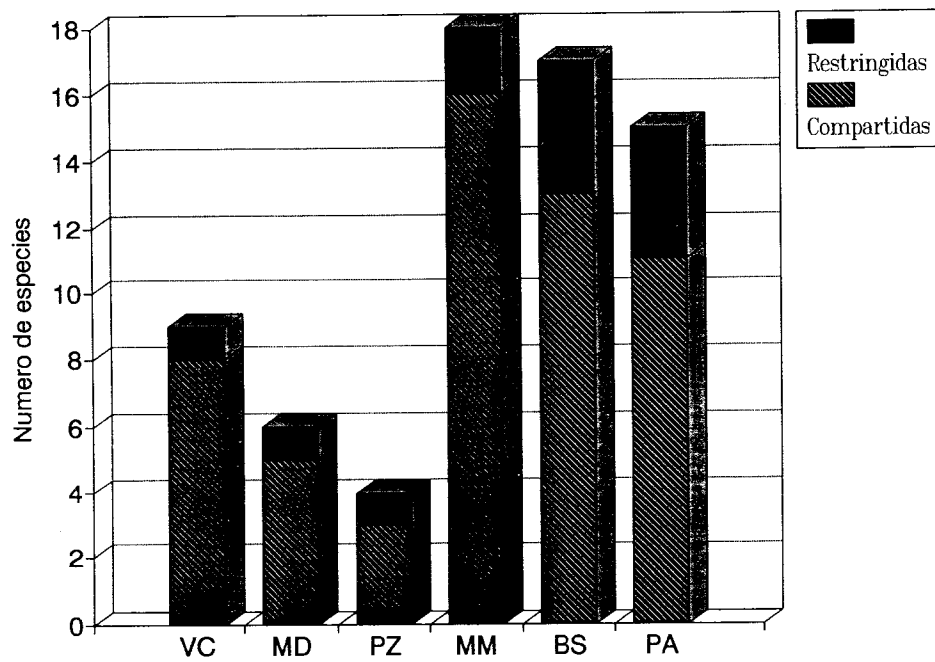
Del total de la flora, las familias mejor representadas son: Gramineae con 20 especies, Compositae con 15, Leguminosae representada por 12 especies, Malvaceae con 11 y Polypodiaceae con 8.

En la Fig. 2 se muestran la contribución de las diferentes formas de crecimiento en la flora de la Isla, tanto para el total de la flora como para las nativas. Es apreciable que en ambos casos las herbáceas congregan el mayor número de especies, seguida de los arbustos, y las trepadoras.

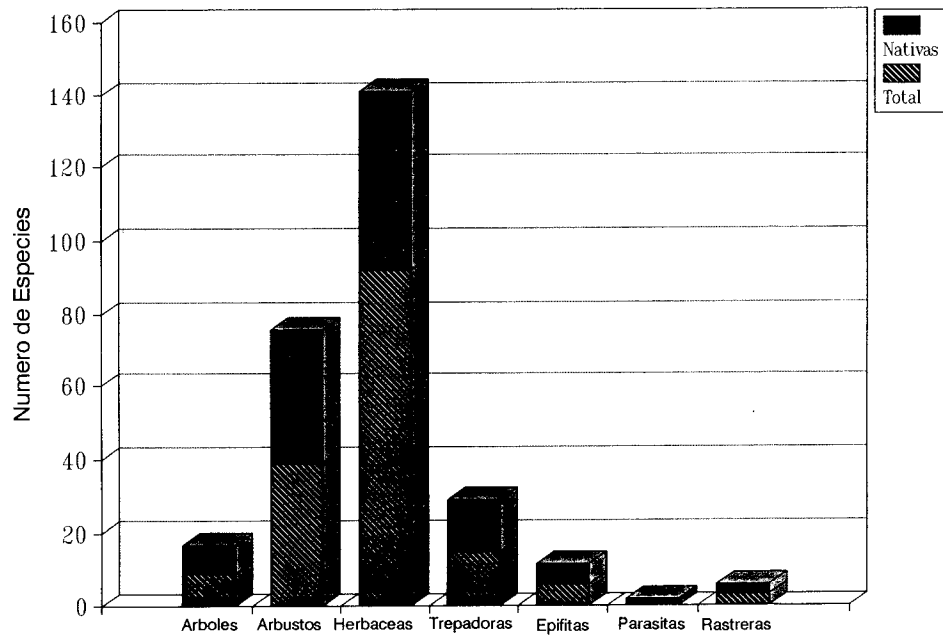
### b) Asociaciones vegetales:

La fisonomía de la vegetación de Isla Socorro es en términos generales tropical; sin embargo las diferencias altitudinales, topográficas, climáticas, de exposición, tipo de suelo y perturbaciones, permiten el desarrollo de diferentes asociaciones. Las asociaciones florísticas consideradas se muestran en la Fig. 3. Se distinguen seis tipos naturales, también se hacen notar las superficies gravemente erosionadas, así como a las especies de amplia distribución.

La clasificación de las diferentes asociaciones vegetales que se proponen en este trabajo es congruente con el trabajo de Miranda (Adem *et al.*, 1960); de igual forma, se menciona en cada asociación la equivalencia con la clasificación propuesta por Levin y Moran (1989). A continuación, se describen estas, así como sus respectivos rasgos, mencionando algunas de las especies características, en cada una de éstas se señalan las formas de vida, ar=árboles;



**Figura 1.** Proporción comparativa de las especies restringidas (incluye algunas endémicas, nativas e introducidas) a cada asociación florística, con respecto al número de especies compartidas entre cada asociación.



**Figura 2.** Distribución de las formas de crecimiento del total de la flora de Isla Socorro. Se señalan las proporciones de especies nativas (incluyendo endémicas) con respecto al total de especies de cada forma de vida (165).



ab=arbustos; h= herbáceas anuales o perennes; st= estoloníferas y trepadoras; y e= epífitas.

### 1.- Vegetación costera

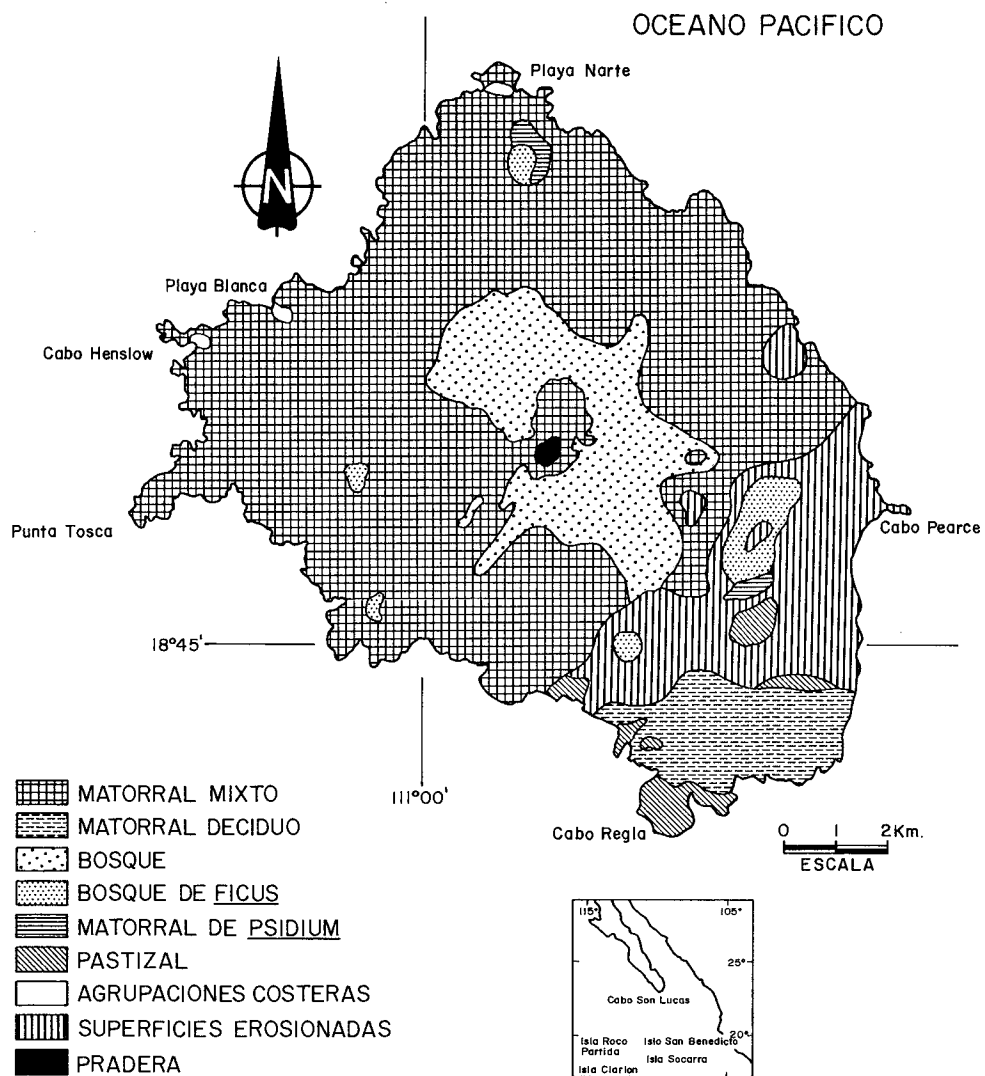
Esta asociación corresponde a lo que Miranda señala como "Agrupación de halófitos costeros" y Levin y Moran como "Shore". Comprende un grupo de especies herbáceas de corta vida, resistentes a altos niveles de salinidad; sus integrantes se encuentran distribuidos irregularmente a lo largo de la rocosa franja litoral y acantilados, de donde reciben humedad de la rompiente del oleaje y de la brisa.

Sólo existen dos playas arenosas bien definidas en la isla, denominadas "blanca" y "norte" en donde es posible encontrar componentes leñosos como dominantes de esta asociación, y son los únicos casos en donde existe propiamente playa. En estas playas dominan el "mangle botoncillo" *Conocarpus erecta* e *Hibiscus pernambucensis*, ésta última considerada una especie de arribo reciente que ha encontrado condiciones para prosperar sin competencia. Debido a la escasez de sustrato adecuado y de agua dulce, la "palma de coco", *Cocos nucifera*, sólo cuenta con escasos individuos implantados de manera natural. Algunas de las especies representativas de esta denominación son:

<i>Canavalia rosea</i> (st)	<i>Jouvea pilosa</i> (h)
<i>Chamaesyce incerta</i> (h)	<i>Heliotropium curassavicum</i> (h)
<i>Cressa truxillensis</i> (h)	<i>Hippomane mancinella</i> (ar)
<i>Cyperus howellii</i> (h)	<i>Physalis mimulus</i> (h)
<i>Cyperus ligularis</i> (h)	<i>Scaevola plumieri</i> (st)
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	<i>Sida nesogena</i> (h)
<i>subsp. brasiliensis</i> (st)	<i>Sorghastrum nutans</i> (h)

### 2.- Matorral deciduo

Esta asociación corresponde al "matorral de Croton" de Miranda, y el "scrub" de Levin y Moran. El componente dominante es *Croton masonii*, especie que durante la temporada de sequía, febrero-junio, pierde la totalidad de sus hojas. Esta asociación ocupa alrededor de 1000 has, y se encuentra bien representada en la parte sur de la isla, desde el contorno de la franja costera hasta unos 250 m de elevación, desarrollándose sobre un extenso derrame basáltico con pendiente de leve a moderada. Existen reducidos manchones de esta asociación hacia el norte y oeste de la isla, en la misma franja altitudinal.



**Figura 3.** Distribución de las asociaciones fisonómico florísticas presentes en Isla Socorro.

La talla promedio de la vegetación se estima en alrededor de 1.5 m. Debido a la dificultad que el suelo rocoso impone al desplazamiento superficial, ésta comunidad no ha sido afectada por la población de borregos, quienes constituyen una amenaza para la estabilidad ecológica de la isla. De entre las especies allí existentes es posible distinguir:

<i>Abutilon californicum</i> (h)	<i>Pavonia hastata</i> (h)
<i>Bursera eppinata</i> (ab)	<i>Opuntia</i> sp. (s)
<i>Cynanchum californicum</i> (st)	<i>Rhamnus sharpii</i> (ab)
<i>Cordia curassavica</i> (ab)	<i>Tournefortia hartwegiana</i> (ab)
<i>Ipomoea triloba</i> (st)	<i>Viguiera chenopodina</i> (ab)
<i>Malvastrum americanum</i> (h)	<i>Waltheria indica</i> (ab)
<i>Melochia pyramidata</i> (h)	<i>Zapoteca formosa</i> subsp. <i>socorrensis</i> (ab)

### 3.- Areas Erosionadas

La presencia del borrego en la isla ha ocasionado una fuerte erosión en gran parte de la vertiente sur-centro de ésta, es posible que este proceso se ha acentuado en los últimos 30 años ya que Miranda en 1958 advierte la acción perniciosa del borrego, particularmente en las áreas correspondientes a la agrupación que denominó como "matorral de guayabillo" (*Psidium socorrense*). Esta especie endémica ha visto fuertemente mermadas sus poblaciones naturales, ya que ocupó las escasas áreas planas del sur, este y oeste de la isla, mismas que actualmente son activamente deterioradas por el pastoreo y pisoteo de las manadas de borrego, seguido de la acción eólica y erosión pluvial. En la actualidad cerca de 1 700 has se encuentran severamente afectadas.

Las superficies erosionadas mantienen una flora muy pobre en cuanto a individuos y número de especies, las fases más graves se localizan sobre pendientes fuertes, en donde las cárcavas proporcionan un toque impresionante al paisaje. Sobre algunas mesetas erosionadas se desarrolla una asociación secundaria, originada a partir de la desaparición de superficies posiblemente correspondientes a bosquetes de *Ficus cotinifolia*, *Psidium* spp., y *Guettarda insularis*, y algo del matorral decíduo. Esta desaparición se atribuye, en primer lugar, al sobrepastoreo del borrego, seguido de la acción erosiva del desplazamiento aluvial.

Sobre estas mesetas se desarrolla una asociación temporal semejante a una pradera, inclusive precedido a la temporada de lluvias es posible el embalse de agua por semanas. Estas mesetas se ubican inmediatamente encima del matorral de Croton hasta no más de los 400 m de elevación sobre el nivel del mar y sólo en la parte sur de la Isla. Se presentan algunas especies herbáceas y arbustivas con amplios rangos de tolerancia ecológica. La especie con mayor densidad de individuos es indudablemente *Mitracarpus hirtus*, misma que puede considerarse la invasora más agresiva de la isla, pues no obstante su relativo recién ingreso (Levin y Moran, 1989) se encuentra presente en prácticamente to-

das las asociaciones. Otros dominantes son:

<i>Aristida adscensionis</i> (h)	<i>Corchorus aestuans</i> (h)
<i>Aristida vaginata</i> (h)	<i>Cynodon dactylon</i> (h)
<i>Boerhavia coccinea</i> (h)	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (h)
<i>Cenchrus echinatus</i> (h)	<i>Desmodium procumbens</i> (h)
<i>Cenchrus myosuroides</i> (h)	<i>Eragrostis pectinacea</i> (h)
<i>Chamaesyce anthonyi</i> (h)	<i>Malvastrum coromandelianum</i>
<i>Chamaesyce hirta</i> var.	<i>Paspalum longum</i> (h)
<i>hirta</i> (h)	<i>Rhynchelytrum repens</i> (h)
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (h)	<i>Verbena sphaerocarpa</i> (h)

Sobre las superficies fuertemente erosionadas se presentan profundas cárcavas que surcan pendientes moderadas y pronunciadas, originadas por aguas broncas provenientes de mayores altitudes, poniendo al descubierto suelos rojo arcillosos derivados de la degradación de la roca basáltica y cenizas volcánicas. En estas zonas la vegetación es nula, pero en algunos sitios pocas especies logran instalarse en estas condiciones, correspondiendo a malezas de ingreso reciente a la isla como:

*Argemone ochroleuca* var. *ochroleuca* (h)  
*Cyperus rotundus* (h)  
*Glinus radiatus* (h)  
*Mollugo verticillata* (h)  
*Portulaca oleracea* (h)  
*Salvia riparia* (h)  
*Sida rhombifolia* (h)

#### 4.- Pastizal

Corresponde parcialmente a lo que Miranda integró a la agrupación de halófitos costeros, y Levin y Moran al "grassland". Ocupa unas 250 has de extensión discontinua y se distribuye en el extremo sur de la isla (Cabo Regla), sobre sitios de pendiente moderada y lomeríos de escasa elevación sobre el nivel del mar; si bien el terreno puede considerarse rocoso, gran cantidad de suelo ha logrado acumularse entre las mismas rocas permitiendo así el establecimiento de estos vegetales. En esta asociación dominan las gramíneas, tales como:

*Eragrostis tenella* (h)  
*Heteropogon contortus* (h)

*Paspalum longum* (h)  
*Rhynchelytrum repens* (h)  
*Schizachyrium sanguineum* var. *sanguineum* (h)

Cabe señalar que el sector naval fue establecido permanentemente hacia finales de la década de los años cincuentas sobre esta asociación; en consecuencia, una importante superficie de la misma, ubicada dentro del área de influencia de las instalaciones militares ha sido alterada. Actualmente se ha implantado el "zacate buffel", *Cenchrus ciliaris* y *C. myosuroides*, con la intención de servir como forraje de las escasos animales domésticos (cerdos, caballos, vacas, gallinas, etc.) que han sido introducidos al sector naval. Especies acompañantes son:

*Amaranthus palmeri* (h)  
*Aristida adscensionis* (h)  
*Cenchrus myosuroides* (h)  
*Chamaesyce anthonyi* (ab)  
*Chamaesyce hirta* var. *hirta* (h)  
*Waltheria indica* (ab)  
*Zapoteca formosa* ssp. *socorrensis* (ab)

## 5.- Matorral Mixto

El matorral mixto corresponde al matorral de *Dodonaea* de Miranda y al "scrub" de Levin y Moran. Es la asociación que ocupa la mayor superficie en la isla, unas 8000 has, cubriendo las superficies bajas y medias de la parte central y norte de la misma. En términos generales, abarca desde prácticamente el nivel del mar hasta casi los 950 m de elevación en ciertos sitios. Se desarrolla sobre suelos arcillosos y pedregosos con pendientes moderadas.

Se compone principalmente de herbáceas perennes, de tallos semi-postrados, estoloníferos; algunas especies arbustivas aparecen también en esta asociación, como *Dodonaea viscosa*, así como elementos achaparrados de especies propiamente arbóreas, como *Guettarda insularis*, y *Prunus serotina*. La altura promedio de estas especies varía entre 1 y 2.5 m. En ciertas áreas (250 a 400 m) de atitud es notoria la dominancia de la única cactácea de la isla, un nopal, *Opuntia* sp., al parecer endémico y sin descripción botánica.

El helecho común, *Pteridium caudatum*, se encuentra omnipresente en casi toda esta asociación, en ocasiones forma densos manchones casi puros; puede considerarse como una especie pionera, o que forma parte de las primeras etapas sucesionales, dada su elevada demanda de radiación solar, alta capacidad de propagación, y relativos bajos requerimientos de calidad edáfica.

Si bien ésta asociación guarda ciertos rasgos fisonómicos en el área considerada, su composición florística cambia cualitativa y cuantitativamente de-

pendiendo de las condiciones de exposición, topográficas, altitudinales, y sucesionales de la misma. La riqueza florística de ésta asociación parece ser la más rica de las presentes en la isla.

Posiblemente, la estructura cerrada y anastomosada que forma el conjunto de vegetales ha impedido el avance de las poblaciones de borrego confinadas todavía sólo en la porción sur. Algunas especies representativas son:

<i>Acalypha umbrosa</i> (ab)	<i>Hibiscus diversifolius</i> (h)
<i>Bidens socorrensensis</i> (h)	<i>Lepechinia hastata</i>
<i>Brickellia peninsularis</i>	var. <i>socorrensensis</i> (ab)
var. <i>amphithalassa</i> (ab)	<i>Phaseolus lunatus</i> (h)
<i>Cardiospermum</i>	<i>Rubus</i> sp. (ab)
<i>halicacabum</i> (th)	<i>Caesalpinia bonduc</i> (st)
<i>Salvia pseudomisella</i> (h)	<i>Coreocarpus insularis</i> (h)
<i>Spermacoce nesitioca</i> (ah)	<i>Eupatorium pacificum</i> (ab)
<i>Walteria indica</i> (ab)	<i>Triumfetta socorrensensis</i> (ab).
<i>Galium mexicanum</i> subsp.	<i>Waltheria indica</i> (ab)
<i>mexicanum</i> (h)	

## 6.- Bosque

Bajo esta denominación se incluyen a "la selva de higueras con o sin guayabillo", y a la "selva de zapotillo-guayabillo" de acuerdo a la clasificación empleada por Miranda. Levin y Moran (1989) usan la denominación "forest", pero sin diferenciar sub-asociaciones. En su conjunto ocupan una superficie aproximada de 4000 has y correponden a las comunidades arbóreas, las especies dominantes se encuentran en función de los niveles altitudinales.

Entre los 250 y los 500 m de altitud se ubican bosquetes de *Ficus cotinifolia* ("matapalo", "amate" o "higuerilla") en donde esta especie es dominante, los bosquetes de amate ocupan mesetas con pendientes leves y suelos aparentemente profundos y se encuentra mejor representada en el lado sur de la Isla, en donde comienza a sufrir un fuerte proceso de deterioro debido a la activa pérdida de suelo como efecto del sobrepastoreo del borrego.

El amate es una especie típicamente arbórea, se encuentra formando agrupaciones de cobertura espesa, el suelo por debajo del dosel carece de vegetales debido a la baja incidencia de luz, y probablemente al sobrepastoreo del borrego. Sólo en los márgenes de cada bosquete se ubican algunas especies herbáceas y arbustivas.

Las especies arbustivas y herbáceas que se asocian a estos niveles del bosque corresponden a las mismas citadas para la pradera inducida como *Nicotiana stocktonii*, *Opuntia sp.*, y *Argemone ochroleuca*, mismas que parecen ser favorecidas por la actividad selectiva del borrego.

Existen los elementos suficientes para suponer que actualmente *Ficus* se dispersa mayoritara, o absolutamente de manera vegetativa, sus ramificaciones crecen tortuosamente y forman raíces adventicias, al elongarse dan lugar a ramificaciones columnares que al tocar el suelo permiten la eventual independencia del árbol madre, además no se han encontrado plántulas o juveniles de esta especie. Los bosquetes de amate van desapareciendo gradualmente conforme aumenta la altitud, hacia los 700 m son muy escasos, ubicándose exclusivamente dentro de las cañadas.

A partir de los 500 m de altitud comienza a hacerse patente un bosque más rico en componentes arbóreos entre los que se encuentran:

<i>Bumelia socorrensis</i> (ar)	<i>Guettarda insularis</i> (ar)
<i>Ilex socorroensis</i> (ar)	<i>Psidium socorrense</i> (ar)

Bajo el dosel arbóreo tampoco se desarrollan otras especies, sin embargo aparecen especies trepadoras y arbustos decumbentes como:

*Chiococca alba* (ab)  
*Forestiera rhamnifolia* (ab)  
*Vernonia litoralis* (st)  
*Zanthoxylum insulare* (ab)

Y epífitas como:

*Cattleya aurantiaca* (e)  
*Peperomia socorronis* (e)  
*Peperomia tetraphylla* (e)  
*Polypodium polypodioides* var. *aciculare* (e)

También en este nivel se encuentra la única planta parásita de la Isla Socorro, *Phoradendron commutatum*, generalmente presente sobre *Bumelia socorrensis*.

Finalmente, el bosque del nivel superior, a partir de los 700 m, los componentes exhiben coberturas con densa y abundante ramificación; posiblemente esta isólinea delimita el régimen térmico relativamente estable, tropical, de otro con mayores fluctuaciones diurnas y/o estacionales, ya que súbitamente los escasos individuos de *Ficus* y *Psidium* desaparecen completamente, mientras que *Meliosma nesites*, *Oreopanax xalapense* y *Prunus capuli*, aparecen con dominancia. Estas últimas especies son propias de algunos bosques mesófilos de montaña en la superficie continental del país.

La franja altitudinal de 700 a 900 m parece ser la que mayor humedad recibe, gracias a la constante neblina, misma que logra ser condensada por la vegetación, pues el ramaje de muchos árboles se cubre densamente de líquenes. En el sotobosque aparecen varios helechos como:

*Adiantopsis radiata* (h)  
*Asplenium formosum* (h)  
*Asplenium sessilifolium* (h)  
*Polypodium alfredii* (h)  
*Polystichum muricatum* (h)

### 7.- Pradera

Corresponde a la "pradera" de Miranda y a la "prairie" de Levin y Moran. El nivel superior del bosque desaparece repentinamente en distintos niveles altitudinales comprendidos entre los 850 a 950 m de altitud, para dar lugar a esta asociación, ya que es favorecida por suelos pedregosos y rocosos de fuerte pendiente. La pradera ocupa la parte central de la Isla, sobre el cono del volcán Evermann (1100 m de altitud). Además de la carencia de suelo, otras limitantes para el crecimiento de plantas son el fuerte viento y las relativas bajas temperaturas que allí inciden, aparentemente no se presentan heladas. Especies características son:

<i>Aristida vaginata</i> (h)	<i>Gnaphalium attenuatum</i> (h)
<i>Aegopogon solisii</i> (h)	<i>Gnaphalium sphacilatum</i> (h)
<i>Castilleja socorrensis</i> (h)	<i>Heterotoma cordifolia</i> (h)
<i>Centaurium capense</i> (ab)	<i>Hypericum eastwoodianum</i> (ab)
<i>Centaurium wigginsii</i> (ab)	<i>Linaria canadensis</i> var. <i>texana</i> (h)
<i>Cestrum pacificum</i> (ab)	<i>Setaria geniculata</i> (h)
<i>Cleome viscosa</i> (h)	<i>Spermacoce nesiotica</i> (ab)
<i>Daucus montanus</i> (h)	<i>Sporobolus purpurascens</i> (h)
<i>Eupatorium pacificum</i> (ab)	<i>Triodanis perfoliata</i>
	var. <i>biflora</i> (h)

Especies de amplia distribución:

Es posible encontrar a ciertas especies prácticamente en todas las asociaciones florísticas arriba descritas, por lo que aparentan ser especies de amplia tolerancia ambiental. A excepción de *Mitracarpus hirtus*, ninguna de estas llega a dominar en una superficie dada, y todas ellas sin excepción son especies herbáceas (h). Se enlistan algunas de estas especies indicando si son nativas o naturalizadas (1), o bien si son de ingreso reciente (2), esto es, si han aparecido en las últimas colectas.



<i>Asplenium formosum</i> (1)	<i>Eragrostis ciliaris</i> (2)
<i>Bulbostylis nesiotica</i> (1)	<i>Mitracarpus hirtus</i> (2)
<i>Cyperus duripes</i> (1)	<i>Schizachyrium sanguineum</i>
<i>Chamaesyce anthonyi</i> (1)	var. <i>sanguineum</i> (1)
<i>Cheilanthes peninsularis</i>	<i>Sorghastrum nutans</i> (1)
var. <i>insularis</i> (1)	<i>Verbena sphaerocarpa</i> (1)
<i>Elytraria imbricata</i> (1)	<i>Waltheria indica</i> (1)

c) Análisis estructural del bosque.

Durante las estancias en la isla se hicieron muestreos dasonómicos en el bosque, desafortunadamente las condiciones logísticas no permitieron extender este trabajo a todas las asociaciones florísticas descritas con anterioridad; sin embargo, consideramos que esta información es de importancia ya que es el primer análisis de su tipo que se hace en la isla.

En el cuadro 1 se muestran la altitud, proporción de rocosidad, la riqueza específica y la diversidad de cada uno de los sitios estudiados.

**Cuadro 1.** Características de los sitios de estudio.

Sitio	Altitud m.s.n.m	Rocosisdad %	Riqueza Específica	Indice de Diversidad
Sitio 1	430	5	4	0.58
Sitio 2	540	5	7	0.56
Sitio 3	600	2	6	0.60
Sitio 4	740	20	8	0.70

El sitio 1 corresponde a lo que se ha llamado bosque de *Ficus*, los sitios 2 y 3 corresponden a diferentes condiciones del bosque de *Bumelia-Psidium*, que se ubica entre los 500 y 700 m de altitud, y el sitio 4 se localiza en el centro-norte la Isla y es una muestra del bosque que se distribuye entre 700 y 900 m de altitud.

Como se puede deducir del cuadro 1, el conjunto de bosques de la isla sostienen a muy pocas especies arbóreas, la diversidad florística es baja, siendo el sitio 4 (bosque de *Meliosma*) el que presenta mayor riqueza florística y diversidad.

El cuadro 2 contiene los valores absolutos y relativos de cobertura y densidad, así como la altura promedio de cada especie en cada sitio. Como se puede observar de estos resultados, en todos los sitios muestreados se encontró una cobertura mayor del 100%, resaltando los sitios 1 y 4.

**Cuadro 2.** Características estructurales de los bosques de Isla Socorro

<b>Especie</b>	<b>Altura Promedio (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cobertura 2/HA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Cobertura Relativa (%)</b>	<b>Densidad HA (ind's)</b>	<b>Densidad Relativa (%)</b>
<b>Sitio 1</b>					
<i>Bumelia</i>	5.15	39390.79	14.83	40	13.79
<i>Ficus</i>	6.04	18462.51	69.49	70	24.14
<i>Guettarda</i>	5.18	1796.99	6.76	80	27.59
<i>Psidium sa.</i>	3.57	2368.45	8.91	100	34.48
<b>Total</b>		26567.74	100	290	100
<b>Sitio 2</b>					
<i>Bumelia</i>	9.41	4420.38	32.40	70	5.51
<i>Dodonaea</i>	2.74	2408.42	17.65	560	44.09
<i>Ficus</i>	6.00	1554.15	11.39	10	0.79
<i>Guettarda</i>	5.14	1747.23	12.81	10	8.66
<i>Ilex</i>	4.50	610.25	4.47	40	3.15
<i>Psidium sa.</i>	2.66	2472.73	18.13	70	37.01
<i>Psidium so.</i>	3.50	428.83	3.14	10	0.79
<b>Total</b>		13641.99	100	1270	100
<b>Sitio 3</b>					
<i>Bumelia</i>	8.75	4478.58	24.99	60	11.54
<i>Desc.1</i>	5.00	492.99	2.75	20	3.85
<i>Guettarda</i>	6.28	2073.37	11.57	90	17.31
<i>Ilex</i>	5.81	4754.17	26.53	80	15.38
<i>Psidium sa.</i>	6.06	5980.26	33.37	260	50.00
<i>Zanthoxylum</i>	5	143.26	0.8	10	1.92
<b>Total</b>		17922.63	100	520	100

Cuadro 2. (Continuación).

Especie	Altura Promedio (m <sup>2</sup> )	Cobertura 2/HA (m <sup>2</sup> )	Cobertura Relativa (%)	Densidad HA (ind's)	Densidad Relativa (%)
Sitio 4					
<i>Bumelia</i>	3.49	1525.1	5.25	106	6.03
Desc.2	2.27	104.84	0.36	45	2.59
<i>Forestiera</i>	3.5	223.72	0.77	15	0.86
<i>Guettarda</i>	4.24	5367.13	18.46	621	35.34
<i>Ilex</i>	6.75	7666.32	26.37	394	22.41
<i>Meliosma</i>	5.83	3457.18	11.89	182	10.34
<i>Oreopanax</i>	6.86	9884.83	34.00	379	21.55
<i>Rhamnus</i>	8.00	842.52	2.9	15	0.86
Total		29071.64	100	1757	100

**Claves:**

*Bumelia*, *Bumelia socorrensis*; Desc. 1, Desconocida 1; Desc. 2, Desconocida 2; *Dodonaea*, *Dodonaea viscosa*; *Ficus*, *Ficus cotinifolia*; *Forestiera*, *Forestiera rhamnifolia*, *Guettarda*, *Guettarda insularis*; *Ilex*, *Ilex socorroensis*; *Meliosma*, *Meliosma nesites*, *Oreopanax*, *Oreopanax xalapense*; *Psidium* sa, *Psidium aff. sartorianum*, *Psidium so*, *Psidium socorrense*; *Rhamnus*, *Rhamnus sharpii*, *Zanthoxylum*, *Zanthoxylum insulare*.

En el cuadro 3 se muestran los índices de valor de importancia (IVI) para cada especie en cada parcela. A continuación se describen cada uno de los sitios muestreados.

**Sitio 1 (Bosquete de *Ficus*):**

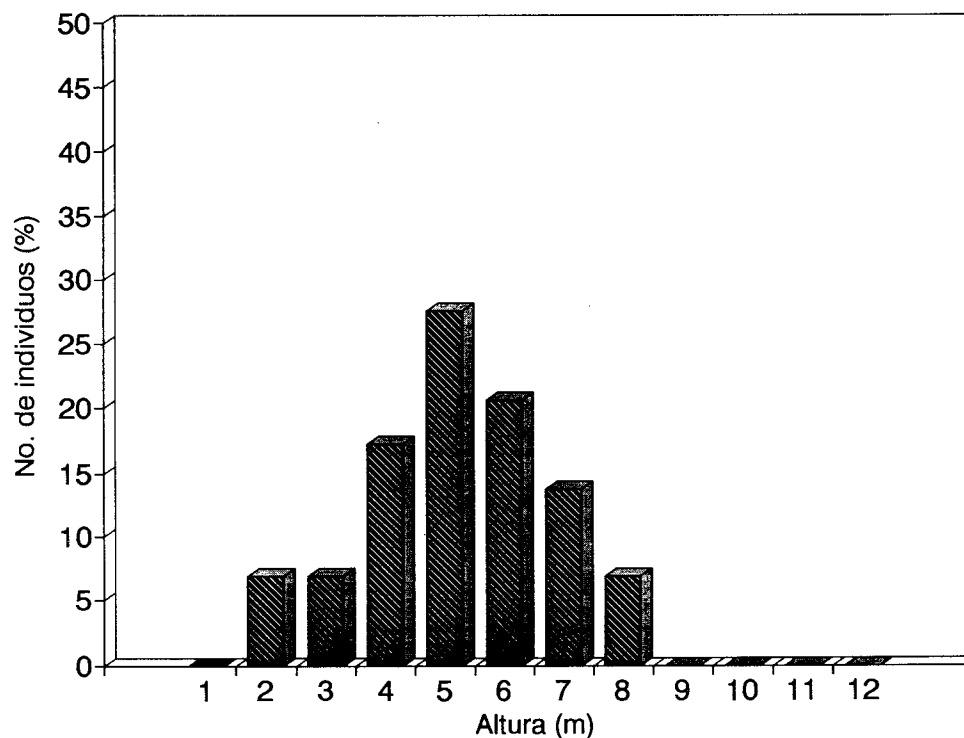
Este sitio se localiza a una altitud de 430 m. Es posible observar, de acuerdo al cuadro 3, que la especie dominante es *Ficus cotinifolia*, le sigue en importancia, con un IVI mucho menor *Bumelia socorrensis*, *Guettarda insularis* y *Psidium aff. sartorianum*.

En cuanto a las características estructurales destaca que *Ficus cotinifolia* abarca cerca del 70% de la cubierta vegetal. Su densidad es difícil de calcular, ya que es dudoso distinguir a los individuos debido a la forma de propagación vegetativa de la especie, pero se consideró a cada grupo clonal como un individuo. *F. cotinifolia* define el estrato arbóreo (Fig. 4), ya que la mayoría de los individuos presentan la misma altura, formando así una capa definida de 6 m de altura.

**Cuadro 3.** Valor de importancia para las especies de los bosques de Isla Socorro.

Especie	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
<i>Bumelia socorrensis</i>	2224.6	4446.2	4598.8	1020.5
Desconocida 1	-----	-----	217.4	-----
Desconocida 2	-----	-----	-----	15.8
<i>Dodonaea viscosa</i>	-----	772.5	-----	-----
<i>Ficus cotinifolia</i>	10997.0	932.5	-----	-----
<i>Forestiera rhamnifolia</i>	-----	-----	-----	51.7
<i>Guettarda insularis</i>	997.4	1146.9	1298.8	2070.5
<i>Ilex socorroensis</i>	-----	290.9	2499.7	3743.0
<i>Meliosma nesites</i>	-----	-----	-----	1679.6
<i>Oreopanax xalapense</i>	-----	-----	-----	4538.8
<i>Psidium socorrense</i>	-----	150.1	-----	-----
<i>Psidium aff. sartorianum</i>	857.3	1156.7	4298.7	-----
<i>Rhamnus sharpii</i>	-----	-----	-----	444.8
<i>Zanthoxylum insulare</i>	-----	-----	71.6	-----

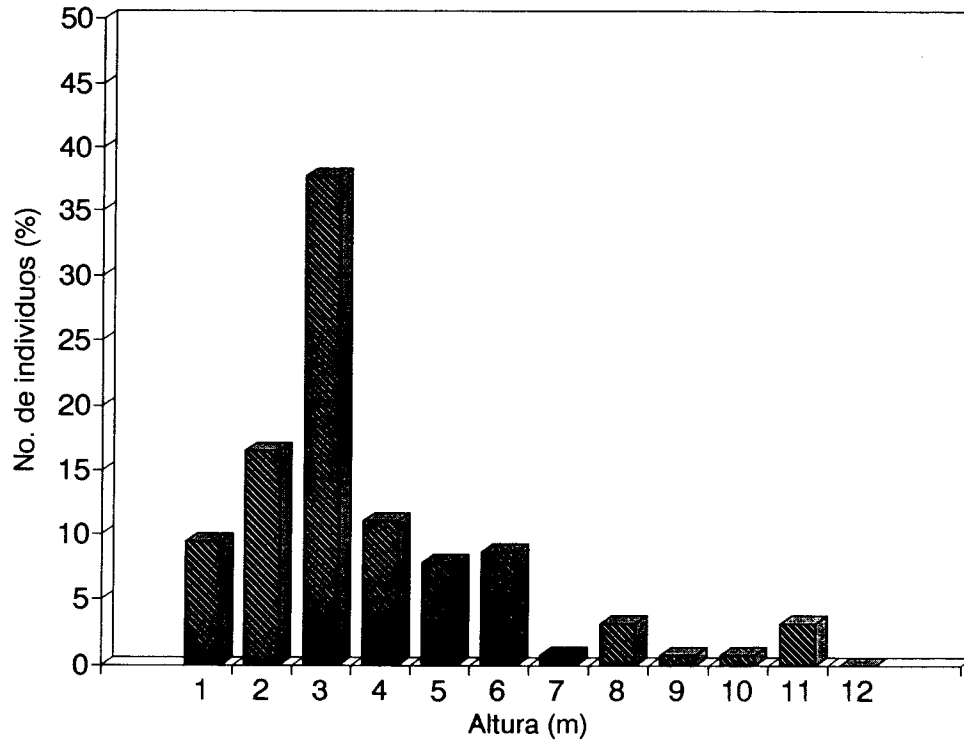
Las otras especies leñosas presentes en este tipo de bosques tienen una pequeña aportación a la cubierta vegetal. Tanto *Bumelia socorrensis* como *Guettarda insularis* forman, junto con *Ficus*, el estrato arbóreo superior con una altura de 5 a 6 m y son muy escasos los individuos de estas especies que rebasan los 7 m de altura. El estrato arbóreo bajo (de 2 a 3 m de altura) está dado principalmente por abundantes elementos de *Psidium aff. sartorianum*.



**Figura 4.** Distribución de frecuencias de altura para el sitio 1.

#### **Sitio 2 y 3 (Bosque de *Bumelia*):**

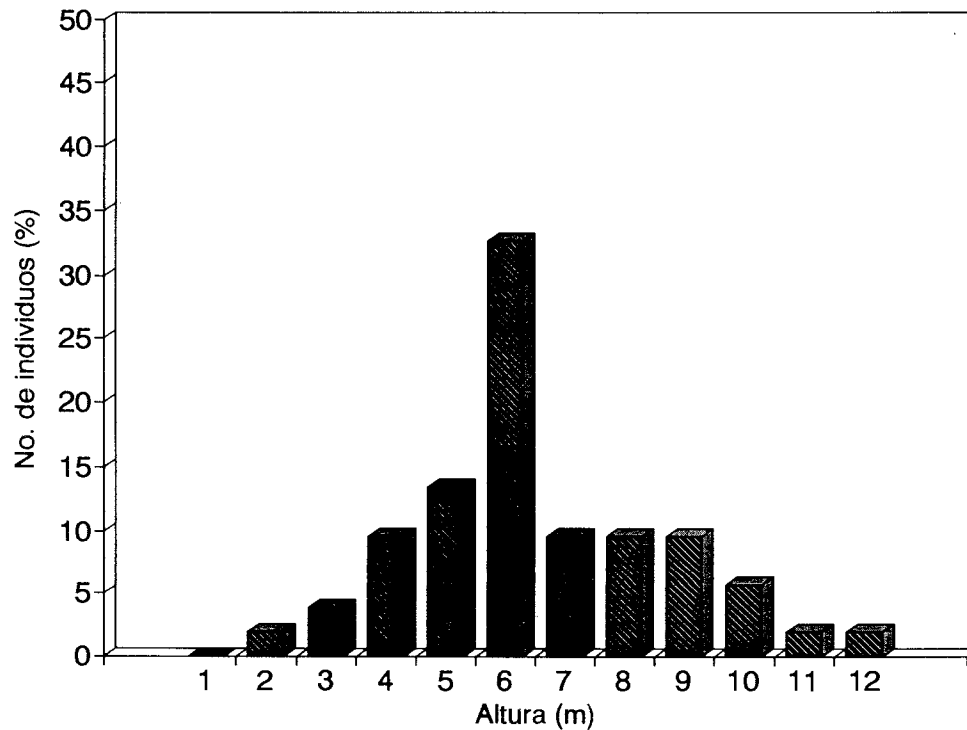
Se muestreó a 540 m de altitud en una pequeña cañada al centro-sur de la isla. En este sitio se registraron 7 especies, y se caracteriza por la presencia de *Bumelia socorrensis*, especie que presenta el mayor índice de importancia y la mayor cubierta vegetal (32.4%) a pesar de que su densidad es comparativamente menor que otras especies. Los árboles de *Bumelia* se encuentran caracterizando el estrato arbóreo superior (Fig. 5), ya que la altura promedio es mayor de 9 m, algunos individuos rebasan los 11 m de altura.



**Figura 5.** Distribución de frecuencias de altura para el sitio 2.

Otra especie importante de esta asociación es *Psidium aff. sartorianum*, la cual contribuye con el 18% de la cubierta vegetal y el 37% de la densidad. Los individuos de *Psidium* presentan alturas máximas desde 1 m hasta 8 m de altura, sin embargo la mayor proporción de individuos alcanzan de 1 a 2 m de altura. *Dodonaea viscosa* es la especie más abundante, sin embargo también presenta una cobertura de 18%, y la población se encuentra mejor representada entre los 2 y 3 m de altura. El gran número de individuos de *Psidium* y *Dodonaea* entre 1 y 3 m dan a esta asociación una apariencia de impenetrabilidad.

El sitio 3 se localiza a 600 m de altitud en la parte centro-sur de la Isla sobre la ruta de acceso al volcán Evermann, en este sitio de estudio se encontraron 6 especies, de las cuales *Bumelia socorrensis*, *Psidium aff. sartorianum* e *Ilex socorroensis* presentan los mayores valores de índices de importancia y concentran más del 70% de la cobertura; sin embargo la densidad de *Psidium* es mucho mayor que el resto de las especies. Analizando la altura de los individuos presentes (Fig. 6) se observa que algunos árboles de *Bumelia* y *Psidium* alcanzan entre 11 y 12 m; sin embargo un estrato más denso se encuentra entre 6 y 8 m de altura conformado por *Guetarda insularis*, *Ilex socorrensis* y *Psidium aff. sartorianum*. Siendo este último el único que se encuentra en estratos de menor altura.



**Figura 6.** Distribución de frecuencias de altura para el sitio 3.6 Sitio 4 (Bosque de *Oreopanax*):

Tanto el sitio 2 como el 3 corresponden al bosque más ampliamente distribuido en la isla, en donde *Bumelia socorrensis* es la especie dominante, sin embargo destaca la presencia de otros elementos, principalmente de *Psidium aff. sartorianum*, *Guettarda insularis* e *Ilex socorrensis*; la presencia de *Dodonaea viscosa* en algunas partes de estos bosques esta determinada principalmente por la baja densidad de la cubierta del bosque.

El sitio 4 se localiza en la parte centro-norte de la Isla a 740 m de altitud. Este tipo de bosque es el más denso de todos y presenta el mayor número de especies. Siendo *Oreopanax xalapense* e *Ilex socorrensis* las dos especies con mayor cobertura (34% y 26% respectivamente) y con los valores de importancia más altos; sin embargo *Guettarda insularis* es la especie más abundante. En cuanto a la estructura vertical de este bosque (Fig. 7) se observa que existen elementos sobresalientes de *Bumelia socorrensis*, *Ilex socorrensis*, *Meliosma nesites* y *Oreopanax xalapense*, los cuales pueden rebasar los 11 m de altura; no obstante, son escasos los individuos de esta talla. La mayoría de los individuos presentan una altura máxima de entre 5 y 8 m.

## Discusión y Conclusiones

### a) Impacto sobre la vegetación:

Se ha estimado que el borrego doméstico fue introducido a la Isla hacia 1869 (Gentry, 1949), su población ha prosperado sólo en la porción centro-sur y su impacto sobre la vegetación y suelo en dicha área es notorio y grave. Actualmente se estima una densidad de miles de individuos (ver el capítulo correspondiente). El impacto del borrego sobre la vegetación y el suelo es considerable, ya que una importante extensión de la Isla se encuentra completamente denudada y erosionadas (ver Fig. 3).

De acuerdo con la distribución actual de las diferentes asociaciones vegetales y su comparación con lo observado por Miranda en 1958 (Adem *et al.*, 1960), la asociación vegetal más afectada por el impacto del óvido es el matorral de guayabillo (*Psidium socorrense*). *P. socorrense* es una especie endémica. Así, en los años sesentas este autor describe al matorral de guayabillo sobre las superficies que actualmente se encuentran erosionadas y descubiertas casi totalmente de vegetación, cubriendo aproximadamente 700 ha. Treinta años después se estima que sólo existen dos reducidas superficies de esta asociación, cubriendo unas 350 has (Fig. 3).



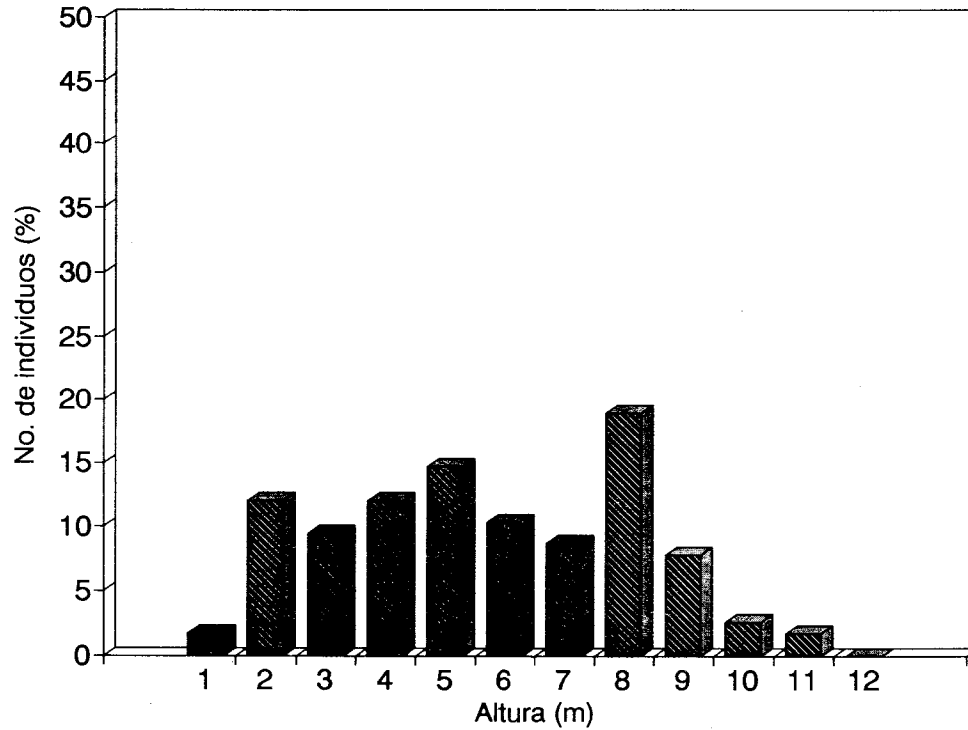


Figura 7. Distribución de frecuencias de altura para el sitio 4.

Dentro de este contexto, consideramos que urgentes medidas de control deben efectuarse al menos para aminorar el ritmo de devastación de estas superficies. *Opuntia sp.*, y *Pteridium caudatum*, especies nativas de la isla, parecen ser especies promisorias para coadyuvar al control de la erosión, ya que presentan características para desarrollarse en suelos pobres con alta radiación, y con bajos requerimientos hídricos, fácilmente propagables por vías asexuales.

**b). Flora.**

Miranda (1960) señala cierta "pobreza específica" de la flora de Socorro, treinta años después el listado florístico de esta isla se ha incrementado aunque no de manera sustancial; sin embargo, la relativa "pobreza" de esta flora corresponde a las características propias de las islas oceánicas.

En cuanto al nivel de endemismos, Levin y Moran (1989) comentan que se puede catalogar como moderado, y consideran que esto se debe a varias causas, entre las que se encuentran: sus reducidas dimensiones (aproximadamente 115 km<sup>2</sup> en proyección unidimensional), la escasez de microambientes particulares que no han permitido la radiación adaptativa de los taxa existentes (sólo 30 taxa de las 113 especies nativas determinadas pueden considerarse endémicos, lo que corresponde al 26.5%), a las escasas islas del archipiélago (3) y a la relativa cercanía con el continente (que permite la incorporación continua de germoplasma, tendiendo a estabilizar los procesos de especiación tales como la deriva génica).

Sin embargo, al comparar el nivel de endemismos con Isla Guadalupe (Moran, 1981) otra isla oceánica ubicada unos 800 km al norte, misma que cuenta con aproximadamente 254 km<sup>2</sup> y una flora de 138 géneros (2 endémicos), y 164 especies nativas (32 endémicas), la flora de isla Socorro guarda proporciones semejantes en cuanto a niveles de endemismo, si bien es casi 2/5 menor en superficie.

Por otro lado la relativa diversidad de asociaciones florísticas en la Isla son un reflejo de la existencia de diferentes ambientes, mismos en los que se presentan ciertos grados de presión selectiva. Así, el argumento sobre los escasos microambientes en la Isla como una de las causas del bajo nivel de endemismos no parece del todo sólida.

Más bien, el moderado nivel de endemismos puede además encontrar una respuesta en el origen de la misma isla. Varios autores, entre ellos Blázquez (Adem *et al.*, 1960), y Bryan (1949) ubican su origen en la transición mioceno-plioceno (aproximadamente, hace unos 10-12 millones de años); no obstante, recientes investigaciones mineralográficas y petrográficas, indican un origen reciente: W. Bohrson (citado en Walter, 1990) señala que su proceso de formación ha implicado no más de un millón de años.

Sobre este relativo corto período de tiempo pueden haber actuado los procesos de dispersión desde la costa continental mexicana; o en su caso, a través de "puentes de migración" a través del continente. Esta suposición podría ser un argumento más para explicar la joven evolución de la flora de la isla.

No deben descartarse, también, la extinción masiva de la biota ante erupciones volcánicas durante el pasado, tal y como sucedió en la década de los años 50 en la cercana isla San Benedicto. Tras lo cual, el proceso de sucesión primaria tomaría reiteradamente su lugar.

Cabría señalar que la alta proporción de especies herbáceas sobre la Isla (más de la mitad de las especies, ver Fig. 1), y particularmente de gramíneas y compuestas; puede interpretarse como las formas que presentan una mejor capacidad de colonización. Tal capacidad obedece probablemente a sus estrategias reproductivas y síndromes de dispersión adecuados, entre las que cabe mencionar: el bajo concurso de polinizadores y la disposición a la autogamia, y la agamospermia (Grant, 1989), la baja proporción de biomasa total/número de semillas, la tendencia a la anemocoría, la aparente alta viabilidad de semillas y la elevada tasa de crecimiento del estado de plántula (Carlquist, 1974).

### c) Asociaciones florísticas:

Aunque en términos generales la vegetación de la isla quede comprendida dentro de la denominación genérica de "tropical", se presentan diversas variantes de ésta, dependiendo de condiciones edáficas, topográficas, altitudinales, mismas que implican variaciones de los diferentes factores climáticos. Con respecto a este último punto, Miranda en 1960 anotó probables intervalos de vegetación asociados a cambios climáticos, sugiriendo una similitud climática entre la isla y la costa continental más cercana en Colima. Sin embargo, no se cuenta con estaciones meteorológicas suficientes (sólo existe la correspondiente al sector naval), como para poder inferir el clima en cada nivel altitudinal. Sería aventurado el suponer la correspondencia de las mismas condiciones entre el continente y la isla, debido ante todo a la influencia oceánica en esta última.

Cabría añadir que la distribución de endemismos mostrado en la fig. 2, en donde se sugiere una concentración de éstos en las agrupaciones boscosas y cono del volcán Evermann, podría indicar que en éstos la presión selectiva del medio es más rigurosa que en el resto.

### d) Vegetación:

Los bosques sustentan al mayor número de las especies y subespecies de aves endémicas terrestres presentes en la isla, de ahí el interés por conocer prioritariamente su estructura. De este análisis, resalta el que el bosque ubicado en la parte norte de la isla (Bosque de *Meliosma*) es el de mayor complejidad debido a la altura de sus componentes y a su mayor diversidad florística. Posiblemente la presencia de esta vegetación en esa parte de la isla se deba a su exposición, condición que presumiblemente favorece mayores niveles de humedad ambiental debido al patrón de circulación de vientos local, y posiblemente la menor exposición a la radiación.

Analizando el conjunto de asociaciones boscosas destaca la presencia continua de *Bumelia socorrensis* y *Guettarda insularis* en todas ellas. En tanto que *Psidium* aff. *sartorianum* se encuentra de manera abundante en los bosques del lado sur de la isla mientras que *Oreopanax xalapense* y *Meliosma nesites* presentan una distribución restringida en esa parte de la isla.

### Literatura Citada

- Adem, J., E. Cobo, L. Blázquez, F. Miranda, A. Villalobos, T. Herrera, B. Villa, y L. Vázquez. 1960. La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. UNAM. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA/2 234p.
- Anthony, A.W. indet. Manuscript catalog of bird skins (no publicado). DEPARTMENT OF BIRDS AND MAMMALS, CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. 4290-8930.
- Brandegee, T. S. 1900. Voyage of the *Wahlberg*. ZOE 5: 19-28.
- Bryan, W. B. 1949. High silica alkaline lavas of Clarion and Socorro islands, Mexico: their genesis and regional significance. PH. D. THESIS. Univ. Wisconsin. (Dissertation Abstracts 20:989. 1959)
- Carlquist, S. 1974. ISLAND BIOLOGY. Columbia University Press. New York. 378 p.
- Grant, V. 1989. ESPECIACIÓN VEGETAL. Editorial LIMUSA. México D.F. 583 p.
- Gentry, H. S. 1949. Land plants collected by the *Velero* III, p. 63-73 IN: ALLAN HANCOCK PACIFIC EXPEDITIONS 1937-1941. ALLAN HANCOCK PACIFIC EXPEDITIONS. University of California Press. Los Angeles.
- Hanna, G. D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925. PROC. CALIF. ACAD. SCI., SER. 4, 15(1): 1-113.
- Johnston, I. M. 1931. The flora of Revillagigedo Islands. PROC. CALIF. ACAD. SCI., SER. 4, 20(2): 9-104.
- Levin, G. A. y R. Moran. 1989. The Vascular flora of Isla Socorro, Mexico. SAN DIEGO SOCIETY OF NATURAL HISTORY. MEMOIR. 16, 71p.
- Medina, G. M. 1957. MEMORIA DE LA EXPEDICIÓN CIENTÍFICA A LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. Imprenta Universitaria, Guadalajara 244 p.
- Moran, R. 1981. STATUS OF THE FLORA OF ISLA GUADALUPE. Documento mecanografiado inédito.
- Vasey, C., J. N. Rose. 1890. Plants Collected in 1889 at Socorro and Clarion Islands. PACIFIC OCEAN. PROC. U. S. NAT. MUSEUM 13:145-149.
- Walter, H. S. 1990. Small viable population: the red tailed hawk of Socorro Island. CONSERVATION BIOLOGY. 4(4):441-4



## CAPITULO 8

### ASPECTOS ECOLOGICOS DEL CANGREJO TERRESTRE (*Gecarcinus planatus*)

*María Luisa Jiménez, Jorge Llinas,  
Gustavo Arnaud y Alfredo Ortega-Rubio*

#### Resumen

En este trabajo se estudian varios aspectos ecológicos del cangrejo terrestre (*Gecarcinus planatus*). La densidad de los cangrejos fue establecida usando métodos de marca-recaptura. Los hábitos alimenticios fueron estudiados analizando 20 estómagos de individuos adultos. La depredación del cangrejo fue estudiada analizando cuarenta y seis heces fecales del gato (*Felis catus*) y veinte egagrópilas de la garza nocturna (*Nycticorax violaceus graviorstris*). La densidad del cangrejo por hectarea varió de 755 individuos (de = 330.36) a 1,645 (de = 45.56), lo cual está en relación al grado de complejidad y conservación del bosque. El alimento de los cangrejos está constituido de materia vegetal (80%), remanentes de artrópodos (10%) y detritus (10%). Sólo dos de las muestras de heces de gato del mes de mayo, representando solo un 10% de remanentes de cangrejo. Por otro lado, el cangrejo terrestre constituye una parte muy importante en la alimentación de la garza nocturna.

## Abstract

In this work we study several ecological aspects of the land crab (*Gecarcinus planatus*). Crabs density was established using mark-recapture methods. Food habits were studied collecting twenty adult individuals which stomachs were analyzed. Predation on crabs was studied analyzing forty six cat's feces (*Felis catus*) and twenty pellets of the Yellow-Crowned Night-Heron (*Nycticorax violaceus graviorstris*). Crab's density per hectare varies from 755 individuals (sd=330.36) to 1,645.225 (sd= 45.56); such densities are associated directly to the degree of complexity and conservation of the forest. Land crabs food were mainly constituted of vegetable matter (80%), remains of arthropods (10%) and detritus (10%). Only two of the cat feces samples in May showed crab's remains, which represents only 10% of the cat's total diet for this month. On the other hand, the land crab is a significant part of the food of the Yellow-crowned Night-Heron.

## Introducción

De manera popular, el nombre de cangrejo terrestre suele aplicarse exclusivamente a los "verdaderos cangrejos" (CRUSTACEA, Brachyura) altamente terrestres, de la familia *Gecarcinidae* (Burggren y McMahon, 1988). Pero en realidad existen muchas especies de verdaderos cangrejos (en adelante denominados únicamente con el nombre de cangrejos) y "falsos cangrejos" (CRUSTACEA, Anomura) cuyas adaptaciones, en cuanto a la forma, función o comportamiento, les han permitido sobrevivir y aún realizar actividades fuera del agua (Hartnoll, 1988). Muestran una gama de adaptaciones al ambiente terrestre manifiesta de los obvios cangrejos de tierra seca o cuánto más húmeda, como *Cardiosoma spp.* y *Gecarcinus spp.*, y los falsos cangrejos *Birgus latro* y *Caenobita spp.*, así como los cangrejos y los falsos cangrejos que habitan en el mesolitoral, como *Pachygrapsus spp.* y *Clibanarius spp.*, respectivamente (Burggren y McMahon, 1988).

Los cangrejos que han pasado con mayor éxito del medio marino al terrestre, corresponden a las familias *Gecarcinidae*, *Grapsidae* y *Ocypodidae*, y a varias de las pertenecientes a la superfamilia *Potamoidea* (Hartnoll, 1988). Sin embargo, su independencia del mar no es del todo completa, las hembras han de volver al agua para desovar, teniendo sus larvas un desarrollo planctónico de diversa duración (Barnes, 1977; Hartnoll, 1988).

De hábitos generalmente nocturnos, los cangrejos y falsos cangrejos terrestres, son principalmente hervíboros y carroñeros (Barnes, 1977), que se ocultan en galerías o debajo de piedras y hojarasca en las horas de luz. Habitan en los trópicos, aunque algunas especies se han establecido en zonas subtropicales y cálido-templadas. De las 107 especies de cangrejos terrestres, el 39.3% se encuentra en la región Indo-Pacífico del Oeste, el 35.5% en áreas del Pacífico del Este, y el 25.2% en zonas del Atlántico (Hartnoll, 1988).

Los estudios sobre cangrejos de hábitos terrestres (Abele y Means, 1977; Alexander, 1979; Bliss, 1968; Bliss, 1979; Ehrhardt y Niauxsat, 1970), demuestran que no existen cangrejos plenamente terrestres (Hartnoll, 1988), porque todos requieren del agua para completar alguna fase de su ciclo vital. Con esta advertencia, suponemos que el cangrejo con más adaptaciones a tierra, y por tanto el "más terrestre" de cuantos existen, es sin duda *Gecarcinus spp.*

Al género *Gecarcinus* pertenecen *G. lateralis*, *G. ruricola*, *G. planatus*, *G. lagostoma*, y *G. malpilensis*, de las costas americanas, y *G. weileri* de la costa de Camerún, y las islas del golfo de Guinea.

*G. planatus* habita en la costa oeste de México, desde el golfo de California hasta Oaxaca; en las islas del Archipiélago de las Revillagigedo (Socorro, Clarión y San Benedicto), en el atolón de Clipperton y en la isla Gorgona (Colombia) (Hartnoll, 1988). En Socorro, la abundancia aparente y su papel como primer reciclador de nutrientes, de este cangrejo lo perfila como una de las especies con máxima prioridad para ser estudiada, conforme al programa de recuperación de la biota de la isla (Ortega *et al.*, 1992).

En este Capítulo tratamos algunos aspectos básicos de la ecología del cangrejo terrestre de Socorro, que pueden alentar a la realización de trabajos más profundos, necesarios para lograr un mejor entendimiento de su función ecológica en la isla.

## Antecedentes

Como es posible observar en los capítulos introductorios de ésta obra, la Isla Socorro es biológicamente muy importante, debido a que posee una alta incidencia de especies endémicas.

Desde 1988 se iniciaron los estudios sistemáticos de los recursos naturales de la isla, a fin de promover su protección legal bajo la categoría de Reserva de la Biosfera (Ortega *et al.*, 1992). En nuestras expediciones a la isla hemos encontrado que el cangrejo terrestre (*Gecarcinus planatus*) es una especie aparentemente muy abundante de la isla, que se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1,050 m, de la cumbre del monte Evermann, siendo el habitante más conspicuo en todas las comunidades vegetales (Jiménez *et al.*, 1994). La revisión de la literatura así mismo indica que el cangrejo forma parte de la dieta del halcón cola roja (*Buteo jamaicensis socorroensis*) (Walter, 1990) y del gato



(*Felis catus*) (Arnaud *et al.*, 1993; Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991; Veitch, 1990;), siendo un componente importante en la alimentación de la garza nocturna (*Nycticorax violaceus gravirostris*) (Hanna, 1926; McLellan, 1926; Wehtje *et al.*, 1993).

A pesar de que en otros ambientes isleños y costeros se han estudiado diferentes aspectos de la biología de *G. planatus*, tales como su tamaño poblacional, fisiología y comportamiento (Ehrhard, 1968; Lafaix, 1969; Ehrhard y Niauxsat, 1970; von Prhal, 1983), para la isla Socorro tan sólo se conocen los aspectos puntuales que hemos referido en el párrafo anterior.

## Material y Métodos

### Densidad Poblacional

Se estimó la densidad poblacional del cangrejo por aplicación del método de Lincoln-Peterson (Brower y Zar, 1977) modificado por Bailey (1952), que condiciona al uso de cifras de individuos capturados y recapturados. En febrero de 1990, durante ocho noches consecutivas (que sumaron 64 horas de trabajo de campo), se registraron la abundancia y las actividades de los cangrejos en dos transectos de franja de 10 x 80 m (800 m<sup>2</sup>), situados en áreas boscosas del centro-sur de la isla, a 560 m de altitud (Jiménez *et al.*, 1994).

Cada individuo de *G. planatus* observado dentro de cada transecto, se capturó a mano, y marcó con tinta indeleble, para posteriormente liberarse. En cada recorrido a cada transecto se registró la ubicación precisa de los cangrejos marcados, y se capturó y marcó a nuevos individuos. Los registros de cangrejos marcados ("recaptura") fueron obtenidos visualmente, con la ayuda de binoculares, a fin de perturbar lo menos posible a los individuos de la población.

### Comportamiento

Durante todas y cada una de nuestras expediciones dedicamos un total de 64 hrs de observación del comportamiento de los individuos, a diferentes horas y en diferentes zonas de la isla.

### Hábitos alimentarios

Para evaluar el alimento del cangrejo se analizó el contenido estomacal de 20 individuos de ambos sexos y diferentes tallas, colectados en un bosque de amates y acebos de la parte sur de la isla, a 760 m de altitud aproximada. Los ejemplares fueron fijados en alcohol al 70 %, y luego analizados en el laboratorio.

## Depredadores

La depredación de que es objeto el cangrejo se estimó por medio del análisis de 26 heces fecales de gatos y de 20 egagrópias de garzas nocturnas. Las muestras se colectaron en la parte sur de la isla, durante febrero, mayo y noviembre de 1990. El material colectado se analizó por disgregación en el laboratorio.

## Resultados y Discusión

### Densidad.

La densidad de cangrejos presentó variación durante el invierno, de 755 individuos/ha (de=30.36) a 1,645.25 individuos/ha (de=45.56), tales densidades están asociadas directamente con el grado de complejidad y conservación del bosque (Jiménez *et al.*, 1994). En este sentido, en aquellas zonas en las cuales la cobertura de árboles es mayor, la densidad de cangrejos es más alta. En las zonas desprovistas de vegetación no existen cangrejos. En la parte norte de la isla, actualmente no perturbada por el borrego feral, donde la estructura del bosque de *Ficus cotinifolia* y *Conocarpus erectus* es más compleja, la población de cangrejos es tan conspicua que se observan individuos inclusive durante el día.

Los valores de densidad encontrados para el bosque de *Ficus cotinifolia* en el centro-sur de isla Socorro (755 a 1645 individuos/ha), es menor a la reportada en el atolón Clipperton (60,000 individuos/ha) (Ehrhard y Niauxsat, 1970).

### Hábitos alimentarios

La dieta del cangrejo, determinada a través del análisis del contenido estomacal de 20 individuos, estuvo constituida por materia vegetal (80%), remanentes de artrópodos (10%) y detritus (10%). Se le observó consumir frutas de los árboles, líquenes, pastos y hojarasca, así como de un borrego muerto. Ehrhard y Niauxsat (1970) reportan que, en el Atolón de Clipperton *G. planatus* consume cualquier animal enfermo o muerto que se encuentre dentro de su territorio, así como polluelos y huevos de aves que anidan en el suelo.

La calidad del alimento puede limitar a las poblaciones de cangrejos, aun cuando éste contenga una gran cantidad de nitrógeno disponible en su dieta, es por ello que se considera como un factor ecológico importante. El molino gástrico de los cangrejos tiene la capacidad de triturar cualquier semilla ingerida. En este sentido, al alimentarse de ellas, ya sea tomándolas directamente ó en las heces fecales de otros animales, pueden afectar las composición de las especies vegetales locales, al ser una barrera importante contra la invasión de especies e-

xóticas (Walcott, 1988). Por otro lado, las semillas duras no digeribles pero cubiertas por pulpa digerible (como es el caso de los frutos de las especies de árboles endémicos de Isla Socorro), pueden ser transportadas y dispersadas por los cangrejos (Walcott, 1988). En nuestros resultados no hubo evidencias de que alguna semilla haya sido ingerida. En el Atolón de Clipperton los cangrejos pueden sumergirse en la laguna para alimentarse de la vegetación acuática, de plantas terrestres, así como de ellos mismos (Ehrhard, 1968; Ehrhard y Niaussat, 1970), situación que se presenta en poblaciones con una extremadamente alta densidad, como es el caso en Clipperton con densidades de 60,000 ind/ha (Ehrhard y Niaussat, 1970). En Socorro sólo se les observó alimentarse de cangrejos muertos. Por lo anterior se asume que *G. planatus* es el primer degradador de materia orgánica en la isla, sobre todo durante la estación húmeda del año, cuando son más activos.

### Comportamiento

En la parte norte de la isla, los individuos de esta población fueron observados llevar a cabo sus actividades durante el día, subiéndose a los árboles de *F. cotinifolia* y forrajear sus hojas. Esta actividad fué observada en otras localidades solamente durante el transcurso de la noche.

Niaussat y Ehrhard (1968) y Ehrhard y Niaussat (1970), registraron este mismo comportamiento en los cangrejos del Atolón de Clipperton. Es probable que busquen refugio en las ramas de los árboles para evitar la depredación, tal como *G. latteralis* lo hace en las Islas Bermudas, en áreas donde la vegetación es muy compleja (Bliss, 1968, 1979). Los cangrejos terrestres pueden alcanzar grandes densidades en la ausencia de una depredación exhaustiva y, en el caso de las islas, donde los mamíferos y aves regularmente son escasos, llegar a ser los animales dominantes, como sucede en la parte norte de la Isla Socorro.

La humedad es un factor importante para la actividad del cangrejo. Sólo después de una lluvia (20.7° C y 85% de humedad relativa), una gran cantidad de cangrejos fué observada fuera de sus galerías para alimentarse y aparearse. El apareamiento fué observado en varias parejas a una altitud de 760 m, actividad que hasta el momento no había sido reportada a tal altitud para esta especie. En el Atolón de Clipperton el apareamiento se lleva a cabo a la orilla de la playa, posteriormente los machos regresan a tierra dentro, permaneciendo las hembras ocultas, presumiblemente en las madrigueras, hasta que los huevos maduran y las larvas pueden ser liberadas al mar (Niaussat y Ehrhard, 1968).

### Depredación

Un total de 46 heces fecales de gato fueron colectadas y analizadas, 12 en febrero, 19 en mayo y 15 en noviembre. La mayor parte fueron colectadas en el matorral de *Croton*, en el sur de la isla.

Las heces que contuvieron restos de cangrejo, fueron colectadas lejos de la parte sur de la isla. Una fué obtenida en el bosque *Ficus continifolia* y la otra en el matorral de *Croton masonii*. Estos restos representaron el 10% en frecuencia de ocurrencia de la dieta total del gato, sólo para el mes de mayo. Por otro lado, remanentes del ratón *Mus musculus* fueron los más frecuentes encontrados en las excretas, representando un 89.47% de la frecuencia total de la muestra. Estos resultados demuestran que, la presión de depredación por el gato hacia el cangrejo, es mínimo, debido a su escaso consumo. El gato en Socorro, prefiere como presas a ratones e insectos, (Arnaud *et al.*, 1993; Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991); sin embargo, en otras islas, como en Aldabra, donde los recursos alimenticios son escasos, los gatos se alimentan principalmente de cangrejos (Alexander, 1979).

Del análisis de las egagrópilas de garza nocturna, el cangrejo representa una parte significativa de su dieta (63.0% de frecuencia de ocurrencia), mientras que los insectos y alacranes ocurrieron en menor frecuencia (Cuadro 1). De acuerdo con Murray *et al.* (1991), la mayor cantidad de restos de cangrejos en las mues-

**Cuadro 1.** Presas (N=43) registradas en 20 egagrópilas de la garza nocturna, colectadas en la parte sur de la Isla Socorro, México. Mayo 1990.

Presa	Número de organismos	Porcentaje
Cangrejo terrestre ( <i>Gecarcinus planatus</i> )	27	62.80
Chapulines ( <i>Acrididae</i> )	6	13.95
Alacranes ( <i>Vaejovis janssi</i> )	6	13.95
Grillos ( <i>Gryllidae</i> )	4	9.30
Totales	43	100.00

tras, se debe a la resistencia del exoesqueleto a la digestión, por lo que en ellas se encontraron: apéndices torácicos y fragmentos del caparazón del cangrejo.

Las garzas nocturnas en general, se alimentan preferentemente de crustáceos cuyas especies varían de acuerdo a las regiones geográficas. Las condiciones del microhabitat, incluyendo la profundidad del suelo, superficie del sustrato y vegetación, delimitan la abundancia, diversidad y distribución de las presas (Murray *et al.*, 1991), por ello no es sorprendente que la garza nocturna de Socorro se alimente casi exclusivamente de los cangrejos terrestres, los que son muy abundantes y ampliamente distribuidos.

La forma como captura la garza al cangrejo en Socorro, se desconoce; sin embargo se asume que lo hace de una manera similar como la garza nocturna *Nycticorax violaceus* cuando se alimenta de *Gecarcinus lateralis* en la isla Bimini en las Bahamas (Bliss, 1979). En este caso, la garza se aproxima cautelosamente a su presa ó permanece inmóvil cerca de la entrada a su madriguera. Al tenerla próxima la levanta súbitamente por los apéndices, la sacude vigorosamente hasta desprender el cuerpo, acción que se repite varias veces hasta dejarla sin extremidades. Si la presa es de tamaño pequeña o mediana, la garza la ingiere inmediatamente, pero si es grande, pica el caparazón, o se la lleva a la orilla de una charca para limpiarla antes de tragarla (Bliss, 1979). Durante la digestión, los músculos de la molleja de la garza rompen el caparazón en pequeños fragmentos, los que más tarde regurgita como una masa compacta. Se ha determinado que la garza nocturna consume 10 cangrejos terrestres en su dieta diaria (Bliss, 1979).

Riegner (1982) al comparar las dimensiones de los picos entre las subespecies de *N. violaceus*, encontró que las diferencias en tamaño y grosor, son una respuesta evolutiva a la variación geográfica de las presas. Así, el pico de la garza nocturna de Socorro (*N. v. gravirostris*) es más ancho y largo que el de la garza nocturna de las Bahamas (*N. v. violaceus*), debido a que la primera se alimenta casi exclusivamente de cangrejos terrestres (*G. planatus*) que son presas más grandes que aquellas ingeridas por la segunda. La subespecie reintroducida de *N. violaceus* en las Bahamas, tiene el pico mas ancho y robusto, aparentemente como una adaptación para sostener al cangrejo terrestre *G. lateralis* cuando lo captura (Riegner, 1982).

## Conclusiones

Indudablemente se requieren estudios más precisos sobre el ciclo de vida, tipo de madrigueras; sin embargo, podemos establecer que el cangrejo terrestre en Socorro, constituye un factor importante en la estructura y funcionamiento de este ecosistema insular, pues representa una línea crucial en la cadena alimenticia. Debido a su densidad, el cangrejo terrestre constituye además el alimento vital cuando menos para una especie de ave en la isla, siendo también el principal degradador de materia orgánica durante la estación húmeda del año.

A pesar del consumo de frutas de árboles endémicos, el cangrejo terrestre, al no consumir aparentemente semillas de los mismos, no es el responsable del proceso de extinción del bosque en la isla. Indudablemente el cangrejo constituye un factor indispensable que promueve la estabilidad natural del ecosistema isleño.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Armando Tejas, Ricardo Aguilar, Federico Salinas, Tangaxoan Argueta y Walter Whetje por su ayuda en el campo.

## Literatura Citada

- Abele, L. G. y D.B. Means. 1977. *Sesarma jarvisi* y *Sesarma cookey*: Montane, terrestrial crabs in Jamaica. *CRUSTACEANA* 32:91-93.
- Alexander, H. G. L.. 1979. A preliminary assessment of the role of the terrestrial decapod crustaceans in the Aldabran ecosystem. *PHILADELPHIA TRANS. ROYAL SOCIETY OF LONDON*. B286:241-246.
- Arnaud, G.; A. Rodríguez; A. Ortega-Rubio y S. Alvarez-Cardenas. 1993. Predation by cats on the endemic lizard of Socorro Island (*Urosaurus auriculatus*), Revillagigedo, Mexico. *OHIO JOURNAL SCIENCES*. 93(4):101-104.
- Bailey, N.T. 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. *JOURNAL OF ANIMAL ECOLOGY*. 21:120-127.
- Barnes, R. D. 1977. *ZOOLOGÍA DE LOS INVERTEBRADOS*. Editorial Interamericana México. 826 pp.
- Bliss, D.E. 1968. Transition for water to land in decapod crustacean. *AMERICAN ZOOLOGIST*. 8:355-392.
- Bliss, D.E. 1979. From Sea to Tree: Segs of a Land Crab. *AMERICAN ZOOLOGIST*. 19:385-410.
- Bower J. E. y J. H. Zar. 1977. *FIELD AND LABORATORY METHODS FOR GENERAL ECOLOGY*. W.M.C. Brown IOWA. 194 pp.
- Burggren, W.W. y B. R. McMahon. 1988. *Biology of the land crabs: an introduction*. p. 1-5. IN: *BIOLOGY OF THE LAND CRABS*. W. W. BURGGREN Y B. R. MCMAHON (Eds.). Cambridge University press.

- Ehrhard, J. P. 1968. Recensement en 1968 de la population de *Gecarcinus planatus* Stimpson sur l'atoll de Clipperton. Centre de Recherche du Service de Santee des Armes, Rapport Particulier. *BIO. ECO.* 40:1-9
- Ehrhard, J. P. and J. Niauxsat. 1970. Ecologie et physiologie du Brachyoure terrestre *Gecarcinus planatus* Stimpson (D'Après les individus de L'Atoll de Clipperton). *BULLETIN OF THE SOCIETY OF ZOOLOGY OF FRANCE* 95:41-54.
- Hanna, G.D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. General Report. *PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE.* 4TH SER. 75-1-113.
- Hartnoll, R. G. 1988. Evolution, systematics, and geographical distribution. p. 6-54. IN: *BIOLOGY OF THE LAND CRABS.* W. W. BURGGREN Y B. R. MCMAHON (Eds.). Cambridge University Press.
- Jiménez, C., A. Ortega, S. Alvarez y G. Arnaud. 1994. Ecological aspects of the land crab *Gecarcinus planatus* (Decapoda: Gecarcinidae) in Socorro Island, Mexico. *BIOLOGICAL CONSERVATION* 69(1994):1-5.
- Lafaix, J.M. 1969. Contribution a l'étude de l'ecologie et de la reproduction de *Gecarcinus planatus* Stimpson. Rapport particulier conéotypé no. 53, BIO-ECO., CRSSA. PARIS. 13 pp.
- Levin, G.A. and R. Moran. 1989. The vascular Flora of Isla Socorro, Mexico. SAN DIEGO SOCIETY OF NATURAL HISTORY, U.S.A. 71 pp.
- McLellan, N.E. 1926. Expedition to the Revillagigedo Island, Mexico, in 19225. The birds and Mammals. *PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE.* 4TH SER. US: 279-322.
- Murray, K. Laubhan W., Dean Rundle, Beth, I. Swartz y Frederic A. Reid. 1991. Diurnal activity patterns and foraging success of Yellow Crowned Night-Herons in seasonally flooded wetlands. *THE WILLSON BULLETIN* 103(2):272-277
- Niauxsat, P y J. P. Ehrhardt. 1968. Quelques aspects d'étologie du crab terrestre *Gecarcinus planatus* Stimpson. Rapport particulier renéotypé no. 39. *BIO. ECO. CRSSA. PARIS* 23 p., 2 fig; IIIe Symposium Européen de Biologie Marine, Arcachon (sous presse).
- Ortega A., A. Castellanos, G. Arnaud, Y. Maya, R. Rodríguez, J. León, J. Cancino, C. Jiménez, J. Llinas, S. Alvarez, P. Galina, A. Breceda, E. Troyo, F. Salinas, S. Diaz, R. Servín, H. Romero, A. Rodríguez y R. Coria. 1992. Estudio de los recursos naturales de la isla Socorro, Revillagigedo, México. *CIENCIA* 43(2):175-184.
- Riegner, M.F. 1982. The Diet of Yellow-crowned Night-Herons in the Eastern and Southern United States. *COL. WATERB.* 5:173-176
- Rodríguez, R., G. Arnaud, S. Alvarez y A. Rodríguez. 1991. Predation by feral cats on birds at isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 22:141-143.
- Veitch, C.R. 1990. The eradication of cats and sheep from Socorro Island. A report to the Socorro Island Project. Dept. of Conservation. Northern Region Technical Report Series No. 11. Newton, AUCKLAND. 25 pp.
- Von Prael, H. 1983. Primer registro de *Gecarcinus* (*Johngarthia*) *planatus* Stimpson 1860 (Crustacea: Gecarcinidae) para Colombia y notas sobre su zoogeografía en el Pacífico Americano. *ANALES DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS* 13:143-148.
- Walcott, T.C. 1988. Ecology, p. 55-96. IN: *BIOLOGY OF THE LAND CRABS,* W.W. BURGGREN AND B.R. MCMAHON (EDS.). Cambridge University Press.
- Walter, S.T. 1990. Small viable population: The Red-tailed Hawk of Socorro Island. *CONSERVATION BIOLOGY* 4(4):441-443.
- Wehtje, W., H.S. Walter, R. Rodríguez, J. Llinas y A. Castellanos. 1993. An annotated checklist of the Birds of Isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 24(1):1-16

## CAPITULO 9

# LOS ARTROPODOS TERRESTRES

*María Luisa Jiménez, Armando Tejas y Ricardo Aguilar*

### Resumen

Se proporciona un inventario de los artrópodos del Archipiélago de Revillagigedo y su distribución altitudinal en la Isla Socorro. Las colectas fueron realizadas durante cinco expediciones a la isla, habiéndose delimitado seis zonas en un gradiente altitudinal, desde los 10 m en el pastizal hasta 970 m en la pradera. La fauna de artrópodos estuvo representada por un total de 219 especies, 200 géneros y 115 familias, de las cuales el 74.9% en orden de abundancia correspondió a los insectos, el 13.7% a los arácnidos y el 9.6 % a los ácaros. Esta fauna está representada por especies que han llegado las islas por la fuerza del viento de las tormentas tropicales o por medio de "balsas" transportadas por las corrientes del Golfo de California. A excepción de diez y ocho especies endémicas y dos subespecies, la mayoría se distribuye o tiene afinidad principalmente con las de la costa del Pacífico mexicano. Por el continuo flujo de barcos a las islas, ha habido una reciente introducción de especies. Cada comunidad vegetal de Socorro presenta una fauna de artrópodos característica, que es más abundante en las zonas con mayor cobertura y talla. Algunas de estas especies se concentran a una cierta área y otras tienen amplia distribución.

### Abstract

We offer a check list of arthropods from the Revillagigedo Archipelago and give the information about their altitudinal distribution at Socorro Island. Data were obtained through systematic collects, during five trips to Socorro Island in six sites located from 10 m at the grassland to 970 m at the prairie. The fauna of ar-



thropods were represented by 219 species, 200 genera and 115 families. The 74.9% of the species in order of abundance corresponded to the insects, 13.7% to the arachnids and 9.6 % to the mites. This fauna consists of flying and rafting arthropods which shows their great affinity to the Pacific Mexican Coast and other parts of Mexico. Storms and prevailing currents in the Gulf of California have favoured dispersal to the islands. Eighteen species and two subspecies are endemic and several species of arthropods have been introduced because the constant flow of ships to the islands. Plant communities in Socorro have a characteristic fauna of arthropods, which are more abundant and diverse in high and dense vegetation. Some species are restricted to a certain type of vegetation whereas others have wide distribution.

## Introducción

Los estudios de los artrópodos de las Islas Revillagigedo datan desde principios de siglo (Richard y Brattstrom, 1959), habiéndose publicado aproximadamente veinticuatro trabajos relacionados fundamentalmente con descripciones aisladas de especies de la Clase Insecta (García-Aldrete *et al.*, 1992).

Heidemann (1901) da a conocer las primeras especies de chinches, Kellog y Mann (1912) describen los piojos (Mallophaga) asociados a la avifauna de la Isla Socorro. Light (1930, 1935) registra a las especies de termitas y Wheeler (1933) a las hormigas, mientras que Linsley (1935, 1942 y 1958), Linsley y Chemsak (1966) y Chemsak y Linsley (1978) describen nuevas especies y dan un inventario de los escarabajos de la familia Cerambycidae, estableciendo la asociación de sus larvas con algunas plantas.

Durante la expedición realizada por el Instituto de Geofísica de la UNAM, Vázquez (1958a, 1958b y 1960) hace un listado de los artrópodos, registrando algunos de ellos como parásitos de reptiles y mamíferos. Dodge (1964) describe los dípteros de la familia Sarcophagidae de las Revillagigedo y posteriormente Palacios-Vargas *et al.* (1982) proporcionan un listado mas completo sobre la fauna de artrópodos de Socorro e incluye 128 especies entre arañas, ácaros, alacranes, insectos y ciempiés. Muchas de ellas, principalmente de la fauna del suelo son citadas como especies nuevas. García-Aldrete (1992, 1993, 1994) registra y describe a 19 especies de psocópteros y Jiménez (1991) cita veintiuna especies de arañas y describe dos especies nuevas, todas ellas de las islas Clarión y Socorro. Gielis (1991) da a conocer una especie de Lepidoptera de Socorro. De acuerdo con Brattstrom (1990), la fauna de artrópodos es poco conocida, por lo que puede llegar a estar representada por varios cientos de especies.

Debido a la importancia ecológica que representa el grupo de artrópodos en las Revillagigedo, y a que sus especies son el alimento de algunas aves endémicas (Hanna, 1926; McLellan, 1926 Wehtje, *et al.*, 1993), mamíferos

asilvestrados (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991), y reptiles (Brattstrom, 1955), este estudio tiene como propósito ofrecer un inventario actualizado, reportar su distribución en los diferentes tipos de vegetación de Socorro y discutir sus posibles patrones de dispersión.

## Material y Métodos

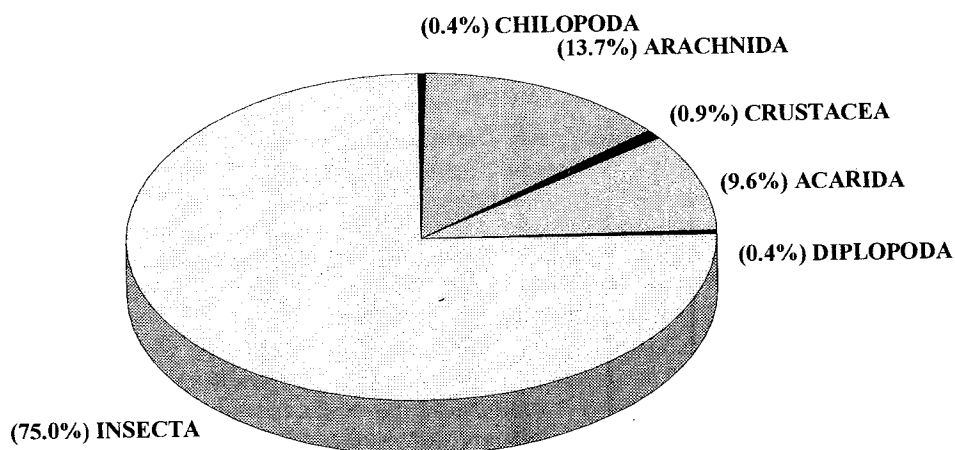
El trabajo se realizó en cinco visitas a la Isla Socorro; los períodos de investigación se efectuaron en: diciembre de 1988, mayo y noviembre de 1990 y agosto y noviembre de 1991. En las expediciones de 1991, se seleccionaron, con base en los tipos de vegetación, seis zonas de estudio en el siguiente gradiente altitudinal: 1) 10 m en el pastizal; 2) 160 m en el matorral de *Croton* sp.; 3) 410 m en el matorral mixto; 4) 540 m en el bosque de *Ficus* sp.; 5) 720 m matorral mixto de *Ficus* e *Ilex*; 6) 970 m pradera de altura.

Las colectas de artrópodos se llevaron a cabo en cada zona, delimitada por un cuadrante de 20 x 20 m, donde se hicieron muestreos desde el nivel del suelo hasta el estrato arbóreo. Para la captura de los especímenes se utilizaron dos técnicas básicas: por medio de redes entomológicas (de golpeo y de fondo plano), y por búsqueda manual en el suelo, en troncos derribados, en hoquedades y corteza. El tiempo promedio dedicado a la colecta fué de cinco horas por día, para cada zona. El material biológico fué fijado en alcohol al 70%, debidamente etiquetado con los datos de colecta. En el laboratorio, los organismos fueron separados e identificados bajo el microscopio de disección. Para la determinación de los taxa se utilizaron las claves de Borror *et al.*, 1981, Chu (1949), Jaques (1951), Lorus y Lorus (1980), McAlpine (1981), Morón y Terrón (1988) y Roth (1985)). Algunos especímenes fueron enviados a especialistas para su identificación.

## Resultados y Discusión

Se presenta el listado más completo de los artrópodos del Archipiélago, basado fundamentalmente en la revisión de la literatura existente y en las colectas realizadas durante las visitas a la Isla Socorro.

Esta fauna se encuentra representada por un total de 219 especies, 200 géneros y 115 familias, de las cuales el 74.9% de las especies corresponde, en orden de abundancia, a la fauna de insectos, el 13.7% a los arácnidos y el 9.6% a los ácaros. A los quilópodos y diplópodos les pertenece a cada uno el 0.4% y a los crustáceos terrestres el 0.9% (Fig. 1).

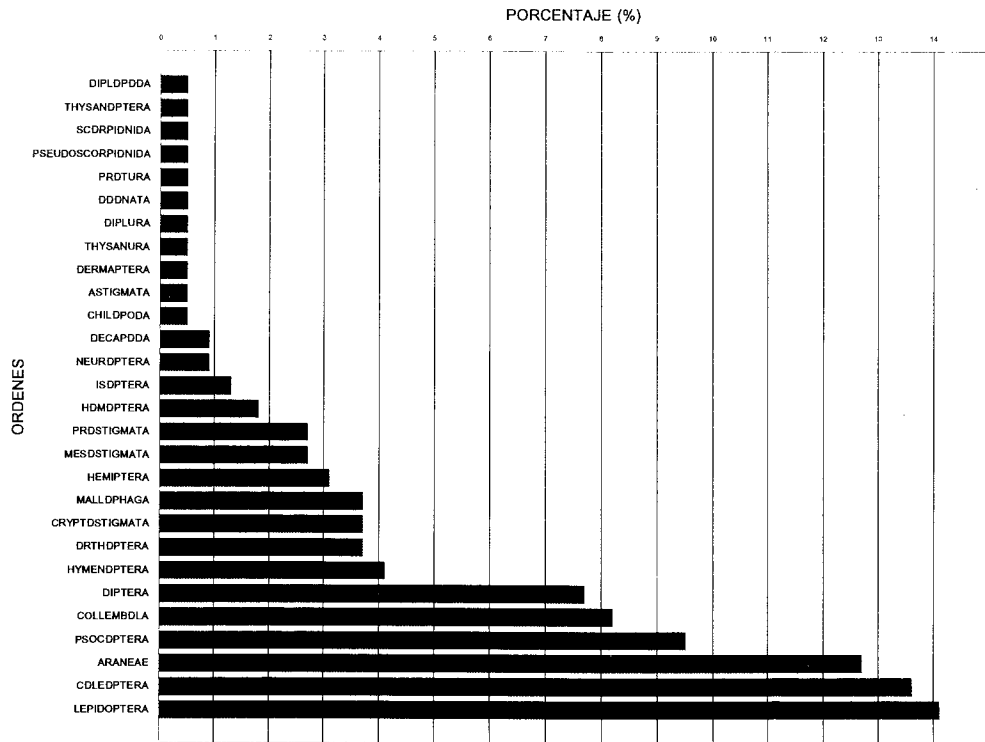


**Figura 1.** Porcentaje de especies por clase de Artrópodos en las Islas Revillagigedo, México.

En este trabajo se dan a conocer por primera vez, una familia de arácnidos, nueve de insectos, una de crustáceos terrestres y una de milpiés.

En las Revillagigedo, la abundancia de los insectos fué mayor que la registrada para los otros grupos de artrópodos. De acuerdo con Brattstrom (1990) es probable que las especies que mejor han llegado a establecerse en las Revillagigedo hayan sido los insectos voladores o los perforadores de madera. Esto se pudo comprobar parcialmente si se observa que los ordenes con mayor abundancia fueron los Lepidópteros, Coleópteros, Colémbolos y Dípteros (Fig. 2). Aunque el Orden Coleóptera tuvo menor abundancia, es probable que el número de sus especies sea mayor, debido a que estos organismos tienen la ventaja de que pueden ser transportados en maderos o troncos, logrando colonizar numerosos hábitats.

Las tormentas tropicales pueden acarrear a los escarabajos cerambícidos, los que aprovechan las corrientes de aire para dispersarse (Udvardy, 1968). Mears (1974) y Monsiño *et al.* (1974) mencionan que la trayectoria de las tormentas tropicales que llegan periódicamente a Socorro, es del este o sureste del litoral



**Figura 2.** Porcentaje de especies por órdenes de Artrópodos de la Islas Revillagigedo, México.

Pacífico de México, por lo que consideramos puedan acarrear muchos insectos, ácaros y arácnidos, desde la parte continental mexicana hasta el Archipiélago.

En particular, las arañas tienen la capacidad de desplazarse por dispersión anemócora, es decir, por medio de hilos aerostáticos que les permiten flotar en el viento. De esta manera, son transportadas a muchos kilómetros y a grandes altitudes permitiendo ser las primeras colonizadoras en cualquier isla. Sin em-

bargo, llegan a ser presa fácil de los siguientes inmigrantes, siendo pocas las especies que llegan a establecerse con éxito (Simberloff y Wilson, 1969). Es probable que el número reducido de especies de arañas por familia en las Revillagigedo se deba a este fenómeno.

La mayoría de las especies de arañas, se distribuye en el continente y casi todas ellas se citan para diferentes estados de la república Mexicana. Algunas se registran de Baja California como *Eustala californiensis*, *Eriophora edax*, *Cyclosa turbinata*, *Neoscona oaxacensis* y *Gasteracantha cancriformis*, así como la especie del género *Meteperia* que tiene mucha afinidad con *Metepeira ventura* del Desierto del Vizcaíno.

A excepción de *Eriophora*, los géneros anteriores y ocho más, también han sido registrados por Roth y Craig (1970) para las islas Galápagos, teniendo en común a *Argiope Argentata* y *Argyrodes elevatus*.

Es probable que las Islas Revillagigedo nunca hayan estado unidas al continente (Levin y Moran, 1989). De acuerdo con MacArthur (1971), son consideradas como oceánicas, por lo tanto la afinidad de especies que existe entre la fauna araneológica del Archipiélago con la del continente, puede deberse a su dispersión por medio del viento.

Vázquez (1960) afirma que las especies de los ordenes Orthoptera, y Odonata registrados de Socorro, tienen amplia distribución en el continente y pertenecen a la fauna neotropical. Brattstrom (1990) menciona que la mayoría de las especies de artrópodos de las Islas Revillagigedo, están ampliamente distribuidas en el macizo continental, principalmente en Baja California, Sonora y Sinaloa, o bien, son especies que se relacionan con esta fauna. Esta afinidad es debido a que Socorro está más cerca al continente que la mayoría de las islas oceánicas, por lo que la dispersión de la fauna continental a la isla es más frecuente, reduciendo la posible especiación (Levin y Morán, 1989; McArthur y Wilson, 1967).

Otros artrópodos pudieron haber llegado aprovechando las corrientes del Golfo de California, sobre o dentro de leños. El tamaño pequeño es una ventaja, pues les permite flotar fácilmente a grandes distancias. El éxito de su sobrevivencia dependerá de su impermeabilidad al agua, debido a que su cuerpo está cubierto con una capa de lípidos que la repelen. Asimismo pueden resistir un tiempo considerable sin intercambiar oxígeno atmosférico, como algunos ciempiés que han logrado sobrevivir 178 días sumergidos en el agua (Udvardy, 1968).

En 1951, el gobierno Mexicano estableció una zona naval en el extremo sur de la Isla Socorro y desde entonces ha habido un flujo continuo de barcos que proveen víveres a los habitantes de la isla. García Aldrete *et al.*, (1992) encontró que el 68% de las especies de los psocópteros se colectaron en este sitio, al igual que la cucaracha americana (*Periplaneta americana*) y a la viuda negra (*Latrodectus mactans*) registrada por Jiménez (1991), por lo que se piensa que hayan sido introducidas.

Hasta ahora las únicas especies de arácnidos endémicos que se conocen

son el alacrán *Vaejovis janssi*, las arañas *Pardosa socorroensis*, *Ariadna weaveri* de Socorro, *Misumenops revillagigedoensis* y *Loxosceles insula* de Clarión. Se citan sólo veinte especies endémicas de insectos (una de Collembola, dos de Psocóptera, una de Homóptera, tres de Coleóptera, cuatro de Lepidóptera, dos de Hymenóptera y dos de Díptera). Sin embargo el 23.2% del total de las especies están determinadas a nivel de familia ó género, lo que hace difícil precisar con exactitud, el número real de endemismos.

En el Cuadro 1 se muestra la distribución en un gradiente altitudinal de los artrópodos capturados en los seis tipos de vegetación de la Isla Socorro. Los insectos, ciempiés y milpies fueron identificados a nivel de familia, y las arañas a especie. Los sitios de mayor abundancia específica fueron el bosque de *Ficus cotinifolia* con treinta y dos familias (66.6%), el matorral mixto con treinta (62.5%) y matorral de *Croton* con veintitrés (47.9%) (Fig. 3). Esta distribución se debe a que en estos sitios la cobertura vegetal, el tamaño de los árboles, el suelo rico en hojarasca y la vegetación herbácea proporcionan mayor disponibilidad de alimento y microhábitats para la fauna de artrópodos. En estos sitios se encontraron a *Pardosa socorroensis*, *Ariadna weaveri* y *Leucage venusta*, especies que son características de lugares muy húmedos o asociadas a cuerpos de agua.

En el matorral de *Croton* la familia Araneidae estuvo mejor representada, probablemente porque este tipo de vegetación proporcionó el sustrato adecuado para la colocación de sus grandes redes. Sin embargo en el bosque de *Ficus* fué donde se encontró el mayor número de especies de arañas.

Como es de esperarse en el pastizal, el matorral mixto y en la pradera de altura, el número de familias de artrópodos fue menor, debido a la escasa vegetación que es de cobertura y tamaño menor. Al sur de la isla, entre los 300 y 450 m de altitud, el 30% de la vegetación ha sido significativamente destruida por el sobrepastoreo de los borregos, que fueron introducidos en 1869 (Levin y Morán, 1989). En la zona norte, cerca del cabo Middleton, el bosque es más rico y complejo debido a que los borregos no han llegado aún a establecerse y donde puede esperarse que la fauna de artrópodos sea más abundante y diversa.

Las especies con amplia distribución en el gradiente altitudinal fueron: el alacrán *Vaejovis janssi*, las arañas: *Euagrus* sp., *Habronatus simplex* y *Cheiracanthium inclusum*, los ácaros *Eutrombicula alfreugesi*, los pescaditos de plata de la familia Lepismatidae, la cucaracha *Latiblatella picturata*, el grillo *Oecanthus varicornis*, varias especies de hemípteros, el cangrejo terrestre *Gecarcinus planatus* y el ciempiés *Scolopendra tenuitarsi*.

*Vaejovis janssi* fue registrado por primera vez para Socorro, por Vázquez (1960). Polis, (1990) menciona que algunas especies de alacranes son muy específicos en los requerimientos del hábitat; *V. janssi* tiene un alto grado de plasticidad, ya que sólo se encuentra en esta isla, mostrando una marcada "liberación ecológica", debido a que se localiza a lo largo de todo el gradiente. Esta expansión del nicho es debido a que carece de competencia por otras especies, lo que le ha permitido extender sus áreas de reproducción normalmente ocupadas por otros competidores (Polis, 1990). Es probable que lo mismo

**Cuadro 1.** Distribución altitudinal de los Artrópodos en la Isla Socorro.  
 1. Pastizal inducido (10 m), 2. Matorral de Croton sp. (160 m), 3. Matorral mixto (410 m),  
 4. Bosque de Ficus sp. (540 m), 5. matorral mixto de Ficus e Ilex (720 m), 6. Pradera de  
 altura (970 m).

	1	2	3	4	5	6
<b>CLASE ARACHNIDA.</b>						
<b>ORDEN PSEUDOSCORPIONIDA</b>						
<b>CHELONETIDAE</b>					X	X
<b>ORDEN SCORPIONIDA.</b>						
<b>VAEJOVIDAE</b>						
<i>Vaejovis janssi</i> Williams			X		X	X
<b>ORDEN ARANAE.</b>						
<b>ANYPHAENIDAE</b>						
<i>Anyphaena cambridgei</i> Bryant, 1931			X	X	X	
<i>Anyphaena judicata</i> Cambridge, 1896	X	X			X	
<b>ARANEIDAE</b>						
<i>Argiope argentata</i> (Fabricius, 1775)		X	X			
<i>Eustala californiensis</i> (Keyserling, 1885)			X			
<i>Eriophora edax</i> (Blackwall, 1865)		X	X	X		
<i>Cyclosa turbinata</i> (Wackenaer, 1841)		X		X		
<i>Neoscona oaxacensis</i> (Keyserling, 1863)		X	X		X	
<i>Gasteracantha cancriformis</i> (Linnaeus, 1767)		X		X		
<i>Metepeira</i> sp.		X	X	X		X
<b>CLUBIONIDAE</b>						
<i>Cheiracanthium inclusum</i> (Hentz, 1847)	X	X	X	X		X
<b>DISDERIDAE</b>						
<i>Ariadna weaveri</i> Beatty, 1970			X	X		
<b>DIPLURIDAE</b>						
<i>Eaugrus</i> sp.	X	X	X	X	X	X
<b>DICTYNIDAE</b>						
<i>Dictyna spathulata</i> Gertsch y Davis, 1937		X	X			
<b>MIMETIDAE</b>						
<i>Mimetus</i> sp.		X	X	X		

Cuadro 1. (cont.)

	1	2	3	4	5	6
<b>LYCOSIDAE</b>						
<i>Pardosa socorroensis</i> Jiménez 1991			X	X		
<b>SALTICIDAE</b>						
<i>Habronattus simplex</i> (G. y E. Peckham, 1901)	X	X	X	X	X	X
<i>Plexippus paykulli</i> (Audouin, 1827)	X	X	X	X		
<b>SCYTODIDAE</b>						
<i>Scytodes</i> sp.			X	X		
<b>TETRAGNATHIDAE</b>						
<i>Leucauge venusta</i> (Waclkenaer, 1841)				X		
<b>THERIDIIDAE</b>						
<i>Theridion crispulum</i> Simon, 1895			X	X	X	
<i>Anelosimus studiosus</i> (Hentz, 1850)			X	X		
<i>Argyrodes elevatus</i> (Taczanowski, 1872)		X		X		
<i>Argyrodes projiciens</i> (O.P. Cambridge, 1896)					X	
<i>Sphirotinus maderae</i> (Gertsch y Archer, 1942)			X	X	X	X
<i>Steatoda quadrimaculata</i> (O.P. Cambridge, 1896)					X	
<i>Latrodectus mactans</i> (Fabricius, 1775)		X				
<b>THOMISIDAE</b>						
<i>Misumenops revillagigedoensis</i> Jiménez, 1991			X		X	X
<b>ACARIDA</b>						
<i>Eutrombicula alfredugesi</i> Oudemans, 1910	X	X	X	X	X	
<b>CLASE CRUSTACEA</b>						
<b>ISOPODA</b>	X					
<b>GECARCINIDAE</b>						
<i>Gecarcinus (Johngarthia) planatus</i> Stimpson	X	X	X	X	X	X
<b>CLASE INSECTA.</b>						
<b>ORDEN THYSANURA</b>						
<b>LEPISMATIDAE</b>	X	X	X	X	X	



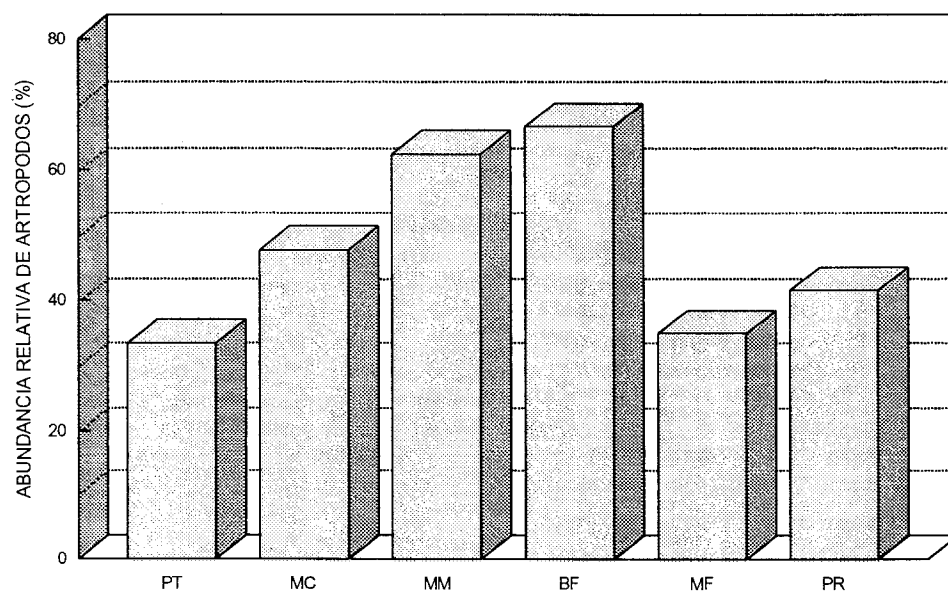
Cuadro 1. (cont.)

	1	2	3	4	5	6
ORDEN ODONATA. COENAGRIONIDAE		X				
ISOPTERA TERMITIDAE				X		
ORDEN DERMAPTERA. LABIDURIDAE		X	X		X	
ORDEN ORTHOPTERA. ACRIDIDAE		X	X			X
BLATTIDAE	X	X	X	X	X	X
GRYLLIDAE	X	X	X	X	X	X
TETTIGONIIDAE	X				X	
ORDEN PSOCOPTERA. LIPOSCELIDAE		X		X		
ORDEN HEMIPTERA. PENTATOMIDAE		X	X		X	
TINGIDAE			X		X	
NABIDAE			X		X	
MIRIDAE			X		X	
ORDEN HOMOPTERA. ACANALONIIDAE	X	X	X	X		
CICADELLIDAE		X				X
ORDEN NEUROPTERA. CHRYSOPIDAE					X	
MYRMELEONTIDAE	X				X	
ORDEN COLEOPTERA. COCCINELIDAE		X	X	X	X	
CURCULIONIDAE				X		X
STAPHYLINIDAE			X	X		X
ANTHICIDAE			X			
ELATERIDAE						X

Cuadro 1. (cont.)

	1	2	3	4	5	6
CERAMBYCIDAE			X			
TENEBRIONIDAE						X
CARABIDAE		X				
NITIDULIDAE	X					
ORDEN LEPIDOPTERA.						
GEOMETRIDAE	X	X	X	X	X	X
ORDEN DIPTERA.						
PHORIDAE	X			X	X	X
SARCOPHAGIDAE				X		
TIPULIDAE	X			X		X
CALLIPHORIDAE	X	X	X	X	X	X
ORDEN HYMENOPTERA.						
EULOPHIDAE	X					
FORMICIDAE	X	X	X	X	X	X

suceda con en cangrejo terrestre *Gecarcinus* (*Jonhgardia*) *planatus* que se encuentra desde la zona supralitoral hasta la pradera de altura. De forrajeo nocturno, *G. planatus* se alimenta preferentemente de materia vegetal por lo que se piensa que es el primer degradador de materia orgánica, además de ser el principal recurso alimenticio para algunas aves endémicas como la garza nocturna (*Nycticorax violaceus gravirostris*) (Hanna, 1926; McLellan, 1926). Hacia el Norte de la Isla Socorro, en el bosque de *Ficus cotinifolia*, la población de *G. planatus* es muy grande y se le observó muy activa durante el día, alimentándose de las hojas de las higueras. De acuerdo con Bliss (1979) los cangrejos prefirieron los lugares más densos y sombreados, donde hay mayor cantidad de alimento disponible, están menos expuestos a los depredadores y la humedad es muy alta. Este último factor es indispensable para que se lleve a cabo el intercambio gaseoso a través de sus branquias. Al hacer un análisis de estos órganos, se encontró una gran cantidad de nemátodos y ácaros del género *Macrocheles* sp. (Fam. Machrochelidae), *Gamasillodes* sp. (Ascidae) y una especie y un género no determinado de la familia Ewingiidae. Estos ácaros se hallaron sobre y entre las laminillas branquiales. Los del género *Machrocheles*



**Figura 3.** Abundancia específica de especies por familias de artrópodos de la Isla Socorro.

son depredadores de nemátodos, larvas de moscas y otros microartrópodos (Krantz, 1978), por lo que se piensa que penetraron en las cámaras branquiales únicamente para alimentarse probablemente de otros ácaros y nemátodos.

Entre los ácaros registrados de Socorro, existe una especie con cierta importancia médica, y son los llamados "tlalzahuete" (*Eutrombicula alfredugesi* Oud.). La larva vive como parásita de vertebrados pequeños, algunas aves y con mayor frecuencia sobre reptiles (Vázquez, 1960). Estos organismos fueron encontrados sobre la lagartija *Urosaurus auriculatus* (Cope), entre los pliegues de la piel y sobre todo en el cuello. El hombre es atacado por estos ácaros, los que se introducen bajo la piel, causando dermatitis, prurito intolerable y en ocasiones fiebres muy altas. Los adultos de *E. alfredugesi* no son parásitos y se alimentan de materia orgánica en descomposición de los lugares húmedos del suelo (Vázquez, 1960).

Otro artrópodo de posible importancia médica es el ciempiés *Scolopendra tenuitarsis* la única especie de mayor tamaño en Socorro. Durante el día esta escolopendra se le encuentra oculta bajo las piedras, pero cuando sale de sus refugios puede ser un poco peligrosa, debido al piquete que da con el primer par de apéndices del tórax (forcípulas) donde desembocan las glándulas del veneno.

Las arañas es uno de los grupos con mayor abundancia relativa (16.47%) (Fig. 2). *Cheiracanthium inclusum* (Hentz) es una de las especies que se distribuye en casi toda la isla y ha sido registrada como peligrosa por producir arañismo del tipo sistémico, al morder causa un dolor agudo (Russell, 1987).

*Latrodectus mactas* (Fabricius) mejor conocida como la "viuda negra" o "araña capulina", solo ha sido encontrada en las viviendas de la zona naval de la isla. Esta araña es de las más peligrosas, pues su mordedura puede causar el llamado "latrodectismo". El veneno es una toxalbumina con un tercio de la potencia del veneno de la víbora de cascabel. Su acción más dañina se presenta en las terminaciones nerviosas, evitando la sinapsis, como en el envenenamiento por cobra. En casos graves hay contracciones musculares que llegan a la rigidez y con una crisis convulsiva, en casos muy graves sobreviene la muerte (Schonone y Correa, 1985). La especie del género *Euagrus*, fue la única araña mígala encontrada en todos los hábitats de la Isla Socorro. Su presencia se hace patente por las redes expuestas que se ramifican en túneles de seda ocultos bajo rocas, en el suelo u otro lugar protegido (Coyle, 1988).

En el matorral de *Croton*, matorral mixto y bosque de *Ficus*, la araña *Metepiera* sp., fué muy abundante y conspicua por tejer refugios en forma de tubo. A veces con hojas secas adheridas y un extremo abierto y dirigido hacia abajo del cual surge un hilo de seda que es colocado en el centro de una red que es orbicular. Dentro del refugio se localizan los ovisacos colocados uno sobre otro protegidos por la hembra. Cabe mencionar que sobre estas telarañas se capturaron machos, hembras y juveniles de arañas *Argyrodes elevatus* Taczanowski (Jiménez, 1991), los que posiblemente sean cleptoparásitas por alimentarse de las presas que son atrapadas en las redes de *Metepiera* sp.

En el matorral de *Croton*, matorral mixto y pradera de altura se observó a los

chapulines *Schistocerca americana* alimentándose de los pastos: *Heteropogon* sp., *Rhynchelytrum* sp., y *Setaria* sp., mientras que *Trimerotropis pallidipennis*, se le encontró en áreas abiertas y con vegetación escasa y de baja altura.

La esperancita (*N. maxillosus*) se registró únicamente en el pastizal y bosque de *Ficus* sp. Por los análisis del contenido estomacal de la garza nocturna, este insecto forma una parte importante de su alimento y es probable que sea capturada por la garza al escuchar los sonidos agudos que emite al estridular.

La cucaracha *Latiblatella picturata* en la Isla Socorro se distribuye desde el nivel del mar hasta los 970 m. Estos insectos fueron encontrados entre la hojarasca, hendiduras u hoquedades muy estrechas principalmente en la corteza de los árboles de *Ficus* sp. e *Ilex* sp., o bien en troncos caídos del bosque mixto. La cucaracha americana (*Periplaneta americana*) únicamente fue observada en el extremo sur, en el sector naval (García-Aldrete, et al., 1992).

Los homópteros de la familia Acanaloniidae se les encontró desde el Pastizal hasta el Bosque de *Ficus* sp. y los de la familia Cicadellidae en el matorral de *Croton* y en la pradera de altura, entre los árboles frutales, arbustos, hierbas y pasto.

El orden Coleoptera se destruye en todo el gradiente altitudinal, sin embargo algunos de ellos como las catarinitas, conchuelas o chochos (Familia Coccinellidae), sólo se les encontró distribuidas desde el matorral de *Croton* hasta el matorral de *Ficus* e *Ilex*, y los comúnmente llamados mayates, pinacates, etc., (Tenebrionidae) en el bosque de *Ficus* sp. y en la pradera de altura.

Los escarabajos de la familia Staphylinidae, se colectaron bajo piedras, hongos y hojarasca, en el Matorral mixto, donde los adultos y larvas fueron muy abundantes en la materia orgánica en descomposición.

Aún cuando las palomillas y mariposas (Orden Lepidoptera) representan la abundancia relativa más alta en la Isla Socorro (11.59%) (Fig. 2), sólo las de la familia Geometridae estuvieron distribuidas en todas las comunidades vegetales.

Las moscas de la familia Sarcophagidae tiene gran importancia ecológica como degradadores o reguladores de las poblaciones de otros insectos (Morón y Terrón, 1988). En la Isla Socorro sólo fueron encontradas en el Bosque de *Ficus*, pero es probable que se distribuyan en todas las comunidades vegetales.

La especie *Cochliomyia macellaria* (Calliphoridae) fue capturada en toda la zona de estudio. *C. macellaria* se encontró en restos de cangrejos, de aves y borregos en estado de descomposición. Metcalf y Flint (1976) mencionan que esta especie ataca a los borregos cuando tienen la lana mojada a causa de la lluvia, la orina, heces fecales o sangre de alguna herida o de partos. Las moscas son atraídas al animal y depositan sus huevecillos en la lana, o bien, en los cuernos cuando hay heridas ocasionadas por peleas. Al emerger las larvas, éstas se alimentan de la lana húmeda y de la piel, ocasionando una úlcera provocando que la lana se descomponga y se desprenda. La herida se infecta y puede causarle la muerte por envenenamiento de la sangre.

Las hormigas (Familia Formicidae) se localizaron ampliamente en todas las

comunidades vegetales de la isla. Su importancia radica en que pueden llegar a ser plaga por causar una defoliación intensa, o bien, benéficas debido a la gran cantidad de materia vegetal o animal que procesan e incorporan al suelo (Morón y Terrón, 1988).

## Conclusiones

Con este trabajo se proporciona el inventario más completo y actualizado de la fauna de artrópodos del Archipiélago de Revillagigedo, así como el conocimiento de su distribución altitudinal en la Isla Socorro. Esta fauna comprende una basta cantidad de especies cuyo papel ecológico aún no ha sido evaluado. Sólo veinte especies de artrópodos son consideradas endémicas. Sin embargo el 23.2% del total de la fauna de artrópodos sólo ha sido determinada a nivel de familia o género. Estos resultados demuestran que hace falta profundizar en el conocimiento taxonómico de algunos grupos como el de los ácaros y parásitos de las aves residentes para poder precisar con certeza el grado de endemismo.

La diversidad de especies de artrópodos terrestres en estas islas debe ser mayor que la registrada hasta ahora, sobre todo porque faltan estudios en las islas San Benedicto, Clarión y en la mitad norte de Socorro.

Es probable que las especies de artrópodos, especialmente las formas voladoras, hayan sido transportadas del continente al Archipiélago, a causa de tormentas tropicales que en cierta época del año llegan a esta región o bien, los insectos perforadores de madera, hayan arribado a las islas por medio de leños o troncos transportados por las corrientes marinas del Golfo de California.

Las comunidades vegetales de la Isla Socorro tienen una fauna característica de artrópodos. Esta es menos abundante en las zonas de escasa vegetación o de menor talla como en el pastizal y la pradera de altura. Algunas especies se restringen exclusivamente a una cierta comunidad mientras que otras tienen amplia distribución.

La artropodofauna de la Isla Socorro es de especial importancia, debido a que sus especies sirven de alimento a algunos vertebrados endémicos como la garza nocturna (*Nycticorax violacea gravirostris*), el centzontle de Socorro (*Mimodes graysoni*) y la lagartija de Socorro (*Urosaurus auriculatus*) (Cope) que se alimentan de artrópodos y se refugia donde estos son más abundantes.

El aislamiento geográfico de la Isla Socorro, la sitúa dentro de los ecosistemas naturales con especies únicas de flora y fauna a nivel mundial que exige ser preservado.

## Agradecimientos

Los autores desean hacer patente su agradecimiento al Dr. A. García Aldrete, por la información previa y la determinación de los psocópteros. Al Dr. H. Braylovski del Depto. de Zoología del Instituto de Biología por la identificación de especies chinches; al Dr. E. Lindquist del Biosystematic Research Center, Ottawa, Canada y Biol. Rosalía Servín del CIB, por la determinación de las especies de ácaros asociados a los cangrejos, al Vicealmirante Manuel Rodríguez Gordillo, del Sector Naval Isla Socorro, por su apoyo y hospitalidad brindada durante nuestra estancia en la isla, al Dr. Alfredo Ortega, Director de la División de Biología Terrestre, C.I.B., por el apoyo brindado para llevar a cabo este estudio.

## Literatura citada

- Bliss, E.D. 1979. From sea to tree: Saga of a land crab. *AMERICAN ZOOLOGY* 19:385-410.
- Borror D. J., D.M. Delog y C.A. Triplehorn. 1981. AN INTRODUCTION TO THE STUDY OF INSECTS. 5 ED. Holt, Rinehard y Winston 852 pp.
- Brattstrom, B.H. 1955. Notes on the Herpetology of the Revillagigedo Islands, México. *THE AMERICAN MIDLAND NATURALIST* 54(1):219-229.
- Brattstrom, B. H. 1990. Biogeography of the islas Revillagigedo, México. *JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY* 17:177-183.
- Chu, H.F. 1949. THE IMMATURE INSECTS. W.M. C. Brown Company Publishers. 234 pp.
- Coyle, A. 1988. A revision of the American funnel-web. mygalomorph spider *Euagrus* (Araneae: Dipluridae) *BULLETIN OF THE AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY* 187(3):205-292.
- Chemsak, J. A., y E. G. Linsley 1978. Additions to the Cerambycidae of the Revillagigedo Islands (Coleoptera). *BULLETIN OF SOUTHERN CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE* 77:138-142.
- Dodge, H. R. 1964. Sarcophagids flies from the Revillagigedo Islands (Diptera:Sarcophagidae). *PROCEEDINGS OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY* 66:47-54.
- García-Aldrete, A. N., A. Cadena Carrión y L. Cervantes. 1992. Tres Marías Archipelago Psocids Fauna. *ACTA ZOOLOGICA. NUEVA SERIE* 1-20.
- García-Aldrete, A. N. 1993. New species of Serobasis and Phillipsocus from México and a list of mexican Troxiomorpha (Psocoptera). *INSECTA MUNDI* 7(7-2):1-18.
- García-Aldrete, A. N. 1994. New Psocids (Insecta: Psocoptera), from Socorro Island, Revillagigedo Archipelago, México. *SOUTHWESTERN NATURALIST* 39(1): 1-83.
- Gielis, C. 1991. Neotropical Pterophoridae 5. The Pterophoridae of Socorro Island (Lepidoptera). *PHEGEA* 19(1):21-23.
- Hanna, G.D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands. México, in 1925. General Report. *PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE*. 4th. Ser. 75:1-113.
- Heidemann, 1901. Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899, X. Entomological results (I). Hemiptera. *PROCEEDINGS OF THE WASHINGTON ACADEMY OF SCIENCES*. 3:336-370.
- Jaques, H. E., 1951. THE BEETLES. W.M.C. Brown Company Publishers. 372 pp.
- Jiménez, M.L. 1991. Araneofauna de las Islas Revillagigedo, México. *ANALES DEL INSTITUTO DE BIOLOGIA, UNAM, SERIE ZOOLOGIA* 62(3):417-429.
- Kellogg, V.L. y W. M. Mann. 1912. Mallophaga from islands of Lower California. *ENTOMOLOGICAL NEWS* 23:56-65.
- Krantz, G.W. 1978. A MANUAL OF ACAROLGY. Oregon State University Book Stores, Inc. 130 pp.
- Levin, A.G., y R. Moran 1989. THE VASCULAR FLORA OF ISLA SOCORRO, MEXICO. San Diego Society of

- Natural History, U.S.A. 71 pp.
- Light, S.F., 1930. Termites collected by T.T. Craig on Socorro Island. PAN-PACIFIC ENTOMOLOGIST 6:178-180.
- Light, S.F., 1935. The templeton Crocker Expedition of the California Academy of Science, 1932 No. 20. Termites. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. Fourth Series 21:233-258.
- Linsley, E.G. 1935. Cerambycidae from the Revillagigedo Islands, México. PAN PACIFIC ENTOMOLOGIST 11(2):72-74.
- Linsley, E.G. 1942. Contributions toward a knowledge of the insecta fauna of Lower California No. 2 Coleoptera: Cerambycidae. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. Fourth Series 24(2):21-96.
- Linsley, E.G. 1958. An addition to the known Cerambycid fauna of the Revillagigedo Archipelago. BULLETIN OF THE SOUTHERN CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE 57:49-50.
- Linsley, E.G. y J. A. Chemsak, 1966. Cerambycidae of the Revillagigedo Islands. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. Fourth Series 33:249-254.
- Lorus, M. y M. Lorus. 1980. THE AUDUBON SOCIETY FIELD GUIDE TO NORTH AMERICAN INSECTS AND SPIDERS. Knopf Inc. New York. 425-427.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. THE THEORY OF ISLAND BIOGEOGRAPHY. Princenton University Press. Princenton New Jersey.
- MacArthur, R. H. 1971. GEOGRAPHICAL ECOLOGY: PATTERNS IN THE DISTRIBUTION OF THE SPECIES. Harper and Row. N.Y. 269 pp.
- Metcalf, L. C. y Flint P.M. 1976. INSECTOS DESTRUCTIVOS E INSECTOS ÚTILES. SUS COSTUMBRES Y SU CONTROL. 8a. Impresión. Compañía Editorial Continental, S.A. 128 pp.
- McLellan, N.E. 1926. Expedition to the Revillagigedo island, Mexico in 1925. The birds & Mammals. PROCEEDING OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE 4th. Ser. Us:279-322.
- McAlpine, F.J. 1981. MANUAL OF NEARTIC DIPTERA VOL. I. Biosystematics Research Institute. Ottawa, Canada. 674 pp.
- Mears, E.G. 1944. PACIFIC OCEAN HANDBOOK. J.L. Delkin. Stanford, California.
- Monsiño Aleman, P.A., y E. García, 1974. The Climate of México. p. 345-404. IN: R.E. BRYSON Y F.K. HARE (EDS.) CLIMATES OF NORTH AMERICA. Elsevier Scientific Publishing. Amsterdam.
- Morón, M. A. y R.A. Terrón. 1988. ENTOMOLOGÍA PRACTICA. Instituto de Ecología, A.C., México. 504 pp.
- Palacios-Vargas, J., G. J. Llampallas y C.L. Hogue 1982. Preliminary list of the insects and related terrestrial arthropoda of Socorro Island. Islas Revillagigedo, México. BULLETIN OF THE SOUTHERN CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE 81(3):138-147
- Polis, E. 1990. Ecology, p. 247-293. IN: THE BIOLOGY OF SCORPIONS. E. POLIS (ED.) . Stanford University Press. Standfor.
- Richard, A.F., y B.H. Brattstrom, 1959. Bibliography Cartography, discovery, and exploration of the Isla Revillagigedo. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. Fourth Series 29(9):315-360.
- Rodríguez-Estrella, R., G. Arnaud, S. Alvarez y A. Rodríguez. 1991. Predation by feral cats on birds at Isla Socorro, Mexico. WESTERN BIRDS. 22:141-143.
- Russell, F.E. 1987. Spiders implicated in human envenomations. Newsletter. AMERICAN ARACHNOLOGICAL SOCIETY 35:7-8.
- Roth, V.D., 1985. SPIDER GENERA OF NORTH AMERICA, Impresión privada, 128 pp.
- Roth, V.D. & P. R. Craig. 1970. VII. Arachnida of the Galapagos Islands (Excluding Acarina). MISSION ZOOLOGIQUE BELGUE AUX ILES GALAPAGOS ET EN ECUADOR (N. et. J. Leleup, 1964-1965) Volumen II:107-124.
- Schonone, H. y L. E. Correa 1985. Algunos conocimientos prácticos sobre la biología de la araña Latrodectus mactans y el síndrome del latrodectismo en Chile. BOLETÍN CHILENO DE PARASITOLÓGIA 40:18-23.
- Simberloff, D.S., y E.W. Wilson. 1969. Experimental Zoogeography of Islands: The colonization of empty Islands. ECOLOGY. 50(2):278-279.
- Udvardy, M. D.F. 1968. DYNAMIC ZOOGEOGRAPHY WITH SPECIAL REFERENCE TO LAND ANIMALS. Van Nostrand Reinhold Company. 445 pp.
- Vázquez, G. L. 1958 a. Notas sobre Lepidópteros de las islas Revillagigedo. I. ANALES DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA 28:301-307.
- Vázquez, G. L. 1958 b. Notas sobre Lepidópteros de las islas Revillagigedo. II. ANALES DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA 29:349-354.



- Vázquez, G.L. 1960. Observaciones sobre los artrópodos. p.217-234. IN: LA ISLA SOCORRO, ARCHIPIELAGO DE LAS REVILLAGIGEDO, J. ADEM (ED.). Monografía Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wheeler, W.M. 1933. Ants from the islands of the west coast of Lower California and México. PAN-PACIFIC ENTOMOLOGIST 10:132-144.
- Wehtje, S.C., H.S. Walter, R. Rodríguez, J. Llinas y A. Castellanos. 1993. An annotated checklist of the birds of Isla Socorro, México. WESTERN BIRDS 24(1):1-16

**APENDICE 1**

Lista de la Artropodofauna del Archipiélago de Revillagigedo, México.

## ARACHNIDA

## SCORPIONIDA

Vaejovidae

*Vaejovis janssi* Williams \*

## PSEUDOSCORPIONIDA

Chelonetidae

Género no determinado \*\*

## ARANEAE

Anyphaenidae

*Aysha cambridgei* Bryant*Anyphaena judicata* Cambridge

Dysderidae

*Ariadna weaveri* Beatty \*

Aracneidae

*Argiope argentata* (Fabricius)*Eustala californiensis* (Keyserling)*Eriophora edax* (Blackwall)*Cyclosa turbinata* (Walckenaer)*Neoscona oaxacensis* (Keyserling)*Gasteracantha cancriformis* (Linnaeus)*Metepeira* sp.

Clubionidae

*Cheiracanthium inclusum* (Hentz)

Dipluridae

*Euagrus* sp.

Dictynidae

*Dictyna spathulata* Gertsch y Davis

Loxoscelidae

*Loxosceles insula* Gertsch \*

**Apéndice (cont.)**

**Mimetidae**

*Mimetus* sp.

**Lycosidae**

*Pardosa socorroensis* Jiménez \*

**Salticidae**

*Habronattus simplex* (G. y E. Peckham)

*Plexippus paykulli* (Audouin)

**Scytodidae**

*Scytodes* sp.

**Tetragnathidae**

*Leucauge venusta* (Walckeaner)

**Theridiidae**

*Theridion crispulum* Simon

*Anelosimus studiosus* (Hentz)

*Argyrodes elevatus* (Taczanowski)

*Argyrodes projiciens* (O.P. Cambridge)

*Sphirotinus maderae* (Gertsch y Archer)

*Latrodectus mactans* (Fabricius)

*Steatoda quadrimaculata* (O.P. Cambridge)

**Thomisidae**

*Misumenops revillagigedoensis* Jiménez \*

**ACARIDA**

**ASTIGMATA**

**Ewingiidae**

Género no determinado

**MESOSTIGMATA**

**Ascidae**

*Cheiroseius* sp.

*Gamasillodes* sp.

**Macrochelidae**

*Macrocheles* sp.

**Apéndice (cont.)**

Uropodidae

Género no determinado

Parasitidae

Un género indeterminado

**PROSTIGMATA**

Rhagidiidae

*Rhagidia weyerensis* (Packard)

Bdellidae

*Bdellodes* sp.

Cunaxidae

*Cunaxa taurus* (Kramer)

*Cunaxa* sp.

Smaridiidae

Un género no determinado

Trombiculidae

*Eutrombicula alfredugesi* Oudemans

**CRYPTOSTIGMATA**

Hypochthoniidae

*Hypochthonius rufulus* Kock

Nothridae

*Nothrus* sp.

Hermanniellidae

*Hermanniella* sp.

Plamobatidae

*Plasmobates* sp.

Gymnodamaenidae

*Allodamaeus* sp.

Damaeidae

Un género no determinado

**Apéndice (cont.)**

**Carabodidae**

*Austrocarabodes* sp.

**Oribatulidae**

*Schelorbates* sp.

**HEXAPODA**

**PROTURA**

**Protentomidae**

Un género no determinado

**DIPLURA**

**Japygidae**

Un género no determinado

**COLLEMBOLA**

**Hypogastruridae**

*Xenylla cf. humicola* (Fabricius)

**Neanuridae**

*Friesea haldanei* Rapoport y Mano

*Friesea* sp.

*Pseudachorutes* sp. ca. *lunatus* Folsom

*Pseudachorutes* sp.

**Onychiuridae**

*Mesaphorura cf. yossii* Rusek

*Onychiurus encarpatus* Denis

**Isotomidae**

*Folsomides americanus* Denis

*Folsomides cf. angulares* (Axelson)

*Isotomiella minor* (Schaeffer)

**Entomobryidae**

*Lepidocyrtus cf. helenae* Snider

*Lepidocyrtus* sp. ca. *pallidus* Reuter

*Pseudosinella violenta* (Folsom)

*Seira* sp.

**Apéndice (cont.)**

*Janetschekbrya cf. arida* Christiansen and Bellinger

Dicyrtomidae

*Dicyrtoma atra* (Linnaeus)

Sminthuridae

*Shaeridia pumilis* Krausbauer

*Sphaeridia* n. sp. \*

THYSANURA

Lepismatidae

Un género no determinado

ODONATA

Coenagrionidae \*\*

Libellulidae

*Pantala flavescens* (Fabricius)

ISOPTERA

Termitidae

*Kalotermes hubbardi* Banks

*Kalotermes jouteli* Banks

*Kalotermes marginipennis* (Latreille)

DERMAPTERA

Labiduridae

*Labidura riparia* (Pallas)

ORTHOPTERA

Blattidae

*Latiblatella picturata* Hebard

*Periplaneta americana* (Linnaeus)

Acrididae

*Trimerotropis pallidipennis pallidipennis* (Burmeister)

*Schistocerca americana socorro* Dirsh

*Schistocerca paranensis* (Burm.)

**Apéndice (cont.)**

**Tettigoniidae**

*Neoconocephalus maxillosus* (Fabricius)

**Gryllidae**

*Gryllus* sp.

*Oecanthus varicornis* (F. Walker)

*Cycloptilum erraticum* Scudder

**PSOCOPTERA**

**Philotarsidae**

*Haplophallus javerianus* García-Aldrete

**Ectopsocidae**

*Ectopsocus meridionalis* Ribaga

*Ectopsocus maindroni* Badonell

**Myopsocidae**

*Lichenomima cervantesi* García-Aldrete

**Trogiidae**

*Cerobasis lapidicola* García-Aldrete \*

*Cerobasis clarionensis* García-Aldrete \*

*Cerobasis treptica* Thornton & Woo

**Lepidopsocidae**

*Thylacella cubana* (Banks)

**Psyllipsocidae**

*Psocathropos microps* Enderlein

**Manicapsocidae**

*Nothoentomum tuxtlarum* (Mockford)

**Liposcelidae**

*Belaphotroctes alleni* Mockford

*Liposcelis albothoracicus* Broadhead

*Liposcelis bostrychophilus* Badonnel

**Panchytroctidae**

*Tapinella olmeca* Mockford

## Apéndice (cont.)

### Caeciliidae

*Caecilius casarum* Badonnel

### Lechesillidae

*Lechesilla rena* Sommerman

*Lechesilla riegei* Sommerman

### Pseudocaeciliidae

*Pseudocaecilius citricola* (Ashmead)

*Pseudocaecilius tahitiensis* (Karny)

### Psocidae

*Indiopsocus bisignatus* (Banks)

### Peripsocidae

*Peripsocus stagnivagus* Chapman

## HEMIPTERA

### Miridae

*Lygus* sp. \*\*

### Nabidae

*Nabis* sp.

### Pentatomidae

*Acrosternum hilare* (Say)

*Nezara* sp.

*Euschistus* sp.

### Tingidae

*Leptoypha* sp. \*\*

### Lygaeidae

*Lygus keiferi* Van Duzee

## HOMOPTERA

### Acanaloniidae

*Acanalonia clarionensis* Van Duzee \*

### Cicadellidae

*Omanolidia keiferi* Nielson

*Paralebra keiferi* Young



**Apéndice (cont.)**

*Diceratolebra sola* Young

**MALLOPHAGA**

Phlopterae

*Penenirmus quadripustulatus* (Kellogg and Mann)

*Saemundssonina breviantenna* (Piaget)

*Quadriceps birostris* (Giebel)

*Bruelia melanococa* (Carriker)

*Columbicola columbae* (Linnaeus)

Menoponidae

*Actornithophilus milleri* (Kellogg and Kuwana)

*Eidmanniella aurifasciata* (Kellogg)

*Austromenopon becki* (Kellogg)

**COLEOPTERA**

Coccinellidae \*\*

Curculionidae

*Epicerus* sp.

Anthicidae

*Thicanns* sp.

Cicindelidae

*Cicindela trifasciata sigmoidea* LeConte

Anticidae

Un género no determinado \*\*

Carabidae

*Selenophorus pyritosus* Dejean

Cryptophagidae

*Glyptophorus* sp.

Nitidulidae

*Stilidota* sp.

Dytiscidae

*Rhantus calidus* (Fabricius)

**Apéndice (cont.)**

Scarabaeidae

*Ataenius hoguei* Cartwright and Spangles 1981.

Elateridae

*Nematodes cuneatus* (Guerin)

*Dicrepidius* sp cf. *D. corvinus* Candeze

Bostrichidae

*Amphicerus cornutus* (Pallas)

Trogidae

Un genero no determinado

Tenebrionidae

*Phaleria debilis* LeConte

*Hypogena tricornis* Dalman

*Bius* sp.

Cerambycidae

*Stenodontes dasytomus socorroensis* Linsley and Chemsak \*

*Acanthoderes socorroensis* Linsley \*

*Acanthoderes peritapnoides* Linsley

*Neoclytus steelei* Chemsak and Linsley

*Neoptychodes trilineatus* Linnaeus

*Oreodera glauca pacifica* Chemsak and Linsley

*Trichastylopsis hoguei* Chemsak and Linsley

*Stenodontes* (Mallodon) *molarius* Linsley

*Nesodes insularis* Linsley \*

Staphylinidae

*Homalota* sp. \*\*

Curculionidae

*Epicerus* sp.

Cryptophagidae

*Glyptophorus?* sp.

Nitidulidae

*Stilidota* sp.

## Apéndice (cont.)

### NEUROPTERA

#### Chrysopidae

*Suaris collaris* Schneider

#### Coniopterigidae

*Coniopteryx simplicior* Meinander

### LEPIDOPTERA

#### Sphingidae

*Manduca sexta* (Linnaeus)

*Perigonia lusca continua* Vazquez

*Erinnyis obscura socorroensis* Clark \*

#### Lycaenidae

*Strymon columella socorrica* (Vazquez) \*

#### Noctuidae

*Callopietria floridensis* (Guenee)

*Anomis editrix* (Guenee)

*Agrotis subterranea* n. spp.

*Agrotis malefida* Guenee

*Cobubatha limbata* (H. Edwards)

*Catabena vitrina* (Walcker)

*Forsebia perlaeta* (H. Edwards)

*Melipotis perpendiculares* (Guenee)

*Melipotis famelica* (Guenee)

*Melipotis* n.sp. \*

*Mythimna possibly imperfecta* (Smith)

*Ophiuche minualis minualis* (Guenee)

*Peridroma saucia* (Hubner)

*Platysenta sutor* (Guenee)

*Pseudaletia sequax* Franclemont

*Platysenta selenosa* (Guenee)

*Physula migralis* (Guenee)

*Ponometia exigua* (Fabricius)

*Spodoptera sunia* (Guenee)

#### Pieridae

*Phoebis sennae* (Linnaeus)

#### Choreutidae

*Tortyra* n.sp. \*

**Apéndice (cont.)**

Hesperiidae

*Erynnis zarucco funeralis* (Scudder and Burgess)

Pyralidae

Un género no determinado

Lyonetiidae (?)

Un género no determinado

Tineidae

Un género no determinado

Pterophoridae

*Megalorhipida defectalis* (Walcker)

*Oidaematophorus socorroica*, Gielis \*

THYSANOPTERA

Phlaeothripidae

*Haplothrips gowdeyi* (Franklin)

DIPTERA

Phoridae

Un género no determinado \*\*

Tipulidae

Un género no determinado \*\*

Culicidae

*Aedes taeniorhynchus* (Wiedmann)

Ceratopogonidae

*Dasyhelea calvescens* Macfie

Chironomidae

*Telmatogeton latipennis* Wirth

*Thalassomya pilipes* Edwards

Mycetophilidae

Un género no determinado

Calliphoridae

**Apéndice (cont.)**

*Cochliomya macellaria* (Fabricius)

**Sciaridae**

Un género no determinado

**Asilidae**

*Adrenosoma* n. sp. \*

**Syrphidae**

*Procecidochara flavipes* Aldrich

*Volucella* ca. *V. anna* Williston

**Muscidae**

*Fannia scalaris* (Fabricius)

**Eulophidae**

Un género no determinado

**Sarcophagidae**

*Peckia craigi* Dodge

*Helicobia morionella* (Aldrich)

*Socorromyia blodgeti* Dodge \*

**HYMENOPTERA**

**Megachilidae**

*Lithurge socorroensis* Mitchell \*

**Halictidae**

*Lasioglossum* sp.

**Sphecidae**

*Bembix* sp.

**Formicidae**

*Camponotus socorroensis* Wheeler \*

*Pheidole hyatti* Emery

*Solenopsis geminata* (Fabricius)

*Forelius foetidus keiferi* Wheeler

*Camponotus picipes* Wheeler

*Hypoponera* sp.

**Apéndice (cont.)**

CHILOPODA

SCOLOPENDROMORPHA

Scolopendridae

*Scolopendra tenuitarsis* Pocock

GEOPHILOMORPHA

Familia no determinada \*\*

CRUSTACEA

ISOPODA

Género no determinado \*\*

DECAPODA

Gecarcinidae

*Gecarcinus planatus* Stimpson

\* Especies endémicas

\*\* Se citan por primera vez



## CAPITULO 10

# ASPECTOS ECOLOGICOS DE LA HERPETOFAUNA

*Patricia Galina Tessaro, Sergio Alvarez Cárdenas  
y Alfredo Ortega-Rubio*

### Resumen

La herpetofauna terrestre de Isla Socorro se encuentra, al presente, constituida por dos especies de lacertilios: la endémica lagartija azul (*Urosaurus auriculatus*) y el gecko introducido (*Hemidactylus frenatus*). En este trabajo se analizan algunas de las principales características ecológicas de estas especies. Nuestros resultados indican que a pesar de su relativa abundancia y plasticidad en el uso de hábitats y microhábitats, la lagartija azul se encuentra amenazada debido al grave proceso de deterioro de la Isla. En este sentido es necesario proceder a estudiar los efectos específicos que la expansión de la población del gecko nocturno podría tener sobre la lagartija azul.

### Abstract

The terrestrial herpetofauna of Socorro Island is composed, up to the date, by two lizard species: the endemic blue lizard (*Urosaurus auriculatus*) and the introduced nocturnal gecko (*Hemidactylus frenatus*). In this work some of the main ecological characteristics of these species are analyzed. Our results indicate that, in spite of their relative abundance and habitat and microhabitat plasticity, the blue lizard is endangered, because the terrible damage process in the island. In this context it is necessary to proceed to study the specific effects, that the population growth of the nocturnal gecko would have on the blue lizard.



## Introducción

No obstante que desde hace mucho tiempo las islas del Archipiélago Revillagigedo han sido punto de atención de numerosas exploraciones y expediciones científicas, son relativamente pocos los trabajos relacionados con su herpetofauna, aunque existen trabajos publicados desde el siglo pasado donde se describen las especies (Cope, 1871; Townsend, 1890), así como otros que datan de principios de este siglo hasta la actualidad, tratando algunos aspectos ecológicos de dichas especies (Adem *et al.*, 1960; Arnaud *et al.*, 1993; Awbrey *et al.*, 1985; Brattstrom, 1955, 1982a, 1982b, 1990; Hanna, 1926; Ortega-Rubio *et al.*, 1991; Slevin, 1926).

La herpetofauna de las Islas Revillagigedo está constituida por un total de cinco especies (Brattstrom, 1955, 1982a, 1982b, 1990; Galina *et al.* en prensa), de las cuales cuatro son terrestres, los lacertilios *Urosaurus clarionensis* (Townsend) endémica de Isla Clarión, *U. auriculatus* (Cope) endémica de Isla Socorro y *Hemidactylus frenatus* (Schlegel) especie de introducción reciente en Isla Socorro, así como la culebra *Masticophis anthonyi* (Stejneger) endémica de Isla Clarión; en tanto que la especie marina es la tortuga *Chelonia mydas* (Linnaeus), la cual acude a las costas del Archipiélago a desovar, principalmente en Isla Socorro y Clarión. Por otra parte, el mismo Brattstrom (1955) menciona la posible presencia de otra especie de tortuga marina, *Caretta caretta* (Linnaeus) en Isla Clarión, cuyo registro consiste en restos de una cría en el contenido estomacal de la culebra endémica de la misma isla.

Las tres especies nativas de reptiles terrestres tienen sus ancestros más cercanos en el oeste de México, encontrándose una estrecha relación filogenética con especies de esa región (Brattstrom, 1955, 1982a, 1990). La culebra *M. anthonyi* al parecer se relaciona con *M. flagellum lineatus* (Dumeril and Bocourt) que se distribuye en la costa occidental de México, derivándose así probablemente del sur de Sinaloa, Nayarit o Colima (Brattstrom, 1955). Por su parte, las dos lagartijas endémicas son de los miembros más primitivos de los dos grandes grupos del género *Urosaurus* (Fig. 1), pero se encuentran lejanamente relacionadas entre sí, ya que *U. clarionensis* pertenece al Complejo ORNATUS y *U. auriculatus* pertenece al Complejo BICARINATUS (Mittleman, 1942).

De acuerdo con Brattstrom (1990), esas especies de reptiles llegaron a las islas del Archipiélago a través de troncos o pequeñas porciones de tierra que fueron arrastradas por las corrientes del Golfo de California, después de tormentas que afectaron la costa del Pacífico mexicano, posiblemente en el Plioceno temprano (Brattstrom, 1955). Por su parte, Mittleman (1942) considera que probablemente esas dos líneas genéticas se desarrollaron entre el Oligoceno Tardío y el Mioceno Temprano. Brattstrom (1955, 1990) sustenta su teoría en evidencias geológicas y en las relaciones parentales antes mencionadas. Para el caso de la lagartija nocturna, consideramos que su introducción se produjo a

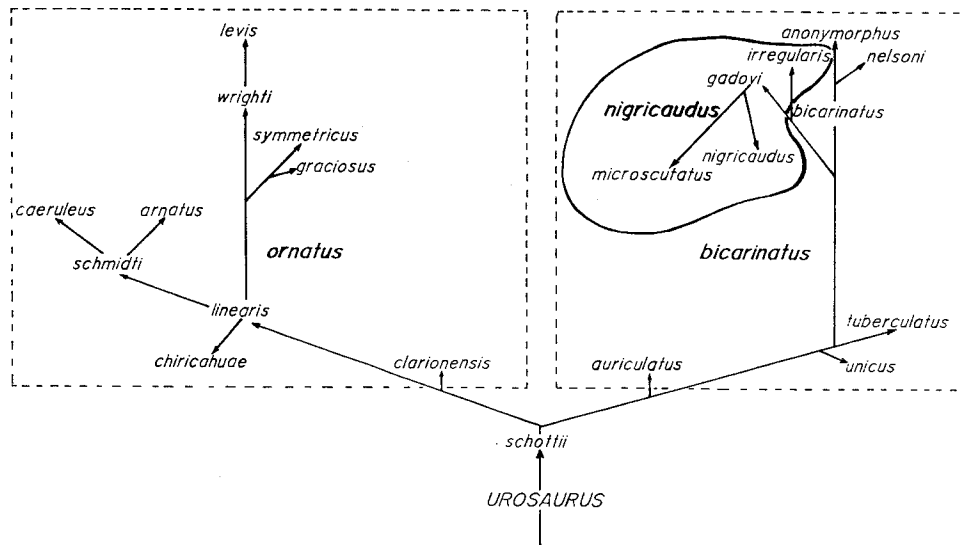


Figura 1. Probable filogenia y relaciones interespecíficas en *Urosaurus*. (Tomado de Mittleman, 1942).

través de los barcos de la Armada que transportan contingentes de marlinos, viveres y materiales, desde la costa occidental de México hacia la Isla Socorro.

### Las especies de Socorro.

La lagartija azul *U. auriculatus* (Cope) perteneciente a la familia PHRYNOSOMATIDAE (Flores-Villela, 1993), es el único reptil nativo en la Isla Socorro, donde se encuentra ampliamente distribuido, alcanzando actualmente altas densidades en algunas zonas de la Isla. Estas lagartijas son de una coloración café azulosa, teniendo los machos adultos tonos azules más brillantes. Presentan rayas irregulares negras en el dorso, y barras negras transversales en las piernas y la cola, mientras que la región ventral es jaspeada o manchada con puntos negros. Las hembras son más pequeñas que los machos, de coloración parda, pudiendo llegar a ser de color café oscuro en el dorso.

Brattstrom (1982a) compara el comportamiento social de *U. auriculatus* y *U. clarionensis*, haciendo mención de sus características generales. Dicho autor señala haber colectado información adicional de ambas especies en diferentes viajes, incluyendo colecta de especímenes y estudios cromosómicos en animales vivos, sin embargo desconocemos si tales datos han sido publicados.

La lagartija introducida *H. frenatus* Schlegel (gecko, cuija o besucona), pertenece a la familia GEKKONIDAE, cuyas especies se caracterizan principalmente por su actividad nocturna. La especie se encuentra ampliamente distribuida en el sur de Asia (India, Ceylan), en las Islas del Pacífico como Java (localidad tipo), Timor y Filipinas, y en varios sitios tropicales de Africa (Somalia, Kenya, Madagascar), así como en Australia y Polinesia; en tanto que en América ha sido registrada en Guatemala y México (Bustard, 1970; Peters y Donoso-Barros, 1970; Smith y Taylor 1950). En México, es posible encontrar a esta lagartija nocturna, en la costa del Pacífico, desde Acapulco hasta Mazatlán (Casas, 1982). Tanto en Asia como en México estas lagartijas se encuentran muy asociadas al hombre, el cual es considerado uno de los agentes responsables de la distribución de esta especie (Bustard, 1970; Casas, 1982), reportándosele como habitantes de casas y construcciones. En ninguno de los trabajos sobre la herpetofauna de la Isla se reporta la presencia del gecko, a pesar de ser una especie exitosa como fauna introducida, estando su biología también poco estudiada (Bobrov, 1992; Bustard, 1970; Church, 1962; Marcellini, 1971).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de los estudios realizados sobre la lagartija nativa y la introducida en la Isla Socorro, en los que se determina su distribución actual en la Isla y se revisan algunos aspectos ecológicos, como el uso del hábitat por parte de la lagartija de Socorro, y algunos aspectos de la dieta y la biología reproductiva del gecko introducido.

**Cuadro 1.** Frecuencia de disponibilidad (DI) y utilización (UT) de los microhabitats, en los dos tipos de vegetación principalmente utilizados por Urosaurus auriculatus.  $B_s$  = Amplitud de nicho. (Diversidad de hábitats utilizados) estandarizados.

MICROHABITAT	Pastizal		Bosque de <u>Boumelia-Guettarda</u>	
	DI	UT	DI	UT
Suelo con pasto	0.458	0.148	0.282	0.058
Arboles delgados < 30 cm	0.038	0.013	0.120	0.005
Arboles medianos > 30 cm	0.082	0.067	0.182	0.538
Troncos delgados < 30 cm	0.063	0.013	0.084	0.038
Troncos medianos > 30 cm	0.179	0.181	0.128	0.347
Piedras pequeñas < 30 cm	0.054	0.029	0.048	0
Piedras medianas >30 cm <1 m	0.062	0.376	0.082	0.014
Piedras grandes > 1 m	0.064	0.173	0.074	0
$B_s$		0.473		0.272

## Métodos

Durante Octubre y Diciembre de 1988 y Febrero de 1990, se procedió a determinar la distribución de la lagartija azul en la Isla Socorro, realizando exploraciones que permitieran establecer su presencia o ausencia en las diferentes zonas y asociaciones vegetales. Asimismo, se realizaron las observaciones específicas para determinar la actividad y uso del hábitat por la especie en dos de las asociaciones más utilizadas por ésta: el pastizal y el bosque de *Boumelia-Guettarda*.

Para determinar la utilización del sustrato, dos personas distanciadas lateralmente a cinco metros aproximadamente, realizaron recorridos de cerca de 500 m de longitud, entre las 8:00 y las 12:00 horas y entre las 14:00 y las 18:00 horas. En las dos asociaciones vegetales seleccionadas, la búsqueda de los animales se concentró dentro de la banda de cinco metros ubicada entre las dos personas, diferenciándose ocho tipos de microhábitat (Cuadro 1). Para cada lagartija observada se anotó la asociación vegetal, la hora y el sustrato en el que se le encontró en el primer momento de observación, así como la actividad que realizaba.

Se calculó la amplitud de nicho del microhábitat utilizando el Índice de diversidad de Simpson (Levins, 1968):  $B = (\sum p_i^2)^{-1}$  donde  $p_i$  es la proporción de los individuos encontrados en el sustrato  $i^{\text{th}}$ . También se calculó una medida estandarizada (Pianka, 1973),  $B_s$ , con un rango entre cero (únicamente un tipo de microhábitat utilizado) y uno (distribuido sobre todos los microhábitats):

$$B_s = \frac{B - 1}{N - 1}$$

donde N es el número de tipos de microhábitats considerados.

En el caso de la lagartija introducida, se realizaron exploraciones nocturnas en diferentes partes de la Isla Socorro, para determinar la presencia o ausencia del gecko, con el fin de comprobar o descartar su presencia en algún área fuera el Sector Naval. Asimismo, durante el mes de febrero de 1990 se efectuó la colecta de los individuos de gecko dentro del sector naval. Tales capturas fueron realizadas utilizando ligas o a mano, entre las 19:00 y 02:00 horas. Los animales capturados fueron sacrificados, se preservaron en formol al diez por ciento y posteriormente se guardaron en alcohol al setenta por ciento. De cada organismo colectado se registró el sitio y la hora de su captura, sexo, longitud total, longitud hocico-cloaca y peso; posteriormente se disectaron y se les extrajeron los órganos reproductivos y el estómago para su análisis.

Las muestras estomacales de veintinueve animales se analizaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico, con lo cual los organismos presa fueron identificados hasta nivel de Orden por medio de las claves de Borrer y White (1970). En cada contenido estomacal se determinó la abundancia relativa para cada categoría de presa, así como el volumen porcentual y la frecuencia de ocurrencia, entendiendo por esta última el número de individuos en los que se encontró una determinada categoría de presa; en los tres casos se presentó el porcentaje correspondiente a cada categoría. El volumen de las presas se determinó en base a las medidas de largo y ancho de las mismas.

En el caso de los órganos reproductivos, para cada animal capturado se registraron las condiciones reproductivas a nivel macroscópico, y con ayuda de un microscopio estereoscópico, a los machos se les midió cada testículo, mientras que a las hembras se les midió y contó el número de huevos y óvulos con y sin vitelo.

## Resultados

De acuerdo con nuestras observaciones, *U. auriculatus* se encuentra ampliamente distribuida en Isla Socorro, pudiéndosele observar en prácticamente todos los ambientes y tipos de vegetación, desde las playas rocosas al nivel del mar, hasta la cumbre del monte Evermann, e incluso en acantilados (coincidiendo con lo reportado por Brattstrom en 1955), con excepción de las áreas erosionadas. Sin embargo, la mayor frecuencia de observaciones se realizó en las áreas boscosas, tanto de *Boumelia-Guettarda*, como en los bosquetes de *Psidium* y de *Ficus*, y en las áreas de pastizal inducido, áreas en la que es bastante abundante. Villa (1960), la considera una especie común, pero no abundante, la cual se encuentra entre la vegetación de chaparrales y arbustos en los arroyos y partes planas de las diversas bahías que existen en la isla, mientras que en las partes altas la encontró raramente, no observándola en el Pico Evermann.

Brattstrom (1955) menciona que la lagartija de Socorro se alimenta principalmente de hormigas y arañas, así como de otros insectos e incluso de flores, y de acuerdo con Villa (1960), prefieren alimentarse con las moscas verdes que abundan en la isla sobre la carroña o los excrementos. Aunque en este trabajo no se hace un análisis de la dieta de la lagartija, nuestras observaciones coinciden con los autores anteriores, e incluso también las encontramos capturando cangrejos muy pequeños (alrededor de tres cm).

Una vez determinadas las principales áreas de distribución, se procedió a la evaluación del uso del hábitat por la lagartija azul en esas áreas. Así, un total de 506 individuos fueron observados, 298 en un área de Pastizal y 208 en el Bosque.

En el Cuadro 1 se muestra la disponibilidad de sustratos en cada asociación vegetal, así como la utilización de cada uno de esos microhábitats por la lagartija azul. Como se puede ver, la lagartija es más generalista en el uso del sustrato en el pastizal que en el bosque. También, es posible observar que existen diferencias entre el tipo de uso del microhábitat en cada tipo de vegetación, tales diferencias son estadísticamente significativas ( $X^2 = 243.11$ ;  $df=7$ ;  $p < 0.001$ ). En el pastizal, los individuos de *U. auriculatus* utilizan el suelo con pasto junto con las rocas de tamaño mediano y grande, en mayor proporción que en el bosque de *Boumelia-Guettarda*. Por otro lado, en el bosque utilizan principalmente árboles y troncos de tamaño medio. Esta lagartija utiliza una gran variedad de sustratos, debido a su plasticidad y a la ausencia de otras especies que compitan por el recurso, sin embargo, se observa una preferencia por las rocas en el área de pastizal y por los árboles de talla media en el bosque.

Cabe resaltar que *U. auriculatus* puede ser capaz de usar diferentes tipos de microhábitat, dependiendo del sitio de la isla en donde se encuentre, ya que es posible encontrarla también cerca de los acantilados y lugares muy pedregosos de la costa, sin embargo, en el suelo desnudo de las áreas con fuertes grados de erosión no fue observada ninguna lagartija. Probablemente esta plasticidad evolutiva puede ser el resultado de la ausencia de presiones ejercidas por la competencia interespecífica y del reducido número de depredadores. En otros ecosistemas, las lagartijas del género *Urosaurus* presentan fuertes preferencias en cuanto al uso del hábitat, así, por ejemplo, *U. nigricaudus* en las áreas semidesérticas de Baja California Sur, utiliza casi exclusivamente troncos de árboles y arbustos (Ortega-Rubio, *et al.*, 1989), al igual que sucede con *U. ornatus* en el Desierto Sonorense (Vitt, *et al.*, 1981). Ciertamente en otras localidades con mayor disponibilidad de sustratos, las lagartijas son más generalistas, como sucede con la misma *U. nigricaudus* en algunas áreas de la Región del Cabo en Baja California Sur (Galina-Tessaro, *et al.*, 1991; Leviton y Banta, 1964), donde ocupa las rocas además de troncos y arbustos. Sin embargo en ninguna otra localidad *Urosaurus* exhibe tanta plasticidad en cuanto a uso de hábitat se refiere, como en el caso de Isla Socorro.

En el caso de *H. frenatus*, esta sólo se encontró en el Sector Naval, no encontrándose indicios de su presencia en ninguna otra parte de la Isla. El análisis del contenido estomacal de veintiocho individuos de gecko es presentado en el Cuadro 2, encontrando un total de ochenta y seis presas, agrupados en quince categorías. Los resultados de la abundancia de presas se presentan en número de individuos, en tanto que los de volumen son considerados en milímetros cúbicos. De las categorías de presa, Lepidóptera fue la más consumida (38%), representando el mayor volumen (43.34%), encontrándose en el 50% de los estómagos analizados. En cuanto a la abundancia relativa y frecuencia de ocurrencia le sigue Araneae (24.42%), encontrándose en el 46% de los estómagos, aunque no fue así en cuanto al volumen, debido a la diferencia de talla. Hemíptera fue también de las más representadas, con una frecuencia relativa de 10.71%; Collembola e Isópoda se encontraron con la misma frecuen-

**Cuadro 2.** Composición de la dieta de *Hemidactylus frenatus* en Isla Socorro por categoría de presa (porcentaje por número), por volumen de categoría de presa (porcentaje por volumen) y frecuencia de ocurrencia (porcentaje de estómagos que tuvieron determinada categoría de presa). n = número de presas de cada categoría encontradas en el total de estómagos analizados.

Categoría de Presa	Volumen mm <sup>3</sup>	% Total Volumen	n	% Total de n	Número Estómago	Frec. Occurr.
Isopoda	279.21	4.14	4	4.65	3	10.71
Araneae	554.08	8.21	21	24.42	13	46.43
Lepidoptera	2929.54	43.39	38	44.19	14	50.00
Embioptera	75.39	1.12	3	3.49	3	10.71
Psocoptera	0.98	0.01	2	2.33	2	7.14
Diptera	9.42	0.14	1	1.16	1	3.57
Orthoptera	1014.73	15.03	2	2.33	2	7.14
Collembola	1.57	0.02	4	4.65	3	10.71
Thysanoptera	1.18	0.02	1	1.16	1	3.57
Hemiptera	40.45	0.60	6	6.98	3	10.71
Dermaptera	70.69	1.05	1	1.16	1	3.57
Formicidae	4.71	0.07	2	2.33	2	7.14
Coleoptera	35.35	0.52	1	1.16	1	3.57
Restos de Gecko	1445.92	21.42	--	----	3	10.71
Material mineral	288.24	4.27	--	----	4	14.29
Totales	6751.46	100.00	86	100.00	28	100.00



cia de ocurrencia (10.7%). En cuanto al volumen consumido prácticamente se conservan los mismos grupos, variando la importancia de estos: Primero Lepidóptera con 43%, seguido por Araneae 8% e Isópoda 4%; sin embargo la contribución de Collembola fue insignificante. Del contenido estomacal analizado, parte del volumen fue ocupado por material mineral (4%) y por restos de gecko (21% una punta de cola y epidermis dactilares, posiblemente muda).

Por otro lado, el análisis de los órganos reproductivos del gecko revela que del total de hembras disectadas (quince) solo el 20% tuvo huevos en el oviducto (Cuadro 3). Las hembras más pequeñas que se encontraron con huevos en el oviducto tuvieron una longitud hocico-cloaca de 47 mm. Los machos también muestran aparentes signos de actividad reproductiva durante esta época, encontrando que el 71.4% presentaban los testículos de mayor tamaño (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** Número y tamaño de ovulos y huevos fecundados. n=número de hembras de Hemidactylus frenatus.

Tamaño de Ovulo (mm)	Longitud hocico-cloaca (mm)		
	35 a 41 n=3	42 a 46 n=6	47 a 57 n=6
> 1	23	25	24
1 a 2	8	30	28
2.1 a 3	0	0	4
3.1 a 4.5	0	2	0
Huevos en el Oviducto 6 a 8 mm	0	0	5 (n=3)

## Discusión y conclusiones

Como el único reptil nativo, la lagartija azul juega un papel de gran relevancia en el frágil ecosistema insular, ya que es junto con otras aves, un consumidor importante de insectos y una de las presas más frecuentes de las aves rapaces (Walter, 1990), aunque potencialmente también de los gatos introducidos en la isla (Arnaud *et al.*, 1993):

En términos generales, las lagartijas dependen en gran medida de su estrecha adaptación al sustrato para evadir la depredación, realizar eficientemente su termorregulación y tener éxito en la reproducción y defensa de su territorio (Ortega *et al.*, 1982). Así, la selección que una especie en particular muestra sobre un recurso, debe ser una respuesta desarrollada para enfrentarse a una compleja combinación de diversas presiones selectivas y a las restricciones morfológicas y fisiológicas de los individuos. En el caso de las lagartijas, así como en otros anfibios y reptiles en general, la selección del hábitat (microhábitat) es la principal dimensión de nicho en la que se da la segregación ecológica (Schoener, 1974, 1977; Toft, 1985).

La amplia disponibilidad de hábitats y la ausencia de competencia interspecífica son probablemente los principales factores que han permitido la exitosa distribución de la lagartija azul en prácticamente todos los ambientes terrestres de Isla Socorro, sin embargo, a pesar de tal plasticidad ecológica, la lagartija al igual que muchas especies de aves nativas, se ha visto afectada por el deterioro ambiental en la Isla. La presencia del gato como depredador y del borrego como destructor de su hábitat pone en peligro su permanencia en la isla y por tanto, del planeta. Por otro lado, el efecto que sobre los individuos de *U. auriculatus* tiene la presencia de un lacertilio introducido como es el gecko, no ha sido evaluado, y no obstante que ambas especies exhiben ciclos diarios de actividad distintos, los potenciales efectos competitivos no deben menospreciarse.

En cuanto al gecko, al efectuar una revisión bibliográfica con respecto a éste, es posible darse cuenta de cómo ha ampliado su distribución rápidamente en México: Smith y Taylor (1950) dan su rango de distribución exclusivamente para Acapulco (Tierra Colorada, Guerrero), posteriormente, Hardy y Mac Diarmid (1969) la reportan para Los Mochis, Sinaloa, y Stebbins (1985) la reporta como posible en La Paz, Baja California Sur, donde observaciones personales confirman su presencia, principalmente en las áreas con asentamientos humanos. En la actualidad esta especie amplía su distribución, debido a una rápida capacidad de colonización y adaptación, sin embargo, gran parte de su extensa dispersión debe ser atribuida a agentes humanos. En la Isla, al igual que en los otros lugares donde esta lagartija ha sido introducida, se encuentra estrechamente asociada a la presencia del hombre, estando aquí confinada a las construcciones ubicadas dentro del sector naval. Su papel en el ecosistema insular y los efectos de su introducción en Isla Socorro deben ser evaluados en

su totalidad. En primer lugar será necesario prever un aumento en su distribución en la Isla a pesar de estar limitada a las áreas habitadas por el hombre, y proceder a investigar con mayor detalle la biología y ecología de esta especie tan exitosa en la invasión de nuevos ambientes, en especial si se trata de un ecosistema tan frágil como es una isla oceánica como Socorro, y por lo que podría en un momento dado significar para las poblaciones de fauna endémicas.

## Agradecimientos

A Gustavo Arnaud por su valiosa cooperación en la colecta de organismos.

## Literatura citada

- Adem, J., E. Cobo, L. Blásquez, F. Miranda, A. Villalobos, T. Herrera, B. Villa y L. Vázquez. 1960. La Isla Socorro. Archipiélago de las Revillagigedo. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA/2 UNAM.
- Arnaud, G., A. Rodríguez, A. Ortega-Rubio y S. Alvarez-Cárdenas. 1993. Predation by Cats on the Unique Endemic Lizard of Socorro Island (*Urosaurus auriculatus*), Revillagigedo, México. OHIO JOURNAL OF SCIENCE 93(4):101-104.
- Awbrey, F. T., S. Leatherwood, E. D. Mitchell, y W. Rogers. 1985. Nesting Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) on Isla Clarion, Islas Revillagigedos, Mexico. BULLETIN OF THE SOCIETY OF CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCE 83: 69-75.
- Brattstrom, B. H. 1955. Notes on the herpetology of the Revillagigedo islands, México. AMERICAN MIDLAND NATURALIST 54: 212-229.
- Brattstrom, B. H. 1982a. The comparison of the social behavior of *Urosaurus auriculatus* and *U. clarionensis* on the Revillagigedo Islands, Mexico. HERPETOLOGY 13, 11.
- Brattstrom, B. H. 1982b. Breeding of the Green Sea Turtle, *Chelonia mydas*, on the Islas Revillagigedo, Mexico. HERPETOLOGICAL REVIEW 13, 71.
- Brattstrom, B. H. 1990. Biogeography of the Islas Revillagigedo, Mexico. JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY 17:177-183.
- Borror, D. J. y E. R. White. 1970. A field guide to the insects of America North of Mexico. HOUGHTON MIFFLIN CO. BOSTON 404 pp.
- Bobrov, V. V. 1992. Ecology of the common house gecko, *Hemidactylus frenatus* (Reptilia, Sauria, Gekkonidae) in Vietnam. ZOOLOGICHESKY ZHURNAL 71 (6): 86-90.
- Bustard, H. R., 1970. Activity cycle of the tropical house gecko, *Hemidactylus frenatus*. COPEIA 1: 173-176.
- Casas A., G. 1982. ANFIBIOS Y REPTILES DE LA COSTA SUROESTE DEL ESTADO DE JALISCO, CON ASPECTOS SOBRE SU ECOLOGÍA Y BIOGEOGRAFÍA. Tesis doctoral (Facultad de Ciencias) UNAM. México.
- Church, G. 1962. The reproductive cycles of the Javanese house geckos, *Cosymbotus platyurus*, *Hemidactylus frenatus*, and *Peropus mutilatus*. COPEIA 1962(2):262-269.
- Cope, E. D. 1871. Description of the common lizard of Socorro. PROCEEDINGS OF THE BOSTON SOCIETY OF NATURAL HISTORY 14:303.
- Flores-Villela, O. 1993. HERPETOFAUNA MEXICANA. Carnegie Museum of Natural History. Special Publication No. 17. 73pp.
- Galina-Tessaro, P.A. Ortega-Rubio, S. Alvarez-Cárdenas y A. González-Romero. 1991. Distribución altitudinal de lacertilios en la Sierra de La Laguna, B.C.S., México. REVISTA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. UABCS. 2(1):1-12.

- Hanna, G. D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. Vol. XV (1): 1-113. San Francisco.
- Hardy, L. M. y R. W. McDiarmid 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. UNIVERSITY OF KANSAS PUBLICATIONS 18(3):39-252.
- Levins, R. 1968. EVOLUTION IN CHANGING ENVIRONMENTS. Princenton University Press.
- Leviton, A. E. y B. H. Banta. 1964. Midwinter reconnaissance of the herpetofauna of the Cape Region of Baja California, Mexico. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. Vol. XXX (7):127-156.
- Marcellini, D. L. 1971. Activity patterns of the Gecko Hemidactylus frenatus. COPEIA 4: 631-635.
- Mittleman, M. B. 1942. A summary of the iguanid genus Urosaurus. BULLETIN OF THE MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY 91(2):103-181.
- Ortega, A., M. E. Maury y R. Barbault 1982. Spatial organization and habitat partitioning in a mountain lizard community of Mexico. ACTA OECOLOGICA, OECOLOGIA GENERALIS 3: 323-333.
- Ortega-Rubio, A., S. Alvarez-Cárdenas y P. Galina-Tessaro. 1989. Possible effects of microhabitat availability on lizard diversity and density at Baja California Sur. MISCELANEA ZOOLOGICA 13:133-139.
- Ortega-Rubio A., S. Alvarez, P. Galina y G. Arnaud. 1991. Microhabitat spatial utilization by Socorro's Island lizard Urosaurus auriculatus (Cope). JOURNAL OF THE ARIZONA-NEVADA ACADEMY OF SCIENCE 24-25: 55-57.
- Peters, J. A. y R. Donoso-Barros 1970. CATALOGUE OF THE NEOTROPICAL SQUAMATA: PART II. LIZARDS AND AMPHISBAENIANS. Bulletin 297. Smithsonian Institution. Washington. 293 pp.
- Pianka, E. R. 1973. The structure of lizard communities. ANNUAL REVIEW OF ECOLOGY AND SYSTEMATICS 4:53-74.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. SCIENCE 185:27-39.
- Schoener, T. W. 1977. Competition and the niche p. 35-136. IN: BIOLOGY OF REPTILIA. C. GANS AND D. W. TINKLE (EDS.). Academic Press Publication 7
- Smith, H. M. y E. H. Taylor 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of snakes. BULLETIN OF THE U. S. NATURAL MUSEUM., 199:1-253.
- Stebbins, R. C. 1985. A FIELD GUIDE TO WESTERN REPTILES AND AMPHIBIANS. 2a. ed. The Peterson Field Guide Series. 336 pp.
- Slevin, J. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925. III Notes on a collection of reptiles and amphibians from the Tres Marias and Revillagigedo Islands, and West coast of Mexico, with description of a new species of Tantilla. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES. 4th Series. 15(3): 195-207.
- Toft, A. C. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. COPEIA 1:1-21.
- Townsend, C. H. 1890. Reptiles from Clarion and Socorro Islands, and the Gulf of California, with descriptions of a new species. PROCEEDINGS OF THE U.S. NATURAL MUSEUM 13:143. Original description of Uta clarionensis.
- Villa, B. 1960. Vertebrados Terrestres. IN: ADEM, J., E. COBO, L. BLÁSQUEZ, F. MIRANDA, A. VILLALOBOS, T. HERRERA, B. VILLA Y L. VÁZQUEZ. LA ISLA SOCORRO. ARCHIPIELAGO DE LAS REVILLAGIGEDO. Monografías del Instituto de Geofísica/2 UNAM. p. 203-216.
- Vitt, L. J., R. D. Van Loben Sels, y R. D. Ohmart. 1981. Ecological relationships among arboreal desert lizards. ECOLOGY 62:398-410.
- Walter, H. S. 1990. Small viable population: The Red-tailed Hawk of Socorro Island. CONSERVATION BIOLOGY 4: 441-443.



## CAPITULO 11

### AVIFAUNA TERRESTRE

*Ricardo Rodríguez-Estrella, Laura Rivera Rodríguez  
y Eustolia Mata*

#### Resumen

El grupo de las aves es el más rico y diverso de los vertebrados terrestres presentes en Isla Socorro y contiene el mayor porcentaje de sus endemismos. En la actualidad existen ocho especies de aves terrestres endémicas (un Género y siete subespecies), mientras que un taxa endémico se ha extinto en la isla y otro, endémico también, probablemente se encuentre ya extinto. Dos especies más se han establecido como nuevas especies reproductoras desde 1958 y 1978. Treinta y cinco especies de aves terrestres son visitantes estacionales o accidentales. Después de varias estancias de trabajo en 1990, 1991 y 1992 se ha encontrado que la mayoría de las aves endémicas de la isla son aún comunes, pero su situación es vulnerable. La situación del zenzontle de Socorro es menos drástica de lo que se había reportado anteriormente, aunque sigue estando en peligro de extinción. Se observó que las aves endémicas son menos abundantes en las áreas desprovistas de estratos vegetales bajos por la acción del borrego, mientras que son muy abundantes en aquellas zonas donde no existen borregos ni actividades humanas. En la actualidad el ecosistema insular parece amenazado por varios factores: el incremento de las áreas sobrepastoreadas por el borrego, la erosión, la depredación por gatos y la perturbación por actividades humanas (aeropista, caminos, construcciones, introducción de plantas exóticas, de palomas domésticas y la tala de árboles para obtener madera). Se recomienda que un plan de manejo para la conservación de este importante grupo zoológico considere: 1. construir un cercado donde se aisle la población de borregos; 2. establecer un programa de control de depredadores; 3. iniciar un programa de rehabilitación del hábitat y 4. establecer una estación de investigación en la isla para monitorear continuamente la avifauna y vegetación.

## Abstract

The terrestrial avifauna of Isla Socorro contains the highest richness species and diversity of all the other vertebrate groups. Eight endemic taxa of land birds (one endemic genus and seven endemic subspecies) now breed on Socorro. One endemic species is now extinct and the status of another endemic subspecies is uncertain. Two new breeding species have colonized the island, since 1958 and 1978, respectively. Thirty five visiting species (both seasonal and accidental) represent the non-endemic terrestrial avifauna of the island. At the present, most of the land bird species are common species, although their status should be considered as vulnerable. The status of the Socorro Mockingbird is less dramatic than previously reported, but it is still an endangered species. We observed that the endemic birds were less abundant in the areas where a low vegetal strata lacked while they were more abundant in areas where sheep and human activity were absent. The simple community structure and the fragile island ecosystem are now threatened by several factors: sheep overgrazing, erosion, predation by feral cats, and human disturbance. Therefore, we propose that the island be protected by means of an integrated resource management plan. Immediate management strategies are needed: 1. to fence off all livestock on island, 2. eliminate introduced predators, 3. keep human activities restricted to the immediate vicinity of habitations y 4. establish a permanent biological research station to permanently monitor the island communities.

## Introducción

La isla Socorro contiene la más alta diversidad vegetal y animal de las cuatro islas que conforman el Archipiélago Revillagigedo (Brattstrom, 1990). Dentro del grupo de los vertebrados, no existen mamíferos nativos en la isla, los reptiles están representados únicamente por un lacertilio y las aves se presentan como el grupo más diverso que contiene el mayor porcentaje de endemismos. Por ello, la avifauna de la Isla Socorro ha sido ampliamente estudiada por varios autores interesados en la situación y relaciones biogeográficas de las aves endémicas terrestres (Anthony, 1898; Brattstrom, 1990; Brattstrom y Howell, 1956; Grayson, 1870-71; Jehl y Parkes, 1982; McLellan, 1926; Walter, 1990). El relativo aislamiento de la isla en relación al Continente (aparentemente no mayor al millón de años, Walter, 1990; o desde el Terciario tardío según otros autores, p.e. Brattstrom, 1990) y los problemas ambientales que tiene en este momento han incrementado recientemente el interés en su estudio (Brattstrom, 1990; Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993; Jehl y Parkes, 1983; Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991, 1992, en prensa; Santaella y Sada, 1991; Wehtje *et al.*, 1993).

La isla Socorro contiene en la actualidad ocho especies de aves terrestres

endémicas (un Género y siete subespecies): la garcilla nocturna, *Nyctanassa violacea gravivostriis*; el halcón cola-roja, *Buteo jamaicensis socorroensis*; la tortolita o torcasita, *Columbina passerina socorroensis*; el perico, *Aratinga holochlora brevipes*; el saltapared, *Thryomanes sissonii*; el zenzontle, *Mimodes graysoni*; el verdín, *Parula pitiayumi graysoni*; y el toquí, *Pipilo erythrophthalmus socorroensis*. Por otro lado, un taxa endémico, la paloma de Socorro *Zenaida graysoni* se ha extinto en la isla, mientras que otro endémico, el tecolotito enano *Micrathene whitneyi graysoni*, probablemente también esté ya extinto (Jehl y Parkes, 1982).

Dos especies de aves se han establecido como nuevas especies reproductoras, la paloma huilota o triste *Zenaida macroura* desde 1958 y el zenzontle norteño *Mimus polyglottos* desde 1978 (Jehl y Parkes, 1983). Este establecimiento relativamente reciente se relaciona, aparentemente, con un proceso de migración y colonización, el cual se vió favorecido por la creación de habitats adecuados para especies colonizadoras (Jehl y Parkes, 1983). Estos hábitats fueron creados por la acción del borrego introducido y por la presencia permanente de agua en los alrededores de las habitaciones humanas. Por otro lado, se han observado 68 aves (35 terrestres) que son visitantes estacionales o accidentales en la isla (Wehtje et al., 1993).

La isla Socorro ha confrontado problemas ambientales desde hace más de 100 años causados principalmente por actividades humanas, los cuales se han agravado en las últimas décadas. Estos problemas se han derivado sobre todo por la introducción del borrego doméstico (*Ovis aries*) y su posterior incremento y dispersión en la isla; así como por la introducción del gato doméstico (*Felis catus*), que finalmente se ha vuelto silvestre. Estas introducciones han causado, por un lado, la pérdida de la cubierta vegetal en una tercera parte de la isla, lo que ha llevado a la vez a la pérdida del suelo, y por otro lado, serios desequilibrios en las relaciones depredador-presa de la isla. Los borregos fueron introducidos en Socorro en 1869 (Jehl y Parkes, 1982) y desde entonces el sobrepastoreo ha afectado una gran porción de los lados sur y este de la isla, en los cuales se observan procesos claros de erosión. La población estimada de borregos silvestres se calcula entre 2000 y 2500 (Wehtje et al., 1993). Por otro lado, una base naval fue establecida en Socorro en 1958 en su parte más sureña (Jehl y Parkes, 1982). En la actualidad habitan allí alrededor de 60-70 surnas. A partir del establecimiento de dicho sector naval se introdujo el gato doméstico, el ratón casero *Mus musculus* y la paloma doméstica *Columba livia*.

La extinción en la isla de la paloma de Socorro se ha atribuído a la introducción del gato doméstico, pero otros factores pudieron influir también en dicha extinción, lo cual será discutido más adelante. Asimismo, el gato parece ser responsable de la disminución en la abundancia de las poblaciones de aves que forrajean principalmente en el piso (Jehl y Parkes, 1982, 1983). Otra de las actividades humanas que se realizan en la isla es la extracción de madera para combustible y para la construcción de viviendas. El impacto de esta actividad no ha sido debidamente estudiado, a pesar de ser una actividad constante y



sostenida que incide directamente en la pérdida de cubierta vegetal.

Al parecer, las actividades mencionadas anteriormente han producido un efecto negativo en la avifauna nativa, debido a que la degradación del suelo, la erosión y la deforestación conllevan directamente la degradación del hábitat para las aves terrestres.

Debido a que algunas de las aves terrestres endémicas están en aparente declinación o ya se encuentran extintas en la isla (Jehl y Parkes, 1982), se procedió a determinar la situación actual de la avifauna así como a establecer un plan urgente de protección de las especies endémicas. Los resultados analizados en este trabajo intentan cumplir con este objetivo.

Existe información cualitativa sobre la situación de las especies desde 1870 (Anthony, 1898; Brattstrom y Howell, 1956; Grayson, 1870-71; Jehl y Parkes, 1982; McLellan, 1926; Santaella y Sada, 1991; Villa, 1960) con lo que es posible comparar los datos obtenidos en este estudio. La información que se presenta en este trabajo contribuye a la actualización del conocimiento sobre la situación de la avifauna terrestre de la isla Socorro. Este capítulo se divide en tres secciones. Primero se presenta la situación actual de las especies de aves residentes y un listado de las especies migratorias y accidentales. En seguida se discute sobre el efecto de la degradación del hábitat y la presencia del gato doméstico en la abundancia de ciertas especies de aves, así como los impactos producidos por otras actividades humanas en la isla. Finalmente, se proponen medidas para la conservación de las aves endémicas terrestres.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo de campo se realizó durante varias estancias de corta duración en la isla. Básicamente los estudios fueron hechos del 16 al 28 de febrero, del 7 al 12 de mayo, del 19 al 24 de noviembre de 1990, del 22 al 28 de agosto de 1991, y del 30 de noviembre al 6 de diciembre de 1992 (ver Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991, 1992, en prensa). Durante estas expediciones se registró la abundancia de las poblaciones de aves y sus actividades durante la anidación. Para determinar el posible efecto que el ambiente degradado ocasiona en la avifauna de la isla, se cuantificaron las poblaciones de aves en áreas con diferente grado de perturbación al hábitat (ver adelante). Paralelamente, se realizó un listado de aves visitantes o migratorias en la isla (ver Wehtje *et al.*, 1993).

En un gradiente altitudinal se establecieron transectos para contar las aves y se midieron las características estructurales de la vegetación. Estos cuatro sitios se ubicaron en la asociación de bosque y contenían distintos grados de perturbación. Uno de los transectos se colocó en un área donde no había evidencias de perturbación (cuadrante 1, Figura 1); otro, en un sitio levemente perturbado (cuadrante 2). Otros dos transectos fueron colocados en sitios donde

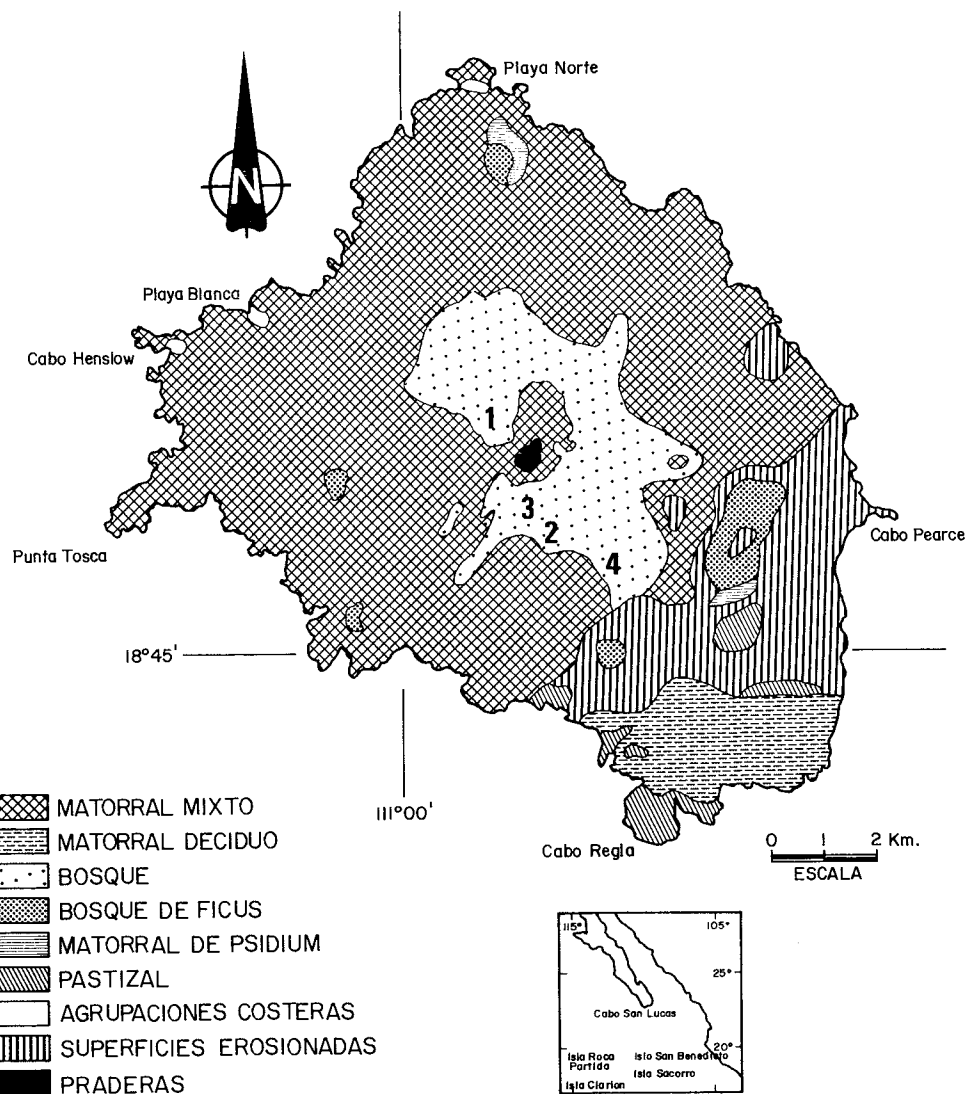


Figura 1. Area de estudio en la isla. Los números indican los puntos muestreados.

la vegetación estaba mediana y fuertemente perturbada por la acción del borrego (cuadrantes 3 y 4). Cada cuadrante tuvo un área de 1000 m<sup>2</sup>, y se ubicaron en el bosque, a altitudes oscilando entre 430 y 700 m. Únicamente aquellos individuos con tallas superiores a los 0.5 m fueron registrados para cada especie. Se calculó la densidad de las plantas principales (individuos/ha), la cobertura (de acuerdo a la fórmula de una elipse,  $C = 0.25 \cdot D_1 \cdot D_2$ , donde  $D_1$  es el diámetro más largo de la corona y  $D_2$  el diámetro menor perpendicular a  $D_1$ ), la altura de los árboles, la diversidad, la riqueza específica y la exposición del suelo. Las áreas de los cuadrantes fueron calculadas por el método del Área de Muestra Mínima (Minimal Sample Area; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

### Aves

La abundancia de las aves terrestres fue estimada utilizando la técnica de conteo de las aves por períodos de tiempo (van Riper, 1982). Técnica mediante la cual es posible determinar la abundancia relativa de las especies utilizando el índice  $i = N_i/A$ , donde  $N_i$  = número total de individuos de la especie  $i$  y  $A$  = número total de individuos de la especie más abundante. Los conteos comenzaban entre las 0630 y 0730 hr, finalizando entre 0930 y 1030 hr. Se contaron todas las aves vistas o escuchadas al pasar a través de diez estaciones a lo largo de los transectos. Cada estación estaba separada por una distancia de 100 m, de tal manera que se evitaran dobles conteos de las aves registradas. Únicamente se anotó la primera visualización de cada individuo. Las actividades de las aves fueron registradas cada vez que fue posible, y para ello se tomaron los datos sólo de aquellos individuos que forrajaban activamente. Estos datos fueron: especie vegetal forrajada, sitio de alimentación (follaje, ramilla, rama, tronco, suelo y aire), así como la altura de forrajeo (Landres y MacMahon, 1980).

La abundancia del halcón cola-roja, del perico y del zenzontle de Socorro no se calcularon de igual manera. Para estas especies se calculó el tamaño de la población buscando intensivamente cada individuo o grupo de individuos. Para el zenzontle de Socorro se exploraron las zonas sur, sureste y centro-norte, recorriendo a pie los cañones, el matorral mixto, los bosques y todos aquellos hábitats potenciales donde la especie pudiera estar presente. Además, se utilizó la emisión de sus cantos en varios hábitats de la isla para tratar de atraer a estas aves (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992, 1993). Para la estimación del tamaño poblacional del halcón cola-roja y del perico además de los recorridos a pie por la isla, se establecieron puntos de observación en zonas elevadas, desde donde era posible visualizar grandes extensiones de terreno. Se tomó nota del sitio y hora del día de cada registro y todas las observaciones se contrastaron posteriormente en mapas a escala de la isla.

La abundancia de la garcilla nocturna se estimó realizando recorridos nocturnos sistemáticos (18:30 a 21:00 hr) a lo largo de un transecto de 4.5 km

que cruzaba la carretera principal y los arroyos de la porción sureste de la isla, aunque también se anotó el número y el sitio en que fueron visualizados otros individuos para determinar su distribución en la isla. Por otro lado, se colectaron los restos regurgitados y los restos de las presas dejados por las garcillas y se analizaron posteriormente en laboratorio.

## Resultados y Discusión

### Las especies

*Parula pitiayumi graysoni* Ridgeway. Longitud  $115.6 \pm 5.21$  mm (n = 10); extensión de las alas  $164.8 \pm 3.35$  mm (n = 10); ala  $52.26 \pm 2.0$  mm (n = 10); pico  $14.03 \pm 1.24$  mm (n = 10); cola  $49.57 \pm 4.42$  mm (n = 10); peso  $7.1 \pm 0.65$  g (n = 10); según datos de Jehl y Parkes (1982): peso 6.0, 6.5 g ( $\sigma$ , n = 2) y 6.0-6.5 (6.3) g ( $\varphi$ , n = 4).- El verdín de Socorro fue la especie de ave pequeña más abundante en prácticamente todas las áreas muestreadas (Cuadro 1). Grayson (1870-71), Anthony (1898), McLellan (1926), Villa (1960) y Jehl y Parkes (1982) previamente también consideraron al verdín como el ave más abundante en la isla. Se le observó forrajeando en una gran variedad de plantas, picoteando principalmente hojas, ramillas y troncos de arbustos como *Dodonea*, y de árboles como *Bumelia* y *Ficus* (Cuadro 2). En la sección de bosque pristino, al noroeste de la Isla, sin perturbaciones (sitio 1), el verdín forrajeó sobre *Bumelia* (43%), *Guettarda* (31%) y *Oreopanax* (18%) (n = 35). Estas aves se observaron forrajeando entre el suelo y los 7 m de altura (Cuadro 3). Durante los meses de noviembre y febrero se observaron jóvenes volantones junto con sus padres. Esta ave depredó sobre una gran variedad de invertebrados, como pequeños lepidópteros, arañas, homópteros y hemípteros.

**Situación.-** Abundante; se detectaron problemas en las áreas más perturbadas; se considera vulnerable por su distribución restringida únicamente a la isla.

*Pipilo erythrophthalmus socorroensis* Grayson. Longitud  $167.55 \pm 5.06$  mm (n = 7); extensión de las alas 22.7 mm (n = 1); ala  $68.85 \pm 2.99$  mm (n = 8); pico  $14.0 \pm 1.15$  mm (n = 6); cola  $78.82 \pm 4.68$  mm (n = 5); peso  $29.67 \pm 0.57$  g ( $\sigma$ , n = 3) y 31.6 g ( $\varphi$ , n = 4) (Grayson, 1870-71; Jehl y Parkes, 1982; y ejemplares en colección ornitológica del Instituto de Biología, UNAM). El toquí de Socorro se ha considerado como una especie que se encontraba declinando para finales de los años '70s (Jehl y Parkes, 1982). Grayson (1870-1871) describió a la especie como una de las más numerosas de la isla. Anthony (1898) los encontró muy comunes en toda la isla. McLellan (1926) como muy abundantes desde el nivel del mar hasta las partes más altas. Brattsrom y Howell (1956) como comunes. Villa (1960) los consideró muy abundantes en toda la isla. En nuestras expediciones de 1990, 1991 y 1992 se encontró que el toquí de Socorro seguía siendo abundante en la isla, pero que sus números fueron más bajos en las áreas erosionadas e impactadas por la acción del borrego. Esta descripción de disminución concuerda con la situación dada por Jehl y Parkes

(1982), pero ellos la consideraron en franco declive en toda la isla. El toquí se encontró en números más altos en las áreas sin perturbación (sitio 1; Cuadro 1). Aparentemente esta especie se ve favorecida por la presencia de un estrato bajo dominado por arbustos y helechos donde la hojarasca sea abundante y la exposición del suelo sea baja. Claramente el toquí es afectado por la pérdida de arbustos y plantas de baja talla, tal como ocurre en las áreas más perturbadas donde el borrego ha destruido los estratos bajos de vegetación (sitio 4). Esta ave fue registrada forrajeando más frecuentemente sobre el piso, pero también lo hizo sobre varios arbustos y árboles (Cuadro 2). Sin embargo, el toquí fue observado forrajeando tanto en estratos bajos (55%) como en altos (45%) en las áreas boscosas sin perturbación, mientras que en las áreas perturbadas y en la vegetación de matorral deciduo, fue registrado forrajeando sólo en los estratos bajos, más frecuentemente cercano al piso (Cuadro 3). La especie fue observada alimentando a sus volantones en noviembre y febrero, ofreciéndoles pequeños invertebrados tomados entre la hojarasca.

**Situación.-** Abundante en zonas medianamente perturbadas y sin perturbación; amenazada porque se encuentra declinando en zonas perturbadas por acción del borrego, donde han desaparecido los estratos vegetales bajos, así como por su distribución restringida la isla. Aparentemente el gato podría estar influyendo en el decremento de su abundancia (Jehl y Parkes, 1982).

**Cuadro 1.** Abundancia relativa de las aves en las áreas muestreadas de la Isla Socorro. El grado de disturbio se establece de acuerdo a las modificaciones a la vegetación por el sobrepastoreo del borrego. Básicamente, el grado más alto de perturbación (severo) se refiere a la pérdida de estratos arbustivos bajos, en contraste con el área sin perturbaciones, donde existían varios estratos arbustivos bajos.

	Grado de disturbio			
	Nada	Leve	Moderado	Severo
Verdín	0.88	1.00	1.00	1.00
Saltapared	1.00	0.69	0.62	0.57
Toquí	0.41	0.31	0.16	0.09
Zenzontle Norteño	0.00	0.14	0.23	0.31
<b>Total de aves</b>	<b>188</b>	<b>124</b>	<b>115</b>	<b>65</b>

*Thryomanes sissonnii* Grayson. Longitud  $122.0 \pm 6.73$  mm ( $n = 4$ ); extensión de las alas  $151.5 \pm 7.85$  mm ( $n = 4$ ); ala  $45.73 \pm 1.55$  mm ( $n = 4$ ); pico  $19.43 \pm 1.63$  mm ( $n = 4$ ); cola  $42.56 \pm 4.46$  mm ( $n = 4$ ); peso  $11.0 \pm 0.81$  g ( $n = 4$ ); según datos de Jehl y Parkes (1982): peso 8.5-11.0 (9.2) g (  $\sigma$ ,  $n = 6$ ) y 9.3, 9.7, 10.0 g (  $\varphi$ ,  $n = 3$ ).- Todos los estudios realizados anteriormente encontraron al saltapared de Socorro abundante y en todos los sitios visitados (Grayson, 1870-1871; Anthony, 1898; McLellan, 1926; Brattsrom y Howell, 1956; Villa, 1960). En nuestras visitas, el saltapared fue la segunda especie más abundante en la isla (Cuadro 1). Esta pequeña ave insectívora fue más abundante en áreas sin perturbación aunque es aún bastante común en toda

**Cuadro 2.** Porcentaje de observaciones de forrajeo sobre las diferentes especies de plantas por las aves de la Isla Socorro (modificado de Rodríguez-Estrella *et al.*, en prensa).

	Columbina	Thryomanes	Parula	Pipilo	Zenaida	Mimus
<i>Dodonea</i>	---	---	15.8	14.8	---	23.1
<i>Croton</i>	16.7	3.4	5.3	12.5	21.4	---
<i>Bumelia</i>	---	21.0	31.6	7.4	---	23.1
<i>Ficus</i>	---	20.7	15.8	14.8	8.0	7.7
<i>Guettarda</i>	---	---	13.2	3.7	---	23.1
<i>Psidium</i>	---	10.0	7.8	30.3	---	7.7
<i>Acacia farnesiana</i>	38.9	---	---	---	---	---
Helechos	---	17.2	7.9	6.3	---	---
Suelo	44.4	10.3	2.6	10.2	70.6	---
Troncos muertos	---	17.2	---	---	---	15.4
# observaciones	50	50	50	40	33	20

la isla. Se le encontró forrajeando principalmente sobre árboles de *Bumelia* y en las raíces de *Ficus*, en helechos, troncos muertos y en el piso (Cuadro 2). La altura de forrajeo osciló entre el nivel del suelo y los 5 m (Cuadro 3). El saltapared se alimentó principalmente de pequeños invertebrados; Villa (1960) lo encontró alimentándose comúnmente de escorpiones. Actividades de anidación fueron registradas en Noviembre.

**Situación.-** Abundante; se detectó una disminución en su abundancia en las áreas perturbadas; vulnerable por su distribución restringida a la isla.

**Cuadro 3.** Alturas de forrajeo de las especies endémicas de la Isla Socorro. N indica el número de observaciones.

ESPECIE	x ± d.e. (m)	rango (m)	N
<i>Parula</i>	2.2 ± 1.4	0 - 7.0	50
<i>Pipilo</i>	0.5 ± 1.2	0 - 4.3	40
<i>Thryomanes</i>	0.9 ± 0.7	0 - 4.5	50
<i>Columbina</i>	0.9 ± 1.2	0 - 3.5	35

*Columbina passerina socorroensis* Ridgeway. Longitud 159.8 ± 9.53 mm (n = 10); extensión de las alas 258.1 ± 8.15 mm (n = 10); ala 81.4 ± 1.65 mm (n = 10); pico 15.5 ± 0.64 mm (n = 10); cola 64.08 ± 3.69 mm (n = 10); peso 35.7 ± 2.67 g (n = 10); según datos de Jehl y Parkes (1982): peso 32.5-39 (36.2) g (σ, n = 4) y 32, 32.5 g (♀, n = 2).- Anthony (1898) consideró a la tortolita de Socorro como común en toda la isla; McLellan (1926) no la encontró en grandes números, aunque observó un grupo de 50 aves en las cercanías de un charco; Brattstrom y Howell (1956) encontraron que estas pequeñas palomas no fueron comunes en toda la isla, sino primariamente fueron localizadas en áreas donde había racimos de pastos o matorral de *Croton* por debajo de los 300 m de altitud; las aves fueron más numerosas en noviembre que en marzo; Villa (1960) las definió como numerosas durante enero, en especial en las cercanías de la guarnición; Jehl y Parkes (1982) las definieron como comunes en los bosques secos y en áreas abiertas en el sur y sureste, en el Sector Naval, a lo largo del camino hacia la aeropista, en Playa Blanca, Cabo Regla y en la Caleta Grayson. En nuestras estancias de trabajo de campo, se

encontró a la tortolita como una especie común sobre todo en la porción este y sureste de la isla, cerca del Sector Naval.

Esta especie estuvo presente desde el nivel del mar hasta los 250-300 m de altitud. Se encontró de manera más abundante en la vegetación de *Croton*, en las áreas cercanas al sector Naval, en el huerto y en las regiones costeras. En el matorral de *Croton* alcanzó densidades de 0.26 aves/ha, aunque se pudieron contar más de 20 tortolitas juntas a lo largo de la carretera que une al Sector Naval con la aeropista. Son también frecuentes donde existe agua disponible (charcos, grutas). La tortolita forrajeó principalmente sobre diferentes semillas, y sobre el huizache *Acacia farnesiana* y *Croton* (Cuadro 2). Esta ave forrajeó básicamente al nivel del suelo (Cuadro 3). Fue registrada en actividades de anidación en mayo. Brattstrom y Howell (1956) encontraron volantones con pocas habilidades de vuelo en noviembre 19, por lo que es posible que la época de anidación se extienda desde mayo a noviembre.

**Situación.-** Común; vulnerable por su distribución restringida y por la depredación potencial por el gato doméstico feral.

*Buteo jamaicensis socorroensis* Ridgeway. Ala 385 mm (n = 1); pico 27.7 mm (n = 1); cola 215 mm (n = 1♀); peso 1,260 g (n = 1♀) (Jehl y Parkes 1982).- La principal ave depredadora en la Isla Socorro es la subespecie endémica del halcón cola-roja.

En el mes de febrero de 1990 se observaron 20 parejas de halcones en etapa de cortejo y acarreado material de construcción a los nidos. Se estimó la población entre 20 y 25 parejas, lo cual es similar a las estimaciones de Jehl y Parkes (1982) y de Walter (1990). El tamaño de la población de este halcón ha permanecido estable por muchos años, al menos desde 1953 a la fecha, aunque puede ser por más de 100 años (Walter, 1990). La especie se presenta en toda la isla pero se observaron con frecuencia individuos en las áreas más perturbadas, de la isla, donde aparentemente puede cazar más fácilmente lagartijas y aves. Los nidos encontrados estuvieron colocados principalmente en cantiles o paredes rocosas, además de un nido en un árbol alto de *Ficus*. En mayo, se examinaron dos nidos que contenían un juvenil y un huevo cada uno (Walter, 1990). Se calculó que la edad de los juveniles era cercana a las 3 semanas. La dieta del halcón cola-roja no es bien conocida, pero se ha encontrado que incluye a la lagartija endémica (*Urosaurus auriculatus*), al cangrejo terrestre (*Gecarcinus planatus*), algunas aves terrestres y marinas (p.e. la garcilla nocturna, los zenzontles de Socorro y el norteño, la tortolita) así como corderos (Jehl y Parkes, 1982; Wehtje *et al.*, 1993). En uno de los nidos fueron encontrados también restos de cangrejos, del zenzontle norteño y de la pardela, mientras que cercano a otro nido se encontraron al menos 15 cadáveres de la pardela, aparentemente depredados por un halcón (H. Walter y A. Castellanos com. pers.; Wehtje *et al.*, 1993). Además, es posible que el halcón cola-roja pueda depredar sobre el perico de Socorro, puesto que en dos ocasiones se pudo observar a un grupo de pericos (50-60 en un caso, 15-20 en el otro) impidiendo volar a una pareja de halcones, realizando comportamientos espe-



cófficos de defensa anti-predatoria.

**Situación.-** Común; vulnerable por su reducida distribución y por el bajo número de parejas existente. Asimismo, las actividades humanas como la caza pueden afectar fuertemente sus poblaciones.

*Mimodes graysoni* (Lawrence).  $\sigma$  = longitud 287.5 mm; extensión de las alas 362.5 mm; cola 131.25 mm (Grayson 1872); peso 71, 73 g ( $\sigma$ , n = 2) y 58 g (inmaduro sexo ?, n = 1) (Jehl y Parkes 1982).- El zenzontle de Socorro es un género endémico de la isla que fue considerado por Grayson (1872) como muy abundante; Anthony (1898) lo encontró común por toda la isla, pero más en zonas con árboles; McLellan (1926) lo consideró como la especie más abundante y más ampliamente distribuída en la isla, en especial en los cañones densamente arbolados; Brattstrom y Howell (1956) encontraron que los zenzontles eran comunes en las partes bajas durante el mes de marzo, en zonas abiertas con pocos arbustos, mientras que en noviembre eran poco comunes en las partes bajas y comunes en las áreas boscosas elevadas y en cañones; Villa (1960) los encontró abundantes en el mes de enero de 1958, considerándolos abundantes en las partes de monte alto. Para 1978 y 1981 Jehl y Parkes (1982) definieron a la especie como en peligro serio de extinción, pues localizaron únicamente 9 ejemplares en su recorrido. Castellanos y Rodríguez-Estrella (1992, 1993) estimaron la población del zenzontle conservativamente en 50-60 parejas para 1990. Posteriormente, Wehtje *et al.*, (1993) calcularon entre 80 y 200 pares de *Mimodes* para la isla. Si bien estos resultados muestran que la situación de la especie indicada por Jehl y Parkes (1982) no fue correctamente estimada, tampoco se puede concluir que su población se encuentre fuera del riesgo de extinción. Realmente no se puede considerar que la abundancia actual del zenzontle de Socorro sea similar a la reportada por McLellan (1926) o inclusive por Villa (1960). Las aves encontradas por nosotros implicaron un intenso esfuerzo de trabajo (varias horas/hombre) en cada estancia en la isla, y aún así no se puede considerar que el zenzontle sea común en la actualidad.

Se puede proponer la hipótesis de que la disminución de la población de zenzontles en la isla se ha debido a la interacción de varios factores que evidentemente están afectando, no sólo a esta especie, sino a toda la avifauna de la isla. Estos factores son: la degradación del hábitat en la isla por acción del borrego, la depredación por gatos, la competencia con un colonizador reciente, el zenzontle norteño, y directamente por las actividades humanas, tales como captura con fines científicos y de ornato (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992).

En las áreas muestreadas (sur, sureste y norte-centro de la isla) la mayoría de las aves fueron observadas en el bosque y matorral mixto entre los 300 y 750 m (88%), aunque algunas fueron vistas a mayores o menores altitudes, a 60 y 800 m (12%) (n = 59) (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993). En algunos cañones el zenzontle fue muy abundante, como por ejemplo en uno ubicado a 650 m en el centro-oeste de la isla, donde se registraron alrededor de 13 aves en 5 hec-

táreas (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993), mientras que solo esporádicamente se encontraron individuos en las partes más perturbadas por la acción del borrego. Por otro lado, usando un emisor de cantos, Luis Baptista localizó diecinueve zenzontles en el bosque sin perturbaciones (noviembre de 1990), mientras que uno de nosotros (RRE) detectó doce zenzontles en otra área, imitando el canto con silbidos con la boca. La etapa reproductiva de esta ave parece ocurrir entre noviembre y febrero. En febrero se observó al zenzontle en actitudes muy territoriales y parecían estar anidando en ese momento, porque algunos individuos llevaban alimento en el pico (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993). Brattstrom y Howell (1956) los encontraron en actividades territoriales y agresivas en el mes de noviembre, pero inactivos en el mes de marzo. El tamaño de los territorios del zenzontle se estimó en noviembre de 1990, cuando se identificaron 10 territorios en un cañón, los cuales fueron marcados con banderas de color. La distancia media entre las parejas fue de  $60.2 \pm 14.6$  m (rango 40-80 m;  $n = 10$ ). Su alimento incluyó restos de cangrejo terrestre, frutos de *Ilex*, *Bumelia* y *Cordia*, así como pequeños invertebrados, tales como hemípteros y homópteros tomados de las hojas, ramas, troncos y debajo de la hojarasca. El árbol más forrajeado fue *Bumelia* (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992, 1993).

**Situación.-** En peligro de extinción; las causas adversas parecen ser la depredación por gato, la degradación del hábitat, la competencia potencial con el zenzontle norteño y las actividades humanas.

*Aratinga holochlora brevipes* (Lawrence). Longitud  $360.6 \pm 68.5$  mm ( $n = 5$ ); cuerda alar  $164.15 \pm 3.44$  mm ( $n = 32$ ); pico  $26.71 \pm 1.39$  mm ( $n = 26$ ); cola  $153.63 \pm 7.16$  mm ( $n = 23$ ); peso  $146.7 \pm 10.93$  g ( $n = 8$ ) (datos de los autores y Parkes com. pers.); según datos de Jehl y Parkes (1982): peso 150, 150, 155 g ( $\sigma$ ,  $n = 3$ ).- El perico de Socorro es considerado como endémico a nivel de especie según Collar y Andrew (1988) y Beissinger y Snyder (1992), pero aquí se presenta como subespecie endémica de acuerdo a la clasificación del AOU (1983). Grayson (1870-1871) encontró al perico muy abundante en la isla. Anthony (1898) los encontró bastante comunes en varios lugares, excepto en la punta oeste de la isla. McLellan (1926) no describió su situación pero la sugirió cuando escribió que grupos grandes de pericos fueron vistos. Brattstrom y Howell (1956) encontraron la especie común en todas las áreas boscosas. Villa (1960) encontró en la base del cerro Evermann posiblemente más de 200 animales juntos. Jehl y Parkes (1982) consideraron la especie no particularmente común quizá porque sólo recorrieron una parte muy restringida de la isla y en una corta estancia. La población de pericos en la isla fue estimada entre 400-500 individuos en los casi 35 km<sup>2</sup> de bosque mixto. Aunque el perico de Socorro es aún común en la isla, su distribución ha cambiado por la disminución de su hábitat preferido.

El perico de Socorro se encuentra más comúnmente en el bosque mixto dominado por árboles de al menos 8 m de alto de *Bumelia socorrensis*, *Guetarda insularis*, *Ilex socorrensis* y *Psidium socorrense*, bosque que se ubica entre los 350 y 850 m sobre el nivel del mar, alrededor del Cerro Evermann. El

perico de Socorro se encuentra preferentemente en el bosque por arriba de los 500 m sobre el nivel del mar, en la porción sur de la isla, aunque al norte se le observa también a  $\pm 10$  m, donde fueron localizados algunos dormitorios. La estación reproductiva del perico da inicio en noviembre. En el bosque mixto el perico de Socorro elige sus sitios para anidar, utilizando generalmente árboles vivos de *Bumelia*. Los nidos son colocados en huecos de alguna de las ramas gruesas del árbol, teniendo por lo general un pollo cada nido (Rodríguez-Estrella *et al.* en rev.). Entre 6 y 7 adultos realizaron labores de cuidado de cada nido, presentándose permanentemente dos adultos en los alrededores del nido ( $x = 13.9 \pm 13.8$  m) y uno dentro de la cavidad. Aparentemente los pericos forrajean en áreas cercanas al nido durante el día y regresan a dormir allí al atardecer. Se ha observado a los pericos alimentándose principalmente de semillas y frutos de *Bumelia* (51%), *Guettarda* (19.5%), *Ilex* (16.7%) y *Psidium* (12.7%) ( $n = 251$  observaciones), aunque dependiendo de la estación también lo hacen sobre frutos de *Opuntia* y *Ficus*. La temporada reproductiva de los pericos coincide con la fructificación de los frutos mencionados. Aunque en ocasiones se observan hasta 50 y 100 individuos volando juntos sobre todo en los bosques mejor conservados, normalmente se les observa en grupos de 7 a 40 individuos ( $x = 25.6 \pm 13.9$ ) en febrero, de 3 a 30 individuos en abril y de 4 a 35 ( $x = 8.9 \pm 6.5$ ) en agosto, con grupos de hasta 65 individuos en la parte norte de la isla. Los depredadores potenciales del perico de Socorro son el halcón cola-roja y gatos domésticos ferales (ver Rodríguez-Estrella *et al.*, 1992).

**Situación.-** Común a abundante; vulnerable por la degradación del hábitat y por su distribución restringida a la isla.

*Nyctanassa violacea gravirostris* Van Rossem. Longitud 550-700 mm; extensión de las alas 1070 mm (Peterson 1990).- La garcilla nocturna ha sido descrita como de hábitos poco conspicuos y por ende pocas veces ha sido avistada por los anteriores expedicionarios de la isla. Anthony (1898) la consideró como bastante común en la isla; McLellan (1926) indicó que la especie se encontraba en la isla en pequeños números; Brattstrom y Howell (1956) y Villa (1960) vieron únicamente un individuo, por lo que aparentemente no le prestaron atención a la especie; Jehl y Parkes (1982) la definieron como de amplia presencia en la isla. En nuestro trabajo en la isla se les localizó desde el nivel del mar hasta 850 m de altitud, pero estuvieron concentradas principalmente en la cota de los 25 m sobre el nivel del mar a lo largo de la carretera principal y alrededor de las bahías Binner, Gallardo y Braithwaite (Rodríguez-Estrella *et al.*, en prensa). En estas áreas se registraron cerca de 20 individuos/4.5 km. Las garcillas nocturnas fueron más abundantes en el matorral de *Croton* con *Cenchrus mysuroides* y *Heteropogon contortus* pero también en áreas conteniendo *Opuntia* sp. y *Ficus*. McLellan (1926) indica que las garcillas frecuentaban un manchón de nopal *Opuntia* al este de la Bahía Braithwaite y que ahí mismo las encontraron anidando. Todavía a la fecha se les encuentra en nidación aparentemente en el mismo lugar (J. Llinas com. pers.). Anthony (1898) y McLellan (1926) capturaron

juveniles volantes en el mes de mayo. Por otro lado, un análisis de 235 regurgitaciones muestra que la garcilla se alimenta principalmente del cangrejo terrestre (93.0%), alacranes (*Vejovis mexicanus*) (4.7%) y otros invertebrados (2.3%) (J. Llinas datos inéditos).

**Situación.-** Común; aparentemente sin problemas pero vulnerable por la depredación potencial del gato, ya que la distribución de ambas especies en la isla es similar.

### Las especies extintas

*Zenaida graysoni* (Lawrence). Ala  $153.0 \pm 5.7$  mm (n =22); pico  $16.3 \pm 0.8$  mm (n =22); cola  $129.0 \pm 19.7$  mm (n =21); tarso  $28.2 \pm 0.90$  mm (n =22); peso 165-215 (191) g (♂, n =4) y 180, 205 (192) g (♀, n =2) (Baptista en prensa).- La paloma de Socorro se encuentra extinta en la isla a pesar de que en alguna época fue relativamente común. Grayson (1872) las encontró comunes y siempre solas; para Anthony (1898) fue poco común, aunque consideró que en las partes altas de la isla podría ser más abundante; McLellan (1926) las definió como muy numerosas en la isla, siendo particularmente abundantes en las áreas boscosas más elevadas, llegando casi hasta la cima del cerro Evermann; Brattstrom y Howell (1956) las encontraron comunes en las formaciones rocosas de lava a bajas elevaciones en el mes de marzo, mientras que en noviembre fueron raras en tales áreas, y comunes sobre los 500 m de altitud; la última persona que vió a las palomas en la isla fue Villa en 1958, siendo en apariencia comunes por sus comentarios (Villa 1960). Jehl y Parkes (1982, 1983) fueron quienes llamaron la atención sobre la extinción de la paloma de Socorro sugiriendo que la acción de los gatos introducidos en la isla, así como una posible hibridización con la recientemente introducida paloma triste, fueron las causas principales de la desaparición de la paloma de Socorro. Sin embargo, Baptista (en prensa) considera que no hay evidencias de la existencia de hibridización de las palomas en forma natural. Actualmente existen varios cientos de ejemplares de la paloma de Socorro mantenidos en cautividad por avicultores en los EUA y en Alemania (Baptista, en prensa).

La paloma de Socorro aparentemente era más abundante en los bosques elevados donde la vegetación dominante es *Bumelia*, *Prunus capuli*, *Guettarda*, *Ilex*, *Psidium* y *Ficus*. Algunos autores encontraron que los frutos de *Prunus* y de *Bumelia*, y aparentemente de *Ficus*, eran parte importante en la dieta de la especie (Brattstrom y Howell, 1956; McLellan, 1926). Sus hábitos se consideran más terrestres que los de la paloma triste y su vuelo menos ligero (Baptista, en prensa).

Estudios hechos en cautividad sugieren que los hábitos alimenticios de la paloma de Socorro son más vegetarianos que los de la paloma triste, aunque la proteína animal (invertebrados) puede ser también parte importante en su dieta. Tanto la hembra como el macho contribuyen en la construcción del nido, en la

incubación y alimentación de las crías. La incubación puede durar entre 14 y 17 días dependiendo del clima. Los ojos se abren al tener las crías dos días de nacidas, mientras que la edad del emplumado para 4 pollos fue de 14, 14, 19 y 20 días (Baptista, en prensa).

**Situación.-** Extinta en forma natural; existen ejemplares vivos en aviarios de EUA y Alemania. Se piensa que la extinción de la paloma se debió a la introducción del gato doméstico, que al volverse feral se convirtió en el principal depredador de la paloma hasta llevarla a la extinción (Jehl y Parkes 1983). Sin embargo, es probable que otros factores hayan influido en la desaparición de la paloma de Socorro. La colecta desmedida de ejemplares para las colecciones de los museos y para los aviarios en el extranjero, donde actualmente se les reproduce en cautividad, podrían haber jugado un papel importante en el decremento de la población de palomas. No se tiene ningún registro del número de ejemplares capturados en la isla para estos fines, porque prácticamente no existía vigilancia en la isla con anterioridad a 1958 y no se ha realizado una investigación en este sentido, tanto en los museos más importantes del mundo como en los aviarios que recibieron dichos animales. Sin esta información, no es posible determinar con exactitud el papel que tuvo esta actividad en la desaparición de la paloma en la isla. En la actualidad existe un plan muy detallado tendiente a la reintroducción de la paloma de Socorro a la vida silvestre (Baptista, en prensa).

*Micrathene withneyi graysoni* Lawrence. Longitud, 141 mm (♂), 134 mm (♀); extensión de las alas, 37.32 mm (♂), 32.25 mm (♀); ala, 101.2-106 mm (♂), 98.2-108 mm (♀); cola, 63.2 mm (♂), 50.6 mm (♀); pico sin cera, 9.5 mm (♂), 10.0 (♀); tarso, 19 mm (♂), 19.5 mm (♀), con extremos de 21.5 mm (Grayson, 1870-71; McLellan, 1926). Los adultos de la especie pesan en promedio 41 g, con un rango de 35.9-44.1 g (Johnsgard, 1988), aunque no existe información para la subespecie de Socorro.- El tecolotito enano de Socorro aparentemente se encuentra extinto. Grayson (1870-71) colectó tres ejemplares, por lo que se piensa que era relativamente común; Anthony (1898) indica la captura de un individuo en la parte sur de la isla; McLellan (1926) comenta que los tecolotitos parecen ser menos raros de lo que se suponía anteriormente; ella misma refiere que el Sr. Slevin colectó 3 ejemplares, habiéndole llevado 2 polluelos los marinos. McLellan se llevó 5 ejemplares (entre ellos un polluelo) para su colección en el mes de mayo. Nadie los ha vuelto a registrar desde entonces. Brattstrom y Howell (1956) únicamente refieren su existencia; Villa (1960) comenta que aunque él no lo vio supone que era más bien común según los informes que le dieron los marinos. La subespecie endémica de la Isla Socorro se considera como probablemente extinta debido a que el último registro que se tiene de ella fue hecho en 1932 (ver Jehl y Parkes 1982), es decir hace 62 años. Todas las expediciones posteriores fallaron en localizar cualquier evidencia de la especie. Se utilizaron estaciones de escucha y reclamos nocturnos sin éxito (Jehl y Parkes, 1982). Posteriormente, se han colocado redes en las áreas arbustivas densas y secas cercanas a la costa en Bahía Braithwaite durante dos noches conse-

cutivas en febrero y noviembre de 1990, así como estaciones de escucha, sin ningún resultado (Rodríguez-Estrella *et al.*, en prep.).

El tecolotito enano de Socorro aparentemente era más bien común en las áreas de matorral denso y seco que se localizan en las zonas cercanas a la costa (Grayson, 1871-72; McLellan, 1926). Al parecer la vegetación a la que se refieren los autores citados es la asociación de *Acacia farnesiana* y matorral de *Croton*. Sin embargo, según la descripción de Grayson existe la posibilidad de que su distribución pudiera haber alcanzado las zonas boscosas de la isla (450-650 m), aunque Jehl y Parkes (1982) no pudieron encontrarlos en ningún lado. La estación reproductiva del tecolotito aparentemente tenía su inicio en el mes de abril, ya que en el mes de mayo fueron encontrados volantones recientes y pollos en un nido, los cuales fueron puestos en una colección (McLellan, 1926). La estación reproductiva para la especie en general coincide con estos reportes de isla Socorro (Johnsgard, 1988). Los nidos probablemente eran colocados en los huecos de los troncos de los árboles o en las cavidades rocosas de los cantiles (Grayson, 1871-72). Aunque no existe información para el tecolotito de Socorro, el tamaño de puesta para la especie ha sido estimado en tres (Johnsgard, 1988). Este búho pequeño parecía alimentarse exclusivamente de pequeños cangrejos terrestres e insectos, aunque ocasionalmente podría cazar aves pequeñas o una lagartija endémica de la isla (*Urosaurus auriculatus*) (Grayson, 1870-71).

**Situación.-** Aparentemente extinta; las causas son desconocidas, aunque no se puede obviar el impacto de las colectas sin control sobre esta especie, poco abundante y con estrategias de vida vulnerables, como las que tienen la mayoría de los Strigiformes.

### Las especies colonizadoras

*Mimus polyglottos*. Longitud 256 mm; extensión de las alas 317 mm; cuerda alar 112 mm; pico 20.7 mm; cola 127 mm; peso 63.5 g (n = 1) .- El zenzontle norteño se reportó en la isla primero por Jehl y Parkes (1982), quienes discuten sobre la posibilidad de que la especie haya invadido la isla después de 1971, siendo en la actualidad un ave reproductora. Es una especie común en zonas perturbadas y abiertas y poco común en zonas boscosas, aunque en las últimas expediciones (1992) se le pudo registrar en dichas áreas, sobre todo en los bosques moderadamente perturbados (Rodríguez-Estrella, 1993). Las densidades estimadas para este zenzontle en las partes bajas variaron de 0.05 (0-300 m altitud) a 0.09 (300-450 m altitud) aves/ha. En noviembre de 1992 se encontraron aproximadamente 8 parejas en actividades territoriales en aproximadamente 5-6 ha en un bosque de *Ficus-Psidium* (300 m altitud) donde el suelo y la vegetación están severamente sobrepastoreados por el borrego.

Si bien es cierto que al inicio de la colonización estas dos especies pudieron excluir los procesos competitivos, por diferencias en tamaño y en preferencias de hábitat (ver Jehl y Parkes, 1983), en la actualidad esta aseveración es difícil

de sostener, puesto que se pudo constatar la presencia de *Mimus* en las zonas anteriormente exclusivas a *Mimodes*, donde el zenzontle de Socorro atacaba territorialmente al norteño de manera continua y donde aparentemente pueden alimentarse del mismo tipo de alimento (Rodríguez-Estrella, 1993). Se piensa que *Mimus* se encuentra en un proceso de expansión en la isla, expansión que ha sido favorecida por la degradación del hábitat por la acción del borrego y por la disminución de las poblaciones de *Mimodes* (Rodríguez-Estrella, 1993).

*Zenaida macroura carolinensis*. Longitud 264 mm; extensión de las alas 419 mm; cuerda alar 139 mm; pico 19 mm; cola 117 mm ( $n = 1$ ); peso  $123 \pm 1.85$  g ( $\sigma$ ,  $n = 140$ ) y  $115 \pm 1.76$  g ( $\varphi$ ,  $n = 95$ ) (Baptista, en prensa).- La paloma triste o huilota fue observada primero por Jehl y Parkes (1982) en 1978. Ellos detectaron más de 100 palomas en el tramo de la carretera a la aeropista y más en otras áreas de la región sureste de la isla. En 1981 los mismos autores las encontraron abundantes en la región sureste. En 1988 se vieron cientos de palomas reproductoras (Wehtje *et al.*, 1993). En nuestros estudios se han llegado a ver grupos de hasta 100 individuos en las partes bajas de la región sureste de la isla. Esta especie fue registrada más frecuentemente en las tierras bajas, especialmente desde la zona costera hasta los 450 m de altitud, oscilando su densidad entre 0.16 y 0.36 aves/ha.

### **Aves migratorias**

El número de especies migratorias que llegan a la isla normal u ocasionalmente se había reportado como 68 especies hasta agosto de 1991 (Wehtje *et al.*, 1993; Anexo 1). Sin embargo, en noviembre de 1992, se pudieron obtener 5 nuevos registros (H. Walter com. pers.; RRE obs. pers.). Se esperaría que realizando estudios a más largo plazo el número de especies registradas sería mayor, aunque este número posiblemente no aumentaría significativamente. La mayoría de las especies registradas son poco abundantes y para la mayoría de los casos se registró un solo individuo. Por otro lado es interesante el hecho que 35 especies visitantes sean terrestres (48%), incluyendo a rapaces y diversos passeriformes. Es decir, que la isla Socorro parece ser un sitio de paso restringido para las aves migratorias, donde llegan individuos que se han desviado de sus rutas migratorias o que son de los pocos prospectores que se adentran hacia el océano.

Tal como lo señala Wehtje *et al.* (1993), las observaciones más interesantes son las de las rapaces que llegan a la isla. Seis especies de aves rapaces han sido registradas simultáneamente: el cernícalo *Falco sparverius*, el halcón peregrino *F. peregrinus*, el aguililla café *Circus cyaneus*, los gavilanes *Accipiter cooperi* y *A. striatus*, y la lechuza cara blanca *Tyto alba*. Esto sugiere un incremento de la depredación sobre la avifauna de la isla en los meses de octubre a febrero, donde la única especie residente es el halcón cola-roja. Además de que las relaciones depredador-presa en la isla se modifican, la presencia de estas rapaces deberá ser considerada en los planes de la futura

reintroducción de la paloma de Socorro a la isla.

De especial preocupación en la isla es la presencia continua de individuos del tordo negro *Molothrus ater*. Esta especie tiene hábitos de parasitismo de nidos, por lo que en el caso de volverse especie reproductora en la isla, podría llegar a afectar seriamente a especies como el verdín o el toquí de Socorro.

### Densidad de las aves y perturbación

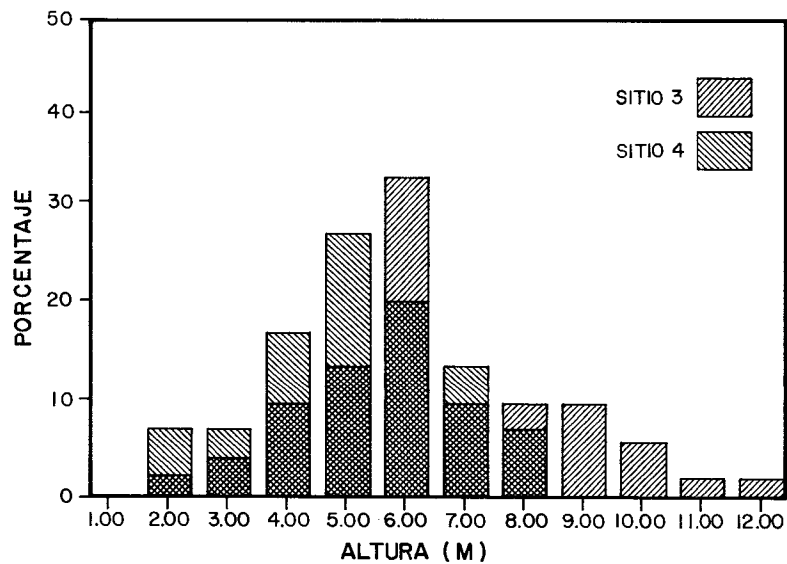
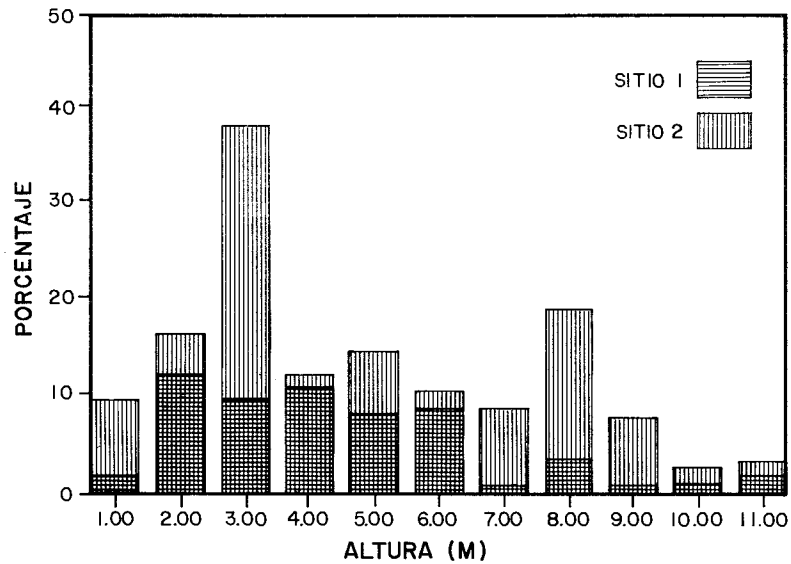
El número de estratos vegetales en los sitios mediana y fuertemente pastoreados disminuyó como resultado de la pérdida de estratos inferiores y de la dominancia de una sola especie (*Ficus*) en el área más fuertemente perturbada (cuadrantes 3 y 4; Fig. 2). Se observó una diversidad y riqueza específica mayor, así como un mayor número de estratos verticales, en los sitios sin perturbación (cuadrante 1, Fig. 2). Lo anterior indica que la vegetación fue más compleja y diversa en los sitios sin perturbación que en los sitios mediana y fuertemente perturbados.

No se encontraron diferencias significativas en las densidades totales de las aves entre los sitios muestreados en la isla ( $X^2 = 6.43$ ; g.l. = 9;  $p > 0.05$ ). Sin embargo, al comparar los hábitats sin perturbación con los fuertemente perturbados, el saltapared, el verdín y el toquí fueron más abundantes en las áreas donde los borregos no fueron observados (sitio 1) y menos en áreas fuertemente perturbadas por los borregos (sitio 4) ( $X^2 = 6.43$ ; g.l. = 3;  $p < 0.05$ ). Al comparar las densidades de las aves entre los hábitats leve y moderadamente perturbados (sitios 2 y 3), las diferencias no fueron evidentes ( $X^2 = 0.93$ ;  $p > 0.05$ ). En general, la densidad de las aves endémicas terrestres fue mayor en los sitios donde los borregos estuvieron ausentes.

### Conclusiones

La Isla Socorro contiene una comunidad de aves terrestres endémicas poco compleja. Existe un ave insectívora que forrajea sobre el piso del bosque, el saltapared; un insectívoro que forrajea sobre el follaje, el verdín; un insectívoro-granívoro que se alimenta tanto en el piso como en arbustos y árboles, el toquí; un granívoro que se alimenta en el piso, la tortolita; un omnívoro, el zenzontle de Socorro; un frugívoro, el perico; y un depredador-carroñero, el halcón cola-roja. La ahora extinta en el medio natural, la paloma de Socorro, fue ciertamente una especie granívora que se alimentaba en el piso, y posiblemente fue una presa importante para el halcón cola-roja (McLellan, 1926). El tecolotito enano, era un depredador de pequeños invertebrados y cangrejos.





**Figura 2.** Número y proporción de estratos vegetales en las áreas muestreadas en la isla. El sitio 1 representa áreas sin perturbación, el sitio 2 áreas levemente perturbadas, y los sitios 3 y 4 áreas moderada y severamente perturbadas, respectivamente.

En general, la mayor parte de la avifauna terrestre endémica deriva de tipos primariamente Neárticos que se encuentran tanto en las latitudes del norte como del sur de las islas. Ello indica que casi toda la avifauna endémica puede haber derivado de poblaciones continentales. Las únicas dos subespecies endémicas en la isla de origen primariamente Neotropical son *Aratinga* y *Parula* (Brattstrom y Howell, 1956).

La diversidad de aves en Socorro, así como la de las plantas, es baja, pero aún así es la más alta encontrada en las islas que conforman el Archipiélago de las Revillagigedo (Brattstrom, 1990). Se encontró que los bosques menos perturbados ofrecen más estratos verticales, lo cual soporta densidades más altas de las aves terrestres endémicas que los hábitats perturbados. Se cree generalmente que la cobertura, la densidad de plantas, y el número de estratos verticales se relacionan con la densidad de las aves: altos valores de estas características estructurales soportan una riqueza específica, una abundancia y densidad más altas, debido a que hay más sitios para anidar, más alimento y protección que en hábitats abiertos (Morse, 1985; Petit *et al.*, 1988; Martin, 1988). Nuestros resultados indican que las aves endémicas pequeñas forrajean más intensamente en estratos bajos depredando sobre pequeños artrópodos. Entonces, una disminución en la densidad de *Thryomanes*, *Parula* y *Pipilo* en las áreas más perturbadas parece relacionarse con una ausencia de estratos vegetales bajos (Figura 2) y a una menor abundancia de pequeños artrópodos que dichas áreas contienen (M. L. Jiménez com. pers.).

En la actualidad el ecosistema insular parece estar amenazado por varios factores: el incremento de las áreas sobrepastoreadas por el borrego, la erosión, la depredación por gatos y la perturbación por actividades humanas (aeropista, caminos, construcciones, introducción de plantas exóticas, de palomas domésticas y la tala de árboles para obtener madera) pueden estar afectando severamente a algunas de las especies de aves endémicas (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993; Jehl y Parkes, 1983; Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991) así como a otras plantas y animales. No es posible descartar la perturbación humana directa como la responsable de la disminución de poblaciones de ciertas aves (zenzontle, tecolotito) a niveles tales que sus poblaciones no sean capaces de recuperarse. Estas actividades pueden ser la colecta con fines ornamentales, colectas científicas y colectas para reproducción en cautiverio.

La depredación por gatos parece ser un factor importante influenciando la abundancia de algunas especies animales, principalmente lagartijas y aves (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991). Jehl y Parkes (1983) propusieron que los gatos son los responsables de la desaparición en la isla de la paloma de Socorro y la reducción en otras especies, en especial del zenzontle de Socorro y del toquí. En otras islas se ha encontrado que el gato es uno de los factores principales de la extinción de varias especies de aves (Taylor, 1979; Diamond 1982; Fitzgerald, en prensa). La introducción y el incremento de la paloma doméstica en la isla es preocupante.

Se sabe que esta paloma puede transmitir enfermedades a las que pueden ser altamente susceptibles las aves endémicas (Gordon, 1977). Una hipótesis que

debería verificarse es el papel que tuvieron las colectas de diversas instituciones científicas (principalmente de los EUA) sobre el decremento del tecolotito. No se ha podido verificar el número de ejemplares colectados a través del tiempo, pero sería deseable determinar el impacto que este tipo de actividades pudieran tener sobre especies poco abundantes que se encuentran en islas.

### **Propuestas para la protección de la avifauna**

Se recomienda la realización de un plan de manejo global de la isla, sobre todo en las áreas más perturbadas, donde se considere lo siguiente:

1. Construir un cercado donde se aisle la población de borregos. Estas áreas deberán estar cercanas al sector naval, para que puedan ser correctamente vigiladas y manejadas. En un futuro, si es posible, se recomienda la erradicación de la población de borregos de la isla.
2. Establecer un programa de control de depredadores hasta eliminar todos los gatos.
3. Iniciar un programa de rehabilitación del hábitat.
4. Eliminar la población de paloma doméstica.
5. Establecer un programa de recuperación del zenzontle de Socorro. Este debe incluir estudios sobre la biología y ecología de la especie. Si es necesario deberá considerarse la cría en cautiverio de algunas parejas y la liberación de juveniles.
6. Se pretende la reintroducción de la paloma de Socorro a la isla nuevamente. Además de las investigaciones necesarias sobre los estudios de consanguinidad y adaptabilidad de los individuos que han estado en cautividad por varias generaciones en los criaderos de EUA y de Alemania, es necesario que se eliminen totalmente los gatos de la isla, que los borregos no continúen dañando la cubierta vegetal y que existan las condiciones en la isla para monitorear continuamente los individuos de la paloma liberados.
7. Establecer una estación de investigación en la isla para monitorear continuamente la avifauna y vegetación. Con información obtenida a lo largo del año de la dinámica de las comunidades animales y vegetales se podrán planear mejores estrategias de conservación.

### **Agradecimientos**

Se agradece la ayuda de todas las personas involucradas en los estudios sobre la avifauna de la Isla Socorro. Un agradecimiento especial para los Biólogos

Jorge Llinas y Francisco Anguiano quienes ayudaron con su entusiasmo y participación colaborativa en las salidas a la isla. Las discusiones en el campo con José Luis León de la Luz, Aurora Breceda y Jorge Cancino ayudaron a diseñar parte del trabajo de investigación sobre las relaciones de las aves y la vegetación. B. H. Brattstrom, H. Walter, L. Baptista, J. Llinas, W. Wehtje ofrecieron gentilmente parte de su información inédita. Patricia Escalante amablemente permitió utilizar la Base de Datos de la Colección Ornitológica del Instituto de Biología de la UNAM para recopilar parte de la información merística de los ejemplares. Finalmente, justo es decir que las recomendaciones de protección de la avifauna arriba expresadas son el resultado de las discusiones y colaboraciones que todos los investigadores y grupos de trabajo del CIBNOR, de la UCLA y del CAS tuvimos a lo largo del desarrollo de los trabajos de investigación en la isla.

### Literatura Citada

- Anthony, A.W. 1998. Avifauna of the Revillagigedo Islands. *AUK* 15: 311-318.
- AOU. 1983. American Ornithologists' Union. CHECK-LIST OF NORTH AMERICAN BIRDS. 6th edition. Lawrence, Kansas.
- Baptista, L. Zenaida graysoni Lawrence, 1871. IN: CONSERVACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE EN MÉXICO". G. CEBALLOS Y O. NAVARRO (EOS.). Centro de Ecología, UNAM. En prensa.
- Beissinger, S.R. y N.F.R. Snyder. 1992. NEW WORLD PARROTS IN CRISIS. SOLUTIONS FROM CONSERVATION BIOLOGY. Smithsonian Institution Press. Washington.
- Brattstrom, B.H. 1990. Biogeography of the Islas Revillagigedo, Mexico. *JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY* 17: 177-183.
- Brattstrom, B.H. y T.R. Howell. 1956. The birds of the Revilla Gigedo Islands, Mexico. *CONOOR* 58: 107-120.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1992. El Zenzontle de Socorro, una especie en peligro de extinción. Recomendaciones para su protección y recuperación. *CIENCIA Y DESARROLLO* 18(104): 64-75.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1993. Current status of the Socorro Mockingbird. *WILSON BULLETIN* 105(1): 167-171.
- Collar, N.J. y P. Andrew. 1988. Birds to watch: the ICBP world check-list of threatened birds. INTERNATIONAL COUNCIL FOR BIRD PRESERVATION TECH. Publ. 8. Cambridge.
- Diamond, J.M. 1982. Man the exterminator. *NATURE* 298: 787-789.
- Fitzgerald, B.M. Diet of domestic cats and their impact on prey population. IN: THE DOMESTIC CAT: THE BIOLOGY OF ITS BEHAVIOR. D.C. THERNE Y P. BATESON (EOS.). Cambridge University Press. Cambridge. En prensa.
- Gordon, R.F. 1977. POULTRY DISEASES. Bailliere Tindall. London.
- Grayson, A.J. 1870-1871. On the physical geography and natural history of the Islands of the Tres Marias and of Socorro, off the western coast of Mexico. PROCEEDINGS OF THE BOSTON NATURAL HISTORY SOCIETY 14: 261-302.
- Jehl, J.R. y K.C. Parkes. 1982. The status of the avifauna of the Revillagigedo Islands, Mexico. *WILSON BULLETIN* 94(1): 1-19.
- Jehl, J.R. y K. C. Parkes. 1983. "Replacements" of landbird species on Socorro Island, Mexico. *AUK* 100(3): 551-559.
- Johnsgard, P.A. 1988. NORTH AMERICAN OWLS. BIOLOGY AND NATURAL HISTORY. Smithsonian Institution Press. Washington, USA. 295 pp.

- Landres, P.B. y J.A. MacMahon. 1980. Guilds and community organization: analysis of an oak woodland avifauna in Sonora, Mexico. *AUK* 97: 351-365.
- Martin, T.E. 1988. Habitat and area effects on forest bird assemblages: is nest predation an influence?. *ECOLOGY* 69: 74-78.
- McLellan, M.E. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925, VI. The birds and mammals. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES, SERIES 4, 15(11): 297-322.
- Morse, D.H. 1985. Habitat selection in North American parulid warblers. P.135-157,558. IN: HABITAT SELECTION IN BIRDS. M. L. CODY (ED.). Academic Press. Nueva York.
- Mueller-Dombois, M. y H. Ellenberg. 1974. AIMS AND METHODS OF VEGETATION ECOLOGY. John Wiley and Sons. Nueva York. 547 pp.
- Petit, K.E., D. R. Petit y L. J. Petit. 1988. On measuring vegetation characteristics in bird territories: nest sites vs. perch sites and the effect of plot size. *AMERICAN MIDLAND NATURALIST* 119: 209-215.
- Rodríguez-Estrella, R. 1993. La situación de los zenzontles *Mimodes graysoni* y *Mimus polyglottos* (Mimidae) en la Isla Socorro, México. Reunión anual sobre el Estudio y Conservación de las Aves en México. CIPAMEX. Catemaco, Veracruz. 8 al 10 de Noviembre.
- Rodríguez-Estrella, R., G. Arnaud, S. Alvarez y A. Rodríguez. 1991. Predation by feral cats on birds at Isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 22(3): 141-143.
- Rodríguez-Estrella, R., E. Mata y L. Rivera. 1992. Ecological notes of the Green Parakeet in Isla Socorro, Mexico. *CONDOR* 94(2): 523-525.
- Rodríguez-Estrella, R., J.L. León de la Luz, A. Breceda, A. Castellanos, J. Cancino y J. Llinas. A preliminary assessment on density and habitat relationships of the terrestrial birds of Socorro Island, Islas Revillagigedo, Mexico. *BIOLOGICAL CONSERVATION*. En prensa.
- Rodríguez-Estrella, R., L. Rivera y J.F.H. Anguiano. Nest-site characteristics of the Socorro Green Parakeet. *THE CONDOR*. En revisión.
- Santaella, L. y A.M. Sada. 1991. The avifauna of the Revillagigedo Islands, Mexico: additional data and observations. *WILSON BULLETIN* 103(4): 668-675.
- Taylor, R.H. 1979. How the Macquarie Island parakeet became extinct. *NEW ZEALAND JOURNAL OF ECOLOGY* 2: 42-45.
- van Riper, C. 1982. Censuses and breeding observations of the birds on Kohala Mountain, Hawaii. *WILSON BULLETIN* 94(4): 463-476.
- Villa, B. 1960. Vertebrados terrestres. La Isla Socorro. MONOGRAFÍA DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA. UNAM 2: 203-216.
- Walter, H.S. 1990. Small viable population: the Red-tailed Hawk of Socorro Island. *CONSERVATION BIOLOGY* 4(4): 441-443.
- Wehtje, W., H. Walter, R. Rodríguez-Estrella, J. Llinas y A. Castellanos. 1993. An annotated checklist of the birds of Isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 24(1): 1-16.

## Apéndice 1.

Avifauna terrestre registrada en Isla Socorro hasta el año de 1992 (modificado de Wehtje *et al.*, 1993; Walter com. pers.; autores obs. pers.). Las especies endémicas se indican con un \*. Se señalan también las especies extintas en la isla (EX), las posiblemente extintas (PEX), en peligro de extinción (PEL) y las amenazadas o vulnerables (V). Las especies colonizadoras recientes se muestran con (COL) y las que tienen una permanencia continua en la isla, pero aún no se les ha registrado en reproducción (NREP). Todas las demás especies son visitantes anuales, ocasionales y accidentales. El + indica que fue introducida en la isla por el hombre.

	Invierno	Primavera-Verano
<i>Ardea herodias</i>	X	-
<i>Casmerodius albus</i>	X	-
<i>Egretta thula</i>	X	-
<i>Bubulcus ibis</i>	X	-
<i>Nycticorax violaceus graviorstris</i> (*)	X	X
<i>Pandion haliaetus</i> (NREP)	X	X
<i>Elanus caerulus</i>	X	-
<i>Circus cyaneus</i>	X	-
<i>Accipiter striatus</i>	X	-
<i>Accipiter cooperi</i>	X	-
<i>Buteo jamaicensis socorroensis</i> (*) (V)	X	X
<i>Falco sparverius</i>	X	-
<i>Falco peregrinus</i>	X	-
<i>Columbia livia</i> (COL)+	X	X
<i>Zenaida macroura</i> (COL)	X	X
<i>Zenaida graysoni</i> (*) (EX)	-	-
<i>Columbina passerina socorroensis</i> (*) (V)	X	X
<i>Aratinga holochlora brevipes</i> (*) (V)	X	X
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	X	X
<i>Tyto alba</i> (REP?)	X	X
<i>Micrathene withneyi graysoni</i> (*) (PEX)	-	-
<i>Ceryle alcyon</i>	X	X
<i>Sphyrapicus nuchalis</i>	X	-
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	X	-
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	X	X
<i>Hirundo rustica</i>	X	-
<i>Thryomanes sissonii</i> (*) (V)	X	X

Apéndice 1. Continuación.

	Invierno	Primavera-Verano
<i>Catharus ustulatus</i>	X	-
<i>Sturnus vulgaris</i>	X	-
<i>Mimus polyglottos</i> (COL)	X	X
<i>Mimodes graysoni</i> (*) (PEL)	X	X
<i>Anthus spinoletta</i>		
<i>Bombycilla cedrorum</i>	X	-
<i>Vermivora peregrina</i>	X	X
<i>Parula pitiayumi graysoni</i> (*) (V)	X	X
<i>Dendroica petechia</i>	X	-
<i>Dendroica coronata</i>	X	-
<i>Dendroica townsendi</i>	X	-
<i>Dendroica virens</i>	X	-
<i>Dendroica striata</i>	X	-
<i>Setophaga ruticilla</i>	-	X
<i>Wilsonia pusilla</i>	X	-
<i>Piranga rubra</i>	X	-
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	X	-
<i>Passerina cyanea</i>	-	X
<i>Pipilo erythrophthalmus socorroensis</i> (*) (V)	X	X
<i>Chondestes grammacus</i>	-	X
<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	X	-
<i>Molothrus ater</i> (NREP)	X	X
<i>Passer domesticus</i>	-	X

SECCION IV

**EL AMBIENTE BIOLÓGICO MARINO**





## CAPITULO 12

**COMUNIDADES BENTONICAS MARINAS**

*Oscar E. Holguín Quiñones*

**Resumen**

La presente, es una contribución al conocimiento de la vida marina en el litoral de la Isla Socorro. Se tiene a la fecha un registro de cuarenta y tres expediciones a la isla entre 1533 y 1957; sólomente dos de ellas han tenido entre sus objetivos la colecta de organismos bentónicos. Después de 1975, la frecuencia de visitas y estudios se ha incrementado; no obstante, la isla ha sido parcial e insuficientemente estudiada. En 1991 y 1992 un grupo de académicos, llevaron a cabo trabajos de campo sobre comunidades marinas bentónicas en la Isla, lo cual permite conocer con mejor detalle la composición y abundancia de la biota bentónica costera. Actualmente, se tiene un registro de 217 especies representadas por diversos grupos, siendo de mayor diversidad las algas marinas con sesenta y dos especies; tenemos en el orden siguiente: Mollusca con sesenta; Arthropoda, cincuenta; Annelida, veintiuna; Echinodermata, quince; Coelentrata, ocho y Sipuncula, una especie. Del Phylum Mollusca, se encuentran por lo menos cuatro especies de importancia económica (*Chiton articulatus*, *Turbo funiculosus*, *Purpura pansa* y *Octopus* sp.), además del crustáceo *Panulirus penicillatus*.

## Abstract

The present work pretends to be a contribution to the sea life knowledge of the Socorro Island littoral. Up to the date there were registered forty three expeditions to the island between 1533 to 1957 but only two of them had among their goals to collect benthonic organisms. After 1975, the visits and the research have increased. However the island has still been partially and not enough studied. During 1991 and 1992 a group of scientifics carried out field works about the marine benthonic communities o the Socorro Island. These works have permitted to know the detailed composition and the diversity of the benthonic life. Actually there are 217 species registered, and they are represented by different groups. Marine algae is the group with the major diversity, it presents seventy two species. In the descending order of diversity are: Mollusca, with seventy; Arthropoda with fifty; Annelida with twenty one; Echinodermata with fifteen; Coelenterata with eight and the Sipuncula with one species. There are at least four species of Phylum Mollusca which have a great economic importance (*Chiton articulatus*, *Turbo funiculosus*, *Purpura pansa* and *Octopus* sp.), in addition of the crustacean *Panulirus penicillatus*.

## Introducción

Ante las demandas de la comunidad científica internacional y de organizaciones ecologistas, los gobiernos, sobre todo de países desarrollados y en desarrollo, han valorado el trabajo de los pioneros de la taxonomía. Actualmente se reconoce la necesidad de elaborar inventarios florísticos y faunísticos, ahora con la perspectiva de proteger y conservar las especies y el medio en que se desarrollan, y sobre bases científicas, legislar sobre el aprovechamiento de aquellos recursos que son benéficos para el ser humano. Ello ha favorecido a quienes se preocupan por el desarrollo de trabajos básicos con estas características, previos a la realización de estudios que conduzcan a explicar las razones del deterioro de un recurso o del medio ambiente en particular.

Suponer que las comunidades marinas bentónicas de la Isla Socorro son lo suficientemente conocidas sería un error; los pocos estudios publicados referentes a éste tópico se restringen a listados sistemáticos de algunos grupos de invertebrados y algas marinas, principalmente sobre las especies presentes en la franja intermareal de las regiones sur y suroeste de la isla.

Los recientes estudios llevados a cabo en 1991 y 1992 por un grupo de investigadores del Instituto Politécnico Nacional, son un paso más para el conocimiento de las especies bentónicas aprovechables por el hombre y de las que en su mayoría, condición no menos importante, son sencillamente parte de

la trama trófica en el ecosistema marino costero.

Al realizar el estudio sobre comunidades marinas bentónicas en la Isla Socorro se han tenido que afrontar diversos obstáculos de índole técnico y logístico; no solamente por la lejanía de este cuerpo insular, sino también por la hostilidad propia de un ambiente costero agreste golpeado incesantemente por el oleaje, lo cual ha impedido explorarla con mayor detalle.

Sabemos ahora que la franja litoral de la Isla Socorro alberga una variedad media de algas e invertebrados, representados éstos en diversos grupos taxonómicos. Se deduce que los factores que posiblemente han impedido la colonización amplia por muchas especies costeras continentales son: el aislamiento geográfico, el reducido cinturón litoral en longitud y amplitud, el escaso declive costero que permita un espacio mayor para el desarrollo de organismos, la ausencia de plataforma y los limitados fondos someros estables y finalmente la escasa variedad de hábitats.

El principal propósito de este trabajo, es el dar a conocer el componente biótico macrobentónico de la franja litoral de la isla, su grado de presencia, distribución altitudinal y niveles de importancia como recurso, así como contribuir con los lineamientos políticos y científicos actuales respecto al enfoque que los investigadores mexicanos deben dar a las tareas futuras para hacer el inventario de los recursos vivientes marinos.

## Antecedentes

Como se señala anteriormente, la biota bentónica de la Isla Socorro ha sido estudiada hasta ahora de manera parcial e insuficiente, como lo demuestra el hecho de que son muy escasos los trabajos publicados sobre este aspecto en particular.

Richards y Brattstrom (1959), registran cuarenta y tres expediciones a la isla a partir de su descubrimiento en 1533 por el navegante español Hernando de Grijalva, hasta las dos de 1957, comandada una de ellas por el Capitán de Navío D. Hernández Carvajal de la Armada de México, y la segunda, a cargo del Dr. A. F. Richards, con la participación de la Universidad de California, Institución Scripps de Oceanografía y la Universidad Autónoma de México. De esas cuarenta y tres expediciones, solo se sabe de dos que han tenido entre sus objetivos la colecta de organismos bentónicos.

En el año de 1903, una expedición a las islas Clarión y Socorro de la Academia de Ciencias de California en el buque "Mary Sacks" a cargo de R. H. Beck, obtuvo muestras de conchas, sin embargo, todos los especímenes y registros se perdieron durante el incendio que devastó a San Francisco, California en 1906; posteriormente, en el año de 1925, la misma institución llevó a cabo una nueva expedición científica al Archipiélago de Revillagigedo con el buque "USS Orotlan" a cargo del Dr. G. Dallas Hanna (Richards y Brattstrom, 1959).

Como parte de los resultados de ésta segunda expedición se publicó un trabajo sobre moluscos marinos (Strong y Hanna, 1930). Podemos considerar que este es el primer reporte que se tiene respecto a comunidades bentónicas de la isla.

Después de la instalación de un destacamento militar de la Armada de México en 1957, al sur de la isla, la frecuencia de las visitas vía marítima se incrementó progresivamente a dos o más por mes, hecho que facilitó el transporte a científicos mexicanos para realizar estudios de diversa índole. Más tarde, a finales de la década de los 70 fué construída una pista aérea, lo cual de igual manera, ha sido benéfico para los investigadores.

Algunas instituciones nacionales y extranjeras han mostrado interés por el conocimiento de la biota bentónica de Isla Socorro, así por ejemplo, en el año de 1959, la Universidad Autónoma de México llevó a cabo una investigación en la Isla Socorro, que entre otros conocimientos aporta información general sobre algunas de las especies de invertebrados (Villalobos, 1960) y algas (Herrera, 1960) que habitan el litoral.

Por su parte Rioja (1960), da a conocer algunas de las especies de anélidos poliquetos de Revillagigedo. Una de las contribuciones más significativas para el conocimiento de los equinodermos de Isla Socorro, es la de Caso (1962).

El College of Main, Kentfield, California, realizó en el año de 1974 una expedición científica en la cual participó el autor del presente capítulo, habiéndose publicado un trabajo sobre especies de fondo (Chan, 1974). Por su parte Huerta y Garza-Barrientos (1975), contribuyen de manera particular en el conocimiento de las algas marinas de la isla.

Existen además, referencias a especies bentónicas que habitan la isla Socorro dadas por taxónomos reconocidos internacionalmente, entre ellos, Rathbun (1930); Garth (1958); Hollenberg y Dawson (1961); Morris (1966); Keen (1971); Abbott (1974); Brusca (1980) y Morris *et al.* (1980).

Como resultado de las investigaciones llevadas a cabo por el Laboratorio de Ecología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (1991-1992), han aparecido dos reportes sobre el bentos marino de la isla: Holguín *et al.* (1992) y Holguín (1993).

## Metodología

Para cumplir con los objetivos, se pueden distinguir los siguientes aspectos:

- Revisión bibliográfica: Especialmente de obras clásicas de tipo taxonómico, a fin de tener la mayor información posible referente a los grupos y especies que los componen, así como de algunos estudios publicados de naturaleza florística y faunística (literatura citada).

- Prospecciones en el campo: Para los trabajos de campo fueron llevadas a cabo cinco campañas de muestreo (febrero y mayo de 1991, y marzo, julio y noviembre de 1992); las estancias en la isla comprendieron 6 días para febrero y julio y 15 días para mayo, marzo y noviembre.
  
- Determinación de la zona de muestreo: Fundamentalmente se tomó como referencia la franja intermareal, comprendiendo pozas de marea y zona de salpicaduras, preferentemente en condiciones de bajamar; en ocasiones, se obtuvo material biológico hasta los 10 m de profundidad. Considerando condiciones de seguridad, fueron seleccionadas seis localidades entre el sur y el norte: en el sur, la Bahía Braithwaite, localmente conocida como "La Braulia", la Bahía Binnars en su parte nominada "Playa Gringos" y la Bahía Jorge Vargas Lozano; en el lado oeste, la Bahía Grayson o "Palma Sola" y la Bahía Blanca, la cual contiene dos cuerpos de agua separados por una planicie que da origen al Cabo Henslow; Finalmente, en la parte norte la Bahía Academia o "Playa Norte", que en realidad son dos pequeñas bahías separadas por el Cabo Middleton.
  
- Verificación de grandes grupos en campo: Los especímenes colectados se fijaron en formol o alcohol y fueron determinados o identificados hasta especie mediante claves en el laboratorio. De tres especies de moluscos se hizo un análisis biométrico y poblacional.

## **Resultados y Discusión**

### **Descripción del área de costa**

La Isla Socorro presenta poca variación fisiográfica en la costa; en general, se caracteriza por constituirse de roca ígnea consolidada con presencia de grandes piedras rodadas; no obstante, existen algunas pequeñas playas arenosas o areno-pedregosas las cuales no son favorables para el crecimiento de algas o de organismos sésiles, salvo en fondos arenosos de escasa profundidad.

Las localidades de muestreo, tienen de igual manera, características topográficas semejantes entre sí; costa conformada por acantilados de altura variable, en cuyas partes bajas se observan roqueríos, grandes piedras y cantos rodados; en ocasiones existen elementos arrecifales gruesos así como grava y arenas de origen ígneo y biogénico, ésto por lo regular al interior de las bahías.

Tanto en los acantilados como en la zona de grandes rocas desprendidas, existen formaciones o rupturas como son grietas, cavernas y oquedades de muy variadas dimensiones que reciben el golpeo constante del oleaje; es en esta zona en donde prospera variada fauna y flora bentónicas, no obstante la muy limitada amplitud de la franja intermareal.

Por las reducidas dimensiones de la Isla Socorro (perímetro menor a 50 km), en el medio marino no se manifiestan diferencias climáticas localizadas.

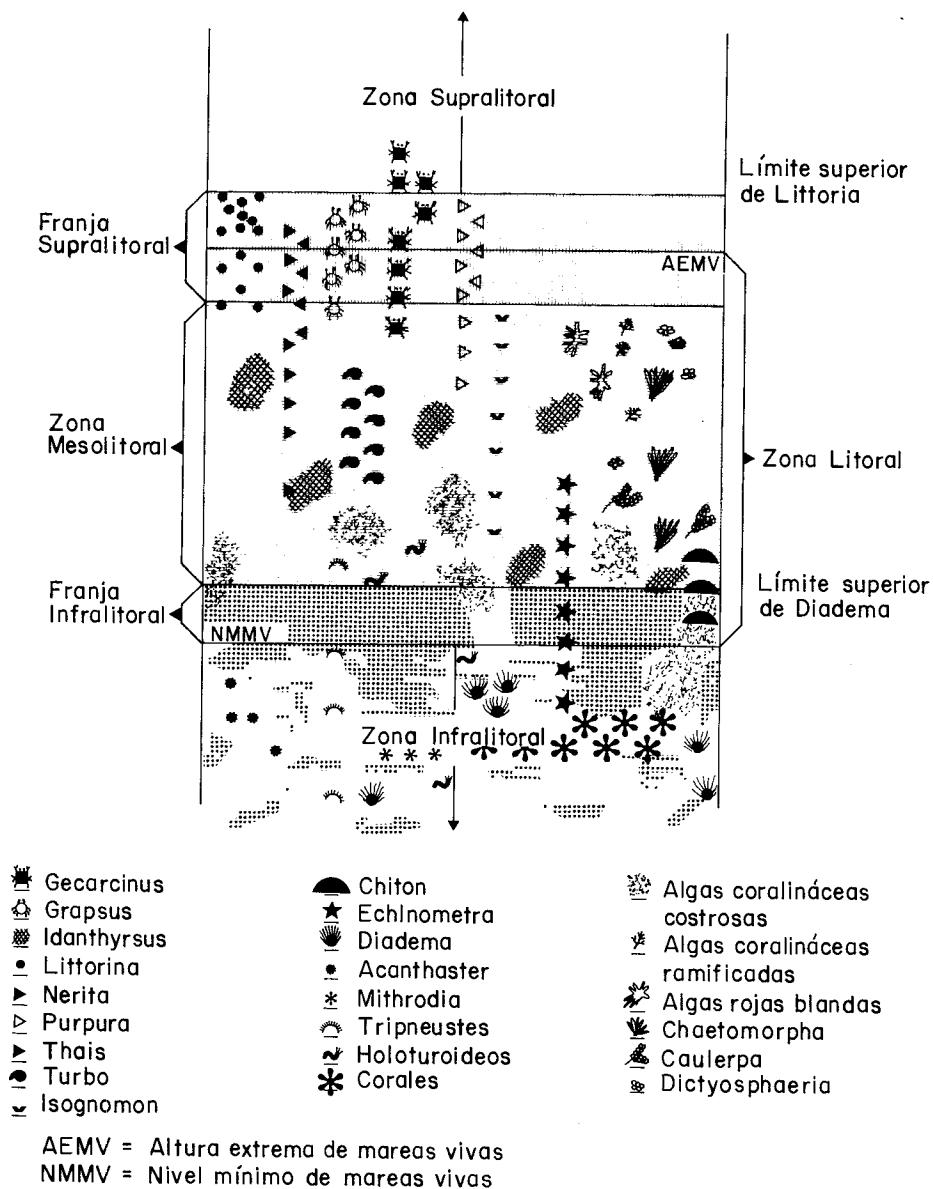
### **Características biológicas**

Stephenson y Stephenson (1972), refieren que tanto animales como plantas marinas habitantes de la costa rocosa y playas no están dispuestos al azar; de las partes altas y secas a las partes bajas del mesolitoral, la densidad de especies no sólo cambia sino que se incrementa en variedad, ésto trae como resultado la conformación de estratos o franjas horizontales de especies indicadoras o propias de niveles particulares (Fig. 1).

Desde el punto de vista ecológico, los organismos bentónicos desempeñan un papel preponderante dentro del ecosistema en su calidad de productores primarios (micro y macroalgas) y de consumidores primarios y secundarios (diversos organismos detritívoros, suspensívoros, filtradores, perforadores, raspadores, etc.) de formas gregarias, solitarias, sésiles, sedentarias, libres o errantes, los cuales son a su vez la base alimenticia de aquellas especies predatoras ligadas al estrato rocoso o a las colonias de coral, como pueden ser los cefalópodos y gran variedad de peces e inclusive aves.

Existen muchos factores que condicionan la existencia, distribución vertical y densidad de invertebrados y algas bentónicos, entre ellos el sustrato (rocoso, pedregoso, arenoso, calcáreo, o alguna combinación de estos); el golpe del oleaje y la variación diurna y nocturna en los niveles de marea, son en cierta medida favorables para determinadas especies, o bien, desfavorables para otras.

Las algas e invertebrados que ocupan la franja intermareal están adaptados a las variaciones de nivel de mareas; no obstante, el estrés de desecación y exposición aérea se incrementa hacia lo alto del declive costero; la temperatura es un factor consecuente a esta condición, e influye de manera particular en la distribución estratificada de la biota bentónica. Cuando los organismos están sumergidos, durante la pleamar, la temperatura y la salinidad son relativamente poco variables, pero cuando están emergidos, en bajamar, se encuentran expuestos a condiciones atmosféricas cambiantes por períodos relativamente grandes.



**Figura 1.** Modelo de estratificación de la franja costera de Isla Socorro, con representación de géneros indicadores, tomando el sistema de clasificación de niveles que dan Stephenson y Stephenson (1972).



De tal manera, en el supralitoral prosperan formas muy resistentes a la insolación y desecación; otras especies, están más adaptadas al flujo y reflujos de las mareas y habitan la franja intermareal; algunas otras son propias del frente de olas, especialmente en los límites del mesolitoral e infralitoral y otras más viven por debajo de la influencia del oleaje, en condiciones más estables sobre fondos rocosos, coralíferos o arenosos (Fig. 2).

Respecto a las pozas de marea del mesolitoral, los organismos que las habitan, aún cuando permanentemente se encuentren cubiertos de agua, soportan grandes fluctuaciones de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno, dependiendo del ritmo de mareas, de la profundidad de la poza y del volumen de agua contenido en la misma.

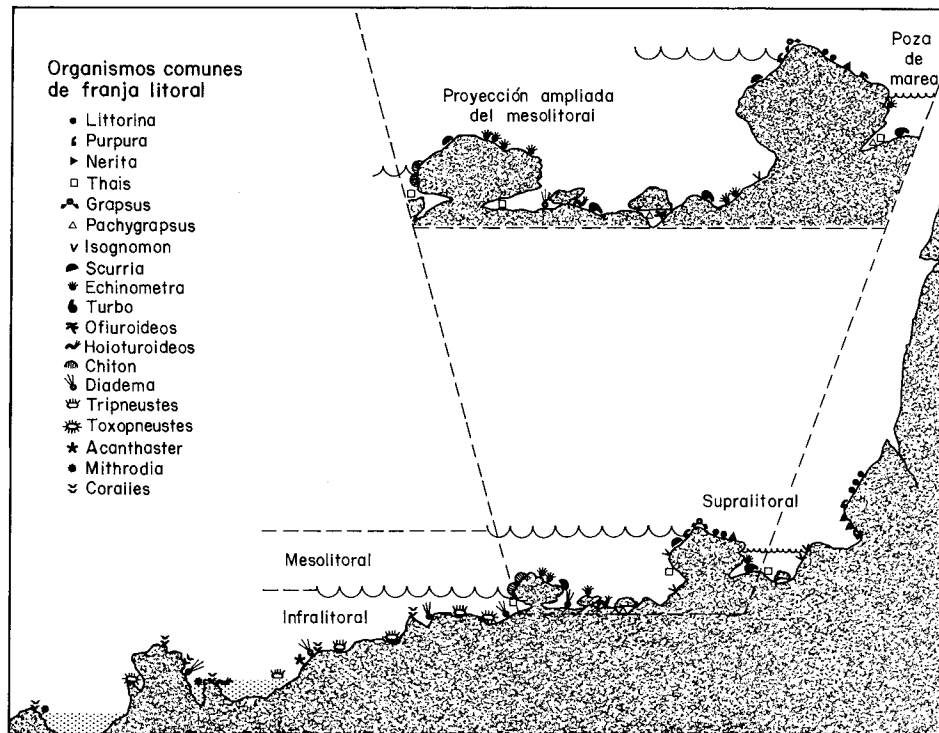
Tales factores, en sus extremos (altas o bajas temperaturas, elevadas concentraciones salinas y bajos niveles de oxígeno) son ciertamente letales para aquellos organismos no adaptados a estos microhábitats. Por ello, una variedad de formas prosperan en condiciones menos adversas bajo las piedras y en refugios de características diversas.

La densidad de las poblaciones en franja litoral también está dada por el efecto de competencia inter e intraespecífica por alimento y espacio, así podemos observar que el gasterópodo *Turbo funiculosus* es muy abundante en pozas y zonas protegidas en estadios juveniles y los organismos de tallas grandes se desplazan a niveles inferiores en donde encuentran condiciones de alimento más propicias. Otros herbívoros y raspadores, tales como lapas y erizos influyen sobre la distribución y abundancia de algas; de igual manera, los carnívoros como por ejemplo *Purpura* sp. y *Thais* sp., de hábitos alimenticios selectivos, determinan gradientes de existencia de especies presa.

Debido a que la isla Socorro emerge desde profundidades mayores a los 3000 metros y a la lejanía del continente, no se puede conjeturar acerca de la posibilidad de su interconexión terrestre o por umbral somero con el macizo continental en épocas geológicas pasadas, pero sí se puede sostener que ésta sea una de las razones para que hayan evolucionado algunas especies nativas o endémicas.

No obstante, se deduce que la gran mayoría de las formas bentónicas que habitan las aguas que bañan a la isla se han desarrollado a partir del transporte de estadios planctónicos por las corrientes marinas superficiales que confluyen en la región del Archipiélago Revillagigedo, provenientes éstas de tres sistemas de corrientes: la Corriente de California, la Corriente Norecuatorial y masas de agua que tienen su origen en el Golfo de California (Brusca y Wallerstein, 1979).

La convergencia de masas de agua de diverso origen, incluyendo las aguas recalentadas de la Corriente de California en su tránsito por la Península de Baja California, da un carácter tropical a la región del Archipiélago Revillagigedo, encontrando que las aguas superficiales adyacentes a Isla Socorro sobrepasan siempre los 20 °C, lo cual permite la presencia de corales. De hecho, la gran mayoría de especies de algas e invertebrados presentes en la Isla Socorro habitan la costa tropical del Pacífico americano, esto es, en la llamada en térmi-



**Figura 2.** Representación esquemática del ambiente rocoso en la franja litoral de la Isla Socorro y distribución altitudinal de algunos géneros que la caracterizan.

nos zoogeográficos Provincia Panámica; en menor número se encuentran representantes de la Provincia Californiana y del Indopacífico Occidental.

Actualmente, cuando la ecología cobra un papel preponderante y las diversas esferas científicas y políticas reclaman avocarse al conocimiento y protección de los recursos naturales, es difícil pensar en un estudio que no integre conocimientos florístico-faunísticos y ecológicos de todo un sistema insular.

La presencia del ser humano y de especies introducidas tiende a modificar el equilibrio natural de un ecosistema terrestre o marino; tal es el caso por ejemplo, de la captura desmedida de las langostas de la Isla Socorro *Panulirus penicillatus* en toda la isla y la actual extracción selectiva de los moluscos: *Turbo funiculosus* y *Chiton articulatus* en las regiones sur y oriental, además del riesgo que corren otras especies de suma fragilidad, entre ellas las de corales y biota asociada al coral.

Entre los invertebrados, el Phylum Mollusca es el más diverso en toda la franja litoral de la isla, siendo la clase Gastropoda dominante; en orden de importancia, por el número de especies le siguen: Arthropoda, Annelida, Echinodermata, Coelenterata y Sipuncula (Cuadros 1-4). Las algas marinas, son por su parte bastante diversificadas (Cuadro 5), aun cuando no forman grandes conglomerados, salvo las especies coralinas que se extienden a manera de costra sobre la superficie de rocas, piedras y aún sobre invertebrados.

En la franja supralitoral, zona de transición entre los ambientes marino y terrestre, interactúan diversas especies, desde algunos crustáceos y gasterópodos con respiración aérea, pero que para ellas el medio acuático es vital, hasta organismos propiamente terrestres que transitan o pueden ocupar temporalmente este ambiente.

**Cuadro 1.** Lista sistemática de anélidos identificados de Isla Socorro\*

- 
- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Naineris</i> sp.             | 12. <i>Eunice</i> sp.              |
| 2. <i>Cirriformia punctata</i>     | 13. <i>Lumbrineris zonata</i>      |
| 3. <i>Cirriformia spirabrancha</i> | 14. <i>Pherusa papillata</i>       |
| 4. <i>Anaitides mucosa</i>         | 15. <i>Loimia</i> sp.              |
| 5. <i>Iphione muricata</i>         | 16. <i>Terebella</i> sp.           |
| 6. <i>Trypanosyllis</i> sp.        | 17. <i>Idanthysus pennatus</i>     |
| 7. <i>Odontosyllis</i> sp.         | 18. <i>Eupomatus dianthus</i>      |
| 8. <i>Pseudosyllides</i> sp.       | 19. <i>Spirobranchus giganteus</i> |
| 9. <i>Branchiosyllis</i>           | 20. <i>Spirorbis marioni</i>       |
| 10. <i>Euritoë complanata</i>      | 21. <i>Pseudovermilopsis</i> sp.   |
| 11. <i>Lysidice ninetta</i>        |                                    |
- 

\* identificadas por Ma. de J. Parra A.

En la franja supralitoral, zona de transición entre los ambientes marino y terrestre, interactúan diversas especies, desde algunos crustáceos y gasterópodos con respiración aérea, pero que para ellas el medio acuático es vital, hasta organismos propiamente terrestres que transitan o pueden ocupar temporalmente este ambiente.

Las especies de moluscos incluidas en los géneros *Littorina* y *Nerita* y de los artrópodos *Ligia* y *Gecarcinus* son propias del supralitoral; otros moluscos: *Isognomon*, *Scurria*, *Fissurella*, *Collisella*, *Serpulorbis*, y *Petalococonchus*, así como las algas coralináceas *Lithothamnion* y *Lithophyllum* y las clorofíceas *Enteromorpha*, *Ulva* y *Chaetomorpha* dominan en la superficie de piedras y rocas del mesolitoral que quedan descubiertas en bajamar. *Thais* y el cangrejo *Grapsus*, aún cuando llegan al supralitoral son más frecuentes en el mesolitoral; en cambio *Purpura* habita tanto el supra como el mesolitoral.

**Cuadro 2.** Lista sistemática de equinodermos, celenterados y sipuncúlidos identificados de la Isla Socorro\*

---

#### ECHINODERMATA

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Eucidaris thowarsii</i>   | 9. <i>Ophioderma variegatum</i>    |
| 2. <i>Diadema mexicanum</i>     | 10. <i>Ophioderma panamense</i>    |
| 3. <i>Echinometra oblonga</i>   | 11. <i>Ophiocoma aetiops</i>       |
| 4. <i>Echinometra vanbrunti</i> | 12. <i>Ophiocoma alexandri</i>     |
| 5. <i>Toxopneustes roseus</i>   | 13. <i>Holothuria leucospilota</i> |
| 6. <i>Tripneustes depressus</i> | 14. <i>Holothuria</i> spp. (3 esp) |
| 7. <i>Acanthaster elisii</i>    | 15. <i>Cucumaria</i> sp.           |
| <i>pseudoplanci</i>             |                                    |
| 8. <i>Mithrodia bradleyi</i>    |                                    |

#### COELENTERATA

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. <i>Pocillopora eidouxy</i> **   | 5. <i>Pavona gigantea</i> **                                |
| 2. <i>Pocillopora meandrina</i> ** | 6. <i>Psamonocora superficialis</i> ó <i>P. bighamai</i> ** |
| 3. <i>Porites lobata</i>           | 7. <i>Tubastrea</i> sp.**                                   |
| 4. <i>Porites verrucosa</i> **     | 8. <i>Cicloceris</i> sp.**                                  |

#### SIPUNCULA

1. *Phascolosoma agassizii*

---

\* Especies identificadas por S. Mille, A. Pérez y O. Holguín  
 \*\* Castellanos y Ketchum (Com. personal)

**Cuadro 3.** Lista sistemática de moluscos identificados de Isla Socorro.\*

- 
- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. <i>Barbatia bailyi</i><br><i>descemcostata</i>         | 31. <i>Fissurella</i>            |
| 2. <i>Brachidontes adamsianus</i>                         | 32. <i>Hipponix panamensis</i>   |
| 3. <i>Lithophaga aristata</i>                             | 33. <i>Hipponix pilosus</i>      |
| 4. <i>Lithophaga plumula</i>                              | 34. <i>Littorina aspera</i>      |
| 5. <i>Lithophaga spatiosa</i>                             | 35. <i>Littorina modesta</i>     |
| 6. <i>Isognomon janus</i>                                 | 36. <i>Littorina pullata</i>     |
| 7. <i>Ostrea fisheri</i>                                  | 37. <i>Mitra tristis</i>         |
| 8. <i>Chama squamuligera</i>                              | 38. <i>Murexiella vittata</i>    |
| 9. <i>Gastrochaena ovata</i>                              | 39. <i>Coralliophila nux</i>     |
| 10. <i>Collisella discors</i>                             | 40. <i>Quoyula madreporarum</i>  |
| 11. <i>Collisella mitella</i>                             | 41. <i>Nerita funiculata</i>     |
| 12. <i>Collisella strigatella</i>                         | 42. <i>Nerita scabricosta</i>    |
| 13. <i>Notoacmea fascicularis</i>                         | 43. <i>Rissoina stricta</i>      |
| 14. <i>Scurria mesoleuca</i>                              | 44. <i>Terebra ornata</i>        |
| 15. <i>Capulus sericeus</i>                               | 45. <i>Purpura columellaris</i>  |
| 16. <i>Casmaria vivexmexicana</i>                         | 46. <i>Purpura pansa</i>         |
| 17. <i>Cerithium maculosum</i>                            | 47. <i>Thais planospira</i>      |
| 18. <i>Columbella socorroensis</i>                        | 48. <i>Thais speciosa</i>        |
| 19. <i>Mitrella baccata</i>                               | 49. <i>Turbo funiculosus</i>     |
| 20. <i>Olivella dama</i>                                  | 50. <i>Heliacus coelatus</i>     |
| 21. <i>Volvarina taeniolata</i><br><i>bicanaliculatus</i> | 51. <i>Heliacus</i>              |
| 22. <i>Conus brunneus</i><br><i>complicatus</i>           | 52. <i>Petaliconchus</i>         |
| 23. <i>Conus nux</i><br><i>margaritaceus</i>              | 53. <i>Serpulorbis</i>           |
| 24. <i>Conus tiaratus</i>                                 | 54. <i>Dolabella californica</i> |
| 25. <i>Cypraea arabicula</i><br><i>longicauda</i>         | 55. <i>Stylocheilus</i>          |
| 26. <i>Cypraea isabellamexicana</i>                       | 56. <i>Chiton articulatus</i>    |
| 27. <i>Latirus socorroensis</i>                           | 57. <i>Radsiella petaloides</i>  |
| 28. <i>Diodora inaequalis</i>                             | 58. <i>Radsiella muscaria</i>    |
| 29. <i>Fissurella morrisoni</i>                           | 59. <i>Mopalia muscosa</i>       |
| 30. <i>Fissurella spongiosa</i>                           | 60. <i>Octopus bimaculatus ?</i> |
- 

\* Especies identificadas por S. Mille, O. Holguín y Alicia Pérez

**Cuadro 4.** Lista sistemática de artrópodos identificados de Isla Socorro \*

---

1. <i>Tainadaceo</i> sp.	26. <i>Daira americana</i>
2. <i>Balanomorpha</i> sp.	27. <i>Domecia hispida</i>
3. <i>Semibalanus</i> sp.	28. <i>Trapezia digitalis</i>
4. <i>Ligia exotica</i> <i>ferruginea</i>	29. <i>Trapezia cymodoce</i>
5. <i>Gonodactylus zacae</i>	30. <i>Actaea sulcata</i>
6. <i>Synalpheus biunguiculatus</i>	31. <i>Actaea dovii</i>
7. <i>Synalpheus digueti</i>	32. <i>Xanthidae</i> sp.
8. <i>Synalpheus nobilli</i>	33. <i>Carpiloides cinctimanus</i>
9. <i>Synalpheus charon</i>	34. <i>Platypodia rotundata</i>
10. <i>Alpheus lottini</i>	35. <i>Micropanope xantusii</i>
11. <i>Panulirus penicillatus</i>	36. <i>Thoe sulcata sulcata</i>
12. <i>Tetraclita</i> sp. <i>tuberculatus</i>	37. <i>Mithrax</i> ( <i>Mithrax</i> )
13. <i>Gecarcinus planatus</i>	38. <i>Herbstia tumida</i>
14. <i>Grapsus grapsus</i>	39. <i>Microphrys platysoma</i>
15. <i>Pachygrapsus transversus</i>	40. <i>Acanthonyx petiverii</i>
16. <i>Geograpsus lividus</i>	41. <i>Eucinetops rubellula</i>
17. <i>Ligia exotica</i>	42. <i>Pelia pacifica</i>
18. <i>Percnon gibbesi</i>	43. <i>Petrolisthes edwardsii</i>
19. <i>Planes minutus</i>	44. <i>Petrolisthes tonsorius</i>
20. <i>Pinnotheres concharum</i>	45. <i>Petrolisthes crenulatus</i>
21. <i>Xanthodius cooksoni</i>	46. <i>Petrolisthes</i> sp.
22. <i>Ozius tenuidactylus</i>	47. <i>Pachycheltes biocellatus</i>
23. <i>Ozius perlatus</i>	48. <i>Diomene ursula</i>
24. <i>Ozius verreauxi</i>	49. <i>Coenobita compressus</i>
25. <i>Cataleptodius occidentalis</i>	50. <i>Calcinus explorator</i>

---

\* Especies identificadas por S. Mille y F. Cruz

Por otra parte, existen en abundancia organismos que son del mesolitoral pero que no toleran la exposición aérea: Los moluscos representados en los géneros *Turbo*, *Mitrella*, *Chama*, *Cerithium*, *Hipponix*, *Barbatia*, *Columbella*, *Mopalia* y *Radsia*, entre otros; los anélidos en general; los crustáceos *Ozius*, *Pachygrapsus*, *Calcinus*, *Xanthodius* y *Petrolisthes*, entre otros; los ofiuroides, holothuroideos, algunos erizos y anémonas *Palythoa*, permanentemente habitan áreas anegadas del mesolitoral, bien sea en el fondo, en cavidades o bajo piedras de las pozas de marea y aún a profundidades someras en el infralitoral superior.

En el mesolitoral inferior e infralitoral superior, se encuentra además una gran variedad de formas de algas, entre las que destacan especies pertenecientes a

Cuadro 5. Lista sistemática de algas marinas identificadas de Isla Socorro \*

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1. <i>Enteromorpha flexuosa</i>                            | 32. <i>Wurdemaniania miniata</i>   |
| 2. <i>Ulva</i> sp.<br><i>prototypus</i>                    | 33. <i>Hildebrandthia</i>          |
| 3. <i>Chaetomorpha gracilis</i>                            | 34. <i>Psyssonelia rubra</i>       |
| 4. <i>Cladophora</i> sp.                                   | 35. <i>Melobesia membranacea</i>   |
| 5. <i>Neomeris vanbosse</i>                                | 36. <i>Lithothamium pacificum</i>  |
| 6. <i>Acetabularia parvula</i>                             | 37. <i>Fosliella farinosa</i>      |
| 7. <i>Etnodesmis verticillata</i>                          | 38. <i>Hydrolithon conicum</i>     |
| 8. <i>Siphonocladus tropicus</i>                           | 39. <i>Lithophyllum decipiens</i>  |
| 9. <i>Dictyosphaeria australis</i>                         | 40. <i>Lithophyllum imitans</i>    |
| 10. <i>Cladophoropsis membranacea</i>                      | 41. <i>Lithophyllum lichenare</i>  |
| 11. <i>Bryopsis galapagensis</i>                           | 42. <i>Amphiroa crosslandii</i>    |
| 12. <i>Caulerpa fastigiata</i>                             | 43. <i>Amphiroa taylorii</i>       |
| 13. <i>C. racemosa</i> v. <i>laetivirens</i>               | 44. <i>Amphiroa drouetii</i>       |
| 14. <i>C. racemosa</i> v. <i>occidentalis</i>              | 45. <i>Jania capillacea</i>        |
| 15. <i>C. peltata</i>                                      | 46. <i>Hypnea cervicornis</i>      |
| 16. <i>Chlorodesmis mexicana</i>                           | 47. <i>Hypnea</i> sp.              |
| 17. <i>Giffordia duchassaingiana</i><br><i>martinensis</i> | 48. <i>Gymnogongrus</i>            |
| 18. <i>Sphacelaria hancoki</i>                             | 49. <i>Gelidiopsis tenuis</i>      |
| 19. <i>Dictyota crenulata</i>                              | 50. <i>Champia parvula</i>         |
| 20. <i>Dictyota dichotoma</i>                              | 51. <i>Ceramium gracillimum</i>    |
| 21. <i>Padina crispata</i>                                 | 52. <i>Centroceras clavulatum</i>  |
| 22. <i>Ralfsia californica</i>                             | 53. <i>Dasya sinicola</i> v.       |
| 23. <i>Sargassum howellii</i>                              | 54. <i>Polysiphonia sonorensis</i> |
| 24. <i>Asterocytis ramosa</i>                              | 55. <i>P. flaccidissima</i>        |
| 25. <i>Erythrocladia subintegra</i>                        | 56. <i>Digenia simplex</i>         |
| 26. <i>Galaxaura filamentosa</i>                           | 57. <i>Herposiphonia tenella</i>   |
| 27. <i>Asparagopsis taxiformis</i>                         | 58. <i>Herposiphonia secunda</i>   |
| 28. <i>Falkenbergia hillebrandii</i>                       | 59. <i>Erythroocystis saccata</i>  |
| 29. <i>Gelidiella acerosa</i>                              | 60. <i>Laurencia richardsii</i>    |
| 30. <i>Gelidium pusillum</i>                               | 61. <i>Laurencia hancockii</i>     |
| 31. <i>Pterocladia musciformis</i>                         | 62. <i>Laurencia clarionensis</i>  |

\* Listado tomado de Huerta y Garza-Barrientos (1975), con anexión de *Ulva* sp.

los géneros: *Caulerpa*, *Dictyota*, *Padina*, *Sargassum*, *Dictyosphaeria*, *Amphiroa*, *Jania*, *Acetabularia*, *Laurencia* y algas filamentosas, en asociación con fauna diversa.

El poliplacóforo *Chiton articulatus* y el erizo *Echinometra* spp. son especies que viven en la superficie de las rocas expuestas en el nivel de rompientes, sobre

la línea que separa el mesolitoral del infralitoral, especialmente donde prosperan algas costrosas, diatomeas y mixofíceas. No obstante, *Echinometra* también se encuentra por debajo de este nivel.

Las especies de equinodermos incluídas en los géneros: *Diadema*, *Eucidaris*, *Tripneustes*, *Toxopneustes*, *Acanthaster*, *Mithrodia* y también algunos ofiuroideos; los moluscos *Cypraea* y *Conus*; la langosta *Panulirus*; los corales, *Pocillopora*, *Porites* y otros, son propios del infralitoral. En este nivel existen algas en escasa cantidad pero de variadas formas como pueden ser representantes de los géneros: *Etnodesmis*, *Caulerpa*, *Ralfsia*, *Sargassum*, *Asparagopsis*, *Fosliella*, *Amphiroa* y *Gymnogangrus*.

Los invertebrados bentónicos presentes en la Isla Socorro que son utilizables o apreciados por el hombre, podemos dividirlos en:

a). Aquellos en que el valor comercial radica en su empleo directo como alimento para el ser humano, y que por sus niveles de abundancia y tallas que alcanzan pueden ser comercialmente explotables, por ejemplo: Los moluscos *Turbo funiculosus*, *Chiton articulatus* y *Octopus sp.*; los crustáceos *Panulirus interruptus* y *Gecarcinus planatus* y posiblemente el equinodermo *Echinometra spp.*

b). Aquellos que son codiciados por su belleza, rareza o utilidad para la confección de artesanías y teñido de prendas, por ejemplo: Los corales en general; los moluscos *Thais*, *Purpura*, *Turbo*, *Littorina*, *Nerita*, *Scurria*, *Collisella*, *Fissurella*, *Cerithium*, *Columbella*, *Olivella*, *Conus* y *Cypraea*, entre otros, y los equinodermos *Eucidaris*, *Toxopneustes*, *Tripneustes*, *Acanthaster*, *Mithrodia*, así como algunos pequeños artrópodos.

Por las características de la estrecha franja litoral de la Isla Socorro, todas las especies que la habitan son susceptibles de sufrir alteraciones o daños en su estructura poblacional; por lo general, cualquier especie por pequeña que sea o insignificante que parezca, recibe el impacto de la presencia del ser humano cuando éste llega a la busca de un objeto de pesca o simplemente en plan de recreo, ya que remueve el fondo, destruye nichos, extrae indiscriminadamente, sobre todo tallas reproductoras y contamina el hábitat.

Con referencia al estado actual de las poblaciones bentónicas y especies de interés económico de la Isla Socorro, hasta 1992 posiblemente no se había recabado mayor información sobre composición por tallas, densidades por área y otros parámetros cuantitativos (Holguín *et al.*, 1992; Holguín, 1993).

Las langostas en la Isla Socorro, han sido entre los invertebrados, el objeto de pesca más codiciado. A diferencia de la captura selectiva por tallas, conforme a normas establecidas por la SEPESCA, que se ha llevado a cabo con el empleo de trampas en la Isla Clarión, Revillagigedo (Holguín, 1974b), en la Isla Socorro no existe un control efectivo para evitar la extracción indiscriminada de la especie, ya que las capturas se realizan con el empleo de equipos de buceo au-



tónimo; por ejemplo, es frecuente observar en diferentes puntos de la isla, la presencia de yates extranjeros que portan equipos de buceo y buzos mexicanos que extraen el recurso, no obstante que las autoridades navales estacionadas en la isla ejercen vigilancia sobre las actividades de los visitantes.

Otras especies de interés, como ya se ha dicho anteriormente, sobre todo para los pobladores de la isla, son los moluscos *Chiton articulatus* y *Turbo funiculosus*, de los cuales es aprovechado el pie o callo. El caracol de tinte *Purpura pansa*, es de gran valor para los habitantes ribereños de Oaxaca, Michoacán y Jalisco, el cual segrega un líquido que es utilizado en la tinción de prendas de vestir, principalmente artesanales. Turok, *et al.* (1988), reportan escasez de tallas mayores a 40 mm, como resultado de esta explotación.

En Isla Socorro, hemos corroborado la abundancia de organismos de esta especie, sin discriminar sexos, mayores a los 40 mm (Fig. 3), con valores entre 9.5 y 90 mm; a manera de ejemplo, se representa la relación del peso en la talla en un lote de individuos muestreados en cinco diferentes puntos de la isla (Fig. 4), información que puede ser de alguna utilidad en caso de permitirse la explotación de este recurso.

El gasterópodo *Turbo funiculosus* alcanza tallas hasta de 85 mm, especialmente en la región norte de la isla; en las (Figs. 5 y 6) se muestra la relación entre peso y tallas de esta especie para el sur y el norte de la isla; estos organismos no solamente tienen utilidad por su "callo", sino que la concha pulida es de empleo artesanal y adquiere un alto valor decorativo, tal es el caso de *Turbo fluctuosus* del Golfo de California.

En la costa tropical del Pacífico mexicano, el pie del poliplacóforo *Chiton articulatus* es consumido por los pobladores, debido a ello, raramente se encuentran tallas mayores a los 60 mm; en cambio, en Isla Socorro, los individuos mayores a esta medida son abundantes (Figs. 7 y 8); estos moluscos se encuentran en toda la isla con tallas mínimas de 14 mm y máximas de 110 mm.

Con respecto a densidades por área, para *Purpura pansa* se han encontrado valores medios de 0.28 organismos por metro cuadrado, con variaciones entre 0 y 16 orgs/m<sup>2</sup>; de *Turbo funiculosus* la densidad media es de 8.76 orgs/m<sup>2</sup>, con valores que van desde 0.72 hasta 19.3 orgs/m<sup>2</sup> y en *Chiton articulatus* la densidad media es del orden de 4.76 orgs/m<sup>2</sup>, con valores desde 0 hasta 45 orgs/m<sup>2</sup>.

El cangrejo conocido con el nombre de "moyo" *Gecarcinus planatus*, llega a ser aprovechado para consumo humano en ciertas áreas de la costa del Pacífico mexicano; por su abundancia en la isla y las grandes tallas que alcanza, representa asimismo un recurso potencial.

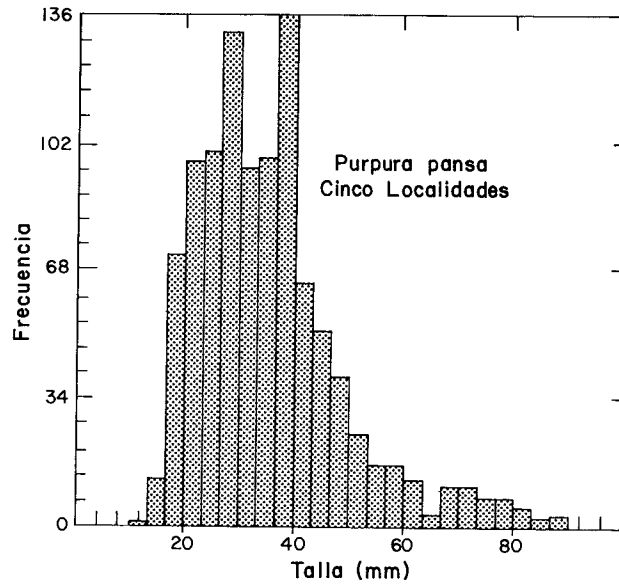


Figura 3. Histograma de frecuencias de tallas para *Purpura pansa* de cinco localidades en la Isla Socorro. Marzo de 1992.

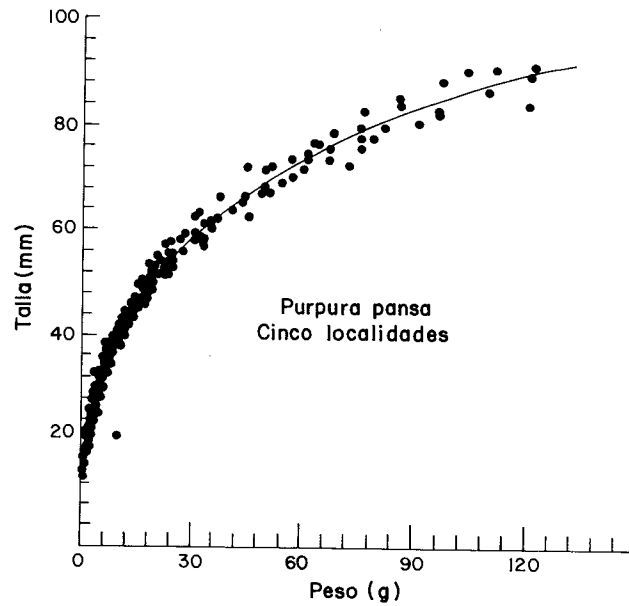


Figura 4. Regresión peso-talla para *Purpura pansa* de cinco localidades de la Isla Socorro. Marzo de 1992.

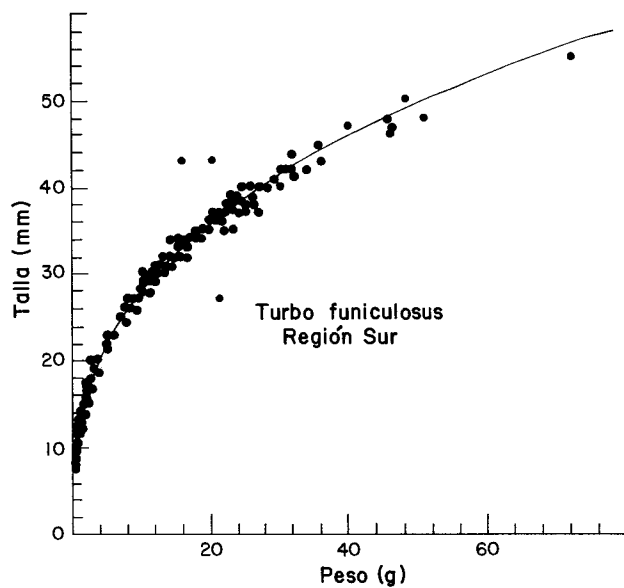


Figura 5. Regresión peso-talla para *Turbo funiculosus* al sur de la Isla Socorro. Marzo de 1992.

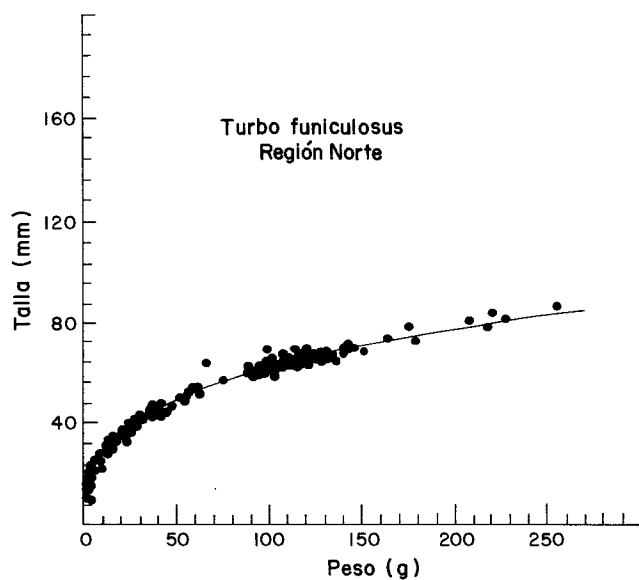


Figura 6. Regresión peso-talla para *Turbo funiculosus* al norte de la Isla Socorro. Marzo de 1992.

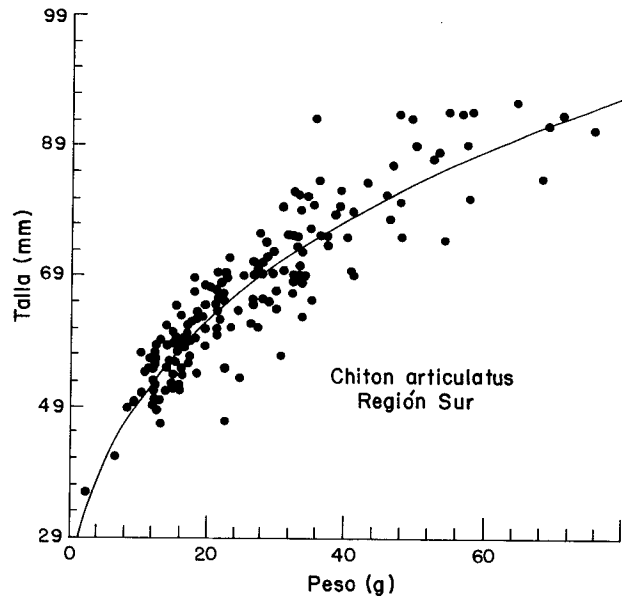


Figura 7. Regresión peso-talla para *Chiton articulatus* al sur de la Isla Socorro. Marzo de 1992.

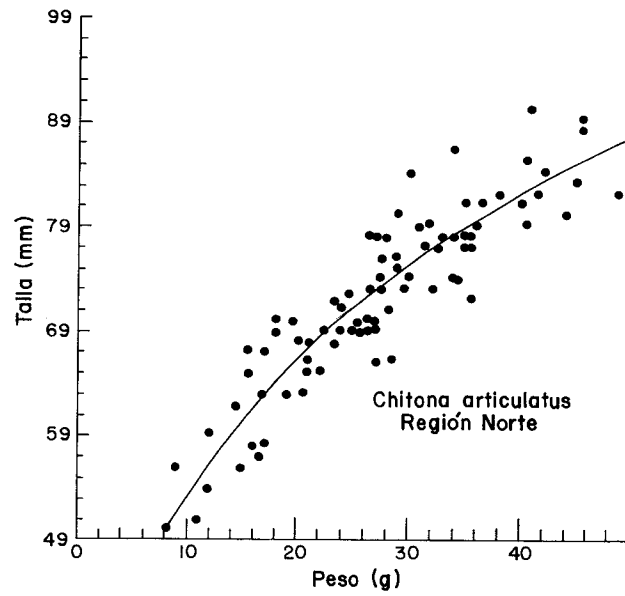


Figura 8. Regresión peso-talla para *Chiton articulatus* al norte de la Isla Socorro. Marzo de 1992.

Estas últimas cuatro especies, no han sido mayormente afectadas en su distribución y niveles de abundancia en la isla, no obstante, aunque en las curvas peso-talla esto no se manifiesta, *Turbo* y *Chiton*, en sus tallas mayores son proporcionalmente menos frecuentes al sur de la isla que en el norte, a consecuencia de la extracción selectiva de que son objeto.

La franja de costa, las aguas y los fondos marinos que circundan la Isla Socorro, así como a otros cuerpos insulares, son sistemas que reúnen condiciones bioecológicas muy especiales y albergan una extraordinaria riqueza biológica; por su fragilidad, están permanentemente expuestos a daños irreversibles, como de hecho ya ocurre en muchas áreas del mar patrimonial y regiones costeras de México. La tarea de conocer las formas de vida de este cuerpo insular nos debe llevar a apreciarlo y valorarlo en su dimensión real; sólo mediante el conocimiento de sus recursos naturales tendremos la capacidad de proteger y conservar para las futuras generaciones este cuerpo insular, patrimonio nacional.

### Agradecimientos

El autor de la presente contribución, agradece ampliamente la colaboración de las Biólogas Silvia R. Mille Pagaza, Alicia Pérez Chi y Ma. de Jesús Parra Alcocer, por su participación en los trabajos de campo e identificación en laboratorio de los especímenes colectados y citados. Asimismo, a los Biólogos Jorge Belmar P., Francisco Cruz V., Rosalba Robles S., J. Carlos Sámano Z. y Ernesto Huerta, se les agradece por los apoyos recibidos.

De manera particular, nuestro reconocimiento a las autoridades del Instituto Politécnico Nacional y de la Secretaría de Marina, de quienes se recibió el apoyo económico y logístico para la realización de las expediciones a la isla Socorro entre 1991 y 1992.

### Literatura citada

- Abbott, R. T. 1974. AMERICAN SEASHELLS. 2ND. EDIT. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Brusca, R. C. 1980. COMMON INTERTIDAL INVERTEBRATES OF THE GULF OF CALIFORNIA. 2nd. Edit. The University of Arizona Press. Tucson.
- Brusca, R. C. y B. R. Wallerstein. 1979. The marine isopod crustaceans of the Gulf of California. II Idoteidae: new genus and species, range extentions and comments of evolution and taxonomy with the family. PROC. SOC., WASH. 91(2): 253-271.
- Caso, M. E. 1962. ESTUDIOS SOBRE EQUINODERMOS DE LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. Tomo XXXIII (1 y 2): 293-330.
- Chan, G. L. 1974. REPORT OF BIOLOGICAL OBSERVATIONS OF THE REVILLAGIGEDO EXPEDITION. NAUI

- Bio-Marine Exploration Seminar, College of Main. Kentfield, California 94904, USA: 41 figs.
- Garth, J. S. 1958. BRACHYURA OF THE PACIFIC COAST OF AMERICA OXYRHYNCHA. Allan Hancock Pacific Expeditions. Vol. 21.
- Herrera, T. 1960. La agrobacteriología y la microflora, p. 181-250. IN: LA ISLA SOCORRO, ARCH. REVILLAGIGEDO. Monog. Inst. Geofísica, UNAM. p 181-200
- Holguín, Q. O. 1974b. NOTAS SOBRE EL RECURSO LANGOSTERO DE ISLA CLARIÓN. Inst. Nal. de Pesca. Bol. Inf. 18: 1-18. EIP. La Paz, BCS.
- Holguín, Q. O. S. Mille y A. Pérez. 1992. Resultado de las campañas de muestreo de 1991 para el estudio del bentos marino de Isla Socorro, Revillagigedo. REV. ZOOLOGIA INFORMA, ENCB. 24: 1-20.
- Holguín, Q. O. 1993. Distribución, abundancia y composición peso-talla de Purpura pansa (Mollusca-Gastrópoda) en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. REV. ZOOLOGIA INFORMA, ENCB 25: 24-33.
- Hollenberg, G. J. y E. Y. Dawson. 1961. Marine red algae of pacific Mexico. Part 5. The genus Polysiphonia. PACIFIC NATURALIST 2(6): 435-375. 7 pls.
- Huerta, M. L. y A. M. Garza-Barrientos. 1975. CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA FLORA MARINA DE LAS ISLAS SOCORRO Y SAN BENEDICTO DEL ARCHIPIÉLAGO REVILLAGIGEDO, COLIMA, MEXICO. Inst. Bot. Dpto. Morris, P. A. 1966. A FIELD GUIDE TO PACIFIC COAST SHELLS. 2nd. Edit. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Morris, R. H., D. P. Abbott y E. C. Haderlie. 1980. INTERTIDAL INVERTEBRATES OF CALIFORNIA.
- Ratbun, M. J. 1930. THE CANCROID CRABS OF AMERICA OF THE FAMILIES EURYALIDAE, ATELYCLIDAE, CANGRIDAE AND XANTHIDAE. Smithsonian Institution United States National Museum. Bull. 152.
- Richards, A. F. y B. H. Brattstrom. 1959. Bibliography, cartography, discovery and exploration of the Islas Revillagigedo. PROC. CALIF. ACAD. SCI. vol. XXIX, No. 9, pp. 315-360.
- Rioja, E. 1960. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de las Islas Revillagigedo. AN. INST. BIOL. UNIV. MEX. Tomo 30: 243-259.
- Stephenson, T. A. y A. Stephenson. 1972. LIFE BETWEEN TIDEMARKS ON ROCKY SHORES. W. H. Freeman and Company. San Francisco. 425 pp.
- Strong, M. A. y H. G. Hanna. 1930. Marine mollusca of the Revillagigedo Island, Mexico. PROC. CAL. ACAD. SCI. ser 4. 19(2): 7-12.
- Turok, M., A. Siegler, M. E. Hernández, J. Acevedo, R. Lara y V. Turkott. 1988. EL CARACOL PURPURA. UNA TRADICION MILENARIA EN OAXACA. SEP. Dir. Gral. de Cult. Pop. Prog. Artesanías y culturas populares, 124 pp.
- Villalobos, A. 1960. Notas acerca del aspecto hidrobiológico de la parte sur de Isla Socorro, P. 155-180. IN: MONOGRAFÍAS DEL INST. DE GEOFÍSICA. UNAM.



## CAPITULO 13

**ASPECTOS GENERALES SOBRE LA FAUNA MARINA**

*Jesús Bautista-Romero, Hector Reyes-Bonilla,  
Daniel Bernardo Lluch-Cota y Salvador Emilio Lluch-Cota.*

**Resumen**

Con base en una recopilación de la información disponible sobre la composición específica de la biota marina, se integró un listado de especies para el Archipiélago Revillagigedo de 354 especies, y de 242 para Isla Socorro; incluyendo corales, anélidos, moluscos, crustáceos, equinodermos, peces y otros vertebrados marinos. Se presentan breves notas sobre características biológicas de las especies enlistadas. Se presenta una breve discusión sobre la presencia de especies de origen indopacífico. Se determinó que, aunque variable en función de los grupos, la proporción de especies endémicas de la isla es baja.

**Abstract**

Based on the abridgment of the marine biota available information, a list of the species of the Revillagigedo Archipelago (354) and Socorro Island (242) was integrated, including corals, annelids, mollusks, crustaceans, echinodermatous, fishes and other marine vertebrates. Brief notes on some biological characteristics of the included species are presented. A brief discussion on the presence of Indo Pacific fauna is given. Despite minor variations between groups, the proportion of endemic species of the Socorro island marine biota was found to be small.



## Introducción

El Archipiélago Revillagigedo está formado por cuatro islas oceánicas de origen volcánico: Clarión, Roca Partida, Socorro y San Benedicto. Su ubicación al sureste de Cabo San Lucas, B.C.S., y al este de Colima, permite a México extender notablemente su Zona Económica Exclusiva en el Pacífico Tropical. Las islas del Archipiélago más próximas al continente, San Benedicto y Socorro, se localizan a unos 720 km de Manzanillo, Col. A su vez, éstas se encuentran muy separadas de las otras dos, Roca Partida y, en especial, de Clarión.

Su lejanía ha dificultado la investigación sobre la fauna marina del lugar. Las primeras observaciones para Isla Socorro, referentes mayormente a peces, proceden de las expediciones que investigadores extranjeros realizaron entre finales del siglo pasado y principios del presente (Jordan y MacGregor, 1889; Jordan y Evermann, 1900; Snodgrass y Metler, 1905). A partir de la década de los años 20's se realizaron estudios sobre otros grupos; incluyendo algas, moluscos, y equinodermos (Dallas, 1926; Dallas y Grant, 1926; Fowler, 1944; Hanna, 1926; Healey, 1936; Strong y Dallas, 1930).

Ya para la década de los años 40's se inician prospecciones al Archipiélago por parte de instituciones mexicanas (Medina, 1957). En 1957 se emplaza un sector naval en Isla Socorro, por razones de soberanía nacional, con lo cual la Secretaría de Marina solicitó el apoyo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para estudiar el Archipiélago (Adem *et al.*, 1960). Al respecto, se realizó una expedición en 1958 que resultó en un libro que incluye un capítulo sobre aspectos bióticos marinos del lugar (Villalobos, 1960).

A la fecha, grupos de trabajo de varias instituciones mexicanas visitan Isla Socorro periódicamente, entre otras la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Base Naval de la Secretaría de Marina sector Manzanillo, la Universidad Autónoma de Colima, la Universidad de Guadalajara y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Los avances registrados como resultado de este creciente interés han permitido incluso iniciativas para realizar una reunión internacional, en la que participen todos los investigadores que hayan trabajado en el Archipiélago, con el objeto de presentar un plan de trabajo al gobierno de México sobre la protección y conservación de sus recursos naturales (Holguín-Quifonez, 1993b).

No obstante el creciente conocimiento sobre las especies marinas presentes en la zona en su mayor parte éste se encuentra aún disperso, sin que se haya encontrado durante el desarrollo del presente un documento que concentre la información disponible en un marco de referencia.

## Metodología

Se recopiló la información disponible a través de las bibliotecas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) y del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). Se utilizaron las bases bibliográficas Life Science, Current Contents y Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts, disponibles en el CIBNOR. Finalmente, el trabajo se complementó con observaciones referentes a las colonias coralinas de la zona, realizadas por uno de los autores (Reyes-Bonilla, H.) durante sus expediciones a Isla Socorro.

## Resultados

A continuación se presentan algunas de las especies de corales, moluscos, crustáceos, equinodermos, peces y otros vertebrados cuya presencia se reporta tanto en Isla Socorro como en otras islas del Archipiélago, junto con breves notas sobre aspectos ecológicos y biogeográficos que se consideraron relevantes. Adicionalmente, se incluye un listado faunístico que comprende 243 especies de la isla, así como el resto de las 355 reportadas en las Islas de Revillagigedo.

### a) Corales

Se conocen siete publicaciones que hacen referencia directa a las especies de coral de Isla Socorro. El primer registro formal conocido es el de *Pocillopora capitata* (Verrill, 1868-1870). Casi 100 años después se encontraron a *Pocillopora porosa* y *Pocillopora robusta* (Durham y Barnard, 1952), las cuales son reconocidas como sinónimos menores de *Pocillopora capitata* (Reyes-Bonilla, 1992; Wells, 1983). Villalobos (1960) colectó a *Pocillopora elegans* (sinónimo de *Pocillopora verrucosa*, *sensu* Veron y Pichon, 1976) en varias localidades de la isla. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 1988) menciona la ocurrencia de *Porites californica*, *Pocillopora elegans*, *Tubastraea sp.* y *Bathycyathus sp.* en las Revillagigedo, pero no especifica la isla donde fueron vistos. La primera especie nominal es un sinónimo de *P. panamensis* (Wells, 1983). Holguín-Quiñones *et al.* (1992) presentaron un listado de tres especies encontradas en expediciones realizadas durante 1991, identificadas según Castellanos-Avila y Ketchum-Mejía (1991). Reyes-Bonilla (en prensa) realizó una descripción general de las zonas de coral de Socorro y Clarión, remarcando la importancia de la presencia y abundancia de *Porites lobata* en la localidad. Por último, Reyes-Bonilla y Carriquiry (en prensa) presentan el primer registro de *Psammocora superficialis* para Socorro y el Pacífico mexicano,

discuten la posición taxonómica de este coral, e incluyen un listado de las especies conocidas en la isla. Cabe destacar que se ha mencionado la presencia de corales no identificados en la isla (Vermeij, 1978).

Además de los trabajos referidos existen notas que han recibido poca difusión, debido a su reducido tiraje o a que han sido presentadas en reuniones locales. Chan (1974) describe someramente las zonas de coral de Socorro, Clarión y San Benedicto, y es el primero en mencionar que la fauna de celenterados se compone cuando menos de 3 géneros (*Pocillopora*, *Porites* y *Pavona*). Chávez-Comparán (1980) anotó la presencia de *Pocillopora elegans* (= *P. verrucosa*) en Clarión, y la consideró como la especie dominante en los arrecifes. Este es apenas el tercer registro de especies de coral en Clarión luego del de *Pocillopora ligulata* (Ziesenhenné, 1937), especie incorrectamente identificada, y el de *Cycloseris elegans* (Durham y Barnard, 1952), sinónimo de *Fungia curvata* (Hoeksema, 1989). Castellanos-Avila y Ketchum-Mejía (1991) presentaron nuevos registros de corales para Socorro, y en reuniones posteriores han ofrecido listados más completos (Castellanos-Avila *et al.*, 1992; Ketchum-Mejía y Castellanos-Avila, 1993).

La fauna coralina de Socorro consta al menos de 15 especies pertenecientes a 7 géneros. *Paracyathus humilis* habita en la costa continental y en Clarión; podría vivir también en Socorro, pero no ha sido encontrada aún y no se incluye en el conteo. En Socorro y Clarión resalta la gran abundancia (y en ocasiones dominancia) de una especie masiva, *Porites lobata*, un coral indopacífico que ha colonizado exitosamente América Central (Glynn y Wellington, 1983), pero no la costa continental del Pacífico de México. En ambas islas sus colonias alcanzan tallas y edades considerables, con más de 2 m de altura y alrededor de 200 años. Su abundancia es un caso excepcional, ya que las especies de *Pocillopora* son las más abundantes en el resto de las comunidades de coral conocidas en el Pacífico de México (Reyes-Bonilla, en prensa).

Las especies de *Porites* y *Pocillopora* representan más del 50% de la cobertura relativa de coral sobre el sustrato en Socorro. El resto de los géneros presentan muy bajas abundancias, llegando incluso a ser crípticos. La cobertura coralina absoluta es menor al 30% en la mayoría de las zonas que se han visitado en la Isla Socorro, el espesor de la estructura no rebasa 1.5 m y no se encuentra adecuadamente cementada. Por ello, no es posible afirmar que existan arrecifes coralinos en la localidad.

En Clarión, en cambio, las colonias de *Porites lobata* son muy grandes, y la abundancia de pocilopóridos (corales ramificados) y algas coralinas permite generar el sedimento necesario para afianzar la estructura arrecifal (Ketchum-Mejía, com. pers.). Considerando que Clarión es la isla más vieja del Archipiélago (Brattstrom, 1990), la existencia de arrecifes puede deberse al mayor tiempo de establecimiento de los corales o a la elevada incidencia de ciclones que cruzan la isla o sus alrededores cada año (Anónimo, 1979). Los meteoros elevan la tasa de fragmentación de las colonias, aumentando la cobertura de coral sobre el sustrato. Además los fragmentos de coral muerto y erosionado se incorporan

a la estructura arrecifal, incrementando la cementación.

Este proceso también está ocurriendo en Socorro, por lo que la formación de arrecife puede considerarse en proceso. Ahí la fragmentación ocurre aún fuera de la época de ciclones, debido a la erosión de las cabezas de coral causada por erizos, bivalvos, poliquetos, sipuncúlidos y peces. La destrucción continua de las colonias de *Pocillopora* puede ser una causa indirecta de que *Porites* sea el coral dominante en ambas islas.

En el Anexo se presenta el listado de las 15 especies de corales reportadas para Isla Socorro, y de las 16 presentes en el Archipiélago.

## b) Moluscos

En la siguiente descripción, se mencionan algunas de las especies encontradas en Isla Socorro (Holguín-Quiñones *et al.*, 1992; Villalobos, 1960), así como otras documentadas como fauna del Archipiélago (Bernard *et al.* 1991; Brusca, 1980; González-Nakagawa y Sánchez-Nava, 1986).

Strong y Hanna (1930, citado en González-Nakagawa y Sánchez-Nava, 1986) presentaron para Clarión un listado de especies bentónicas que incluye un total de 43 moluscos. Señalan que la mayoría de los organismos bentónicos en la Isla son fauna de la región Panámica, aunque existe un componente importante de la Californiana y del Indo Pacífico. Tal estimación es similar a lo reportado por Emerson (1967) para Isla Socorro: salvo un 25% de componente californiano, un 2% del Indo Pacífico y un 3% de endémicos, los moluscos que habitan la Isla son de origen panámico (70%). Para algunos grupos, como pelecípodos, se ha establecido que el total de especies presentes es de origen americano (Bernard *et al.*, 1991). Respecto a los endemismos, Kenn (1971) reporta tres especies para el Archipiélago Revillagigedo: *Turbo funiculosus*, *Latirus socorroensis* y *Columbella socorroensis*; las tres han sido colectadas tanto en Socorro (Chan, 1974; Holguín-Quiñones *et al.*, 1992) como en Clarión (González-Nakagawa y Sánchez-Nava, 1986).

Una gran parte de los moluscos reportados para Isla Socorro habitan las zonas intermareales. Los gasterópodos se encuentran bien representados, la porción supralitoral de las playas rocosas está dominada al menos por dos especies de *Litorina* (Littorinidae): *L. scutulata* y *L. conspersa* (Villalobos, 1960). Estos herbívoros son de interés científico por pertenecer al grupo que dió origen al resto de la clase. Tanto dos especies de *Nerita*, *N. funiculata* y *N. scabricosta* (Neritidae), como *Serpulorbis margaritaceus* (Vermetidae) habitan la parte alta de la zona intermareal de las playas rocosas y se pueden localizar en pozas de mareas.

En la zona media intermareal existe una gran variedad de gasterópodos. Dos especies de la familia Acmaeidae, *Collisella strigatella* y *Scurria mesoleuca*, habitan principalmente zonas protegidas. Ambas se alimentan de algas durante la noche, y presentan la peculiaridad de regresar siempre al mismo lugar después

de comer. Otros consumidores primarios presentes en este hábitat son *Turbo fluctuosus* (Turbinidae), dos especies de *Cerithium* (*C. adustum* y *C. maculosum*, reportado también para las Islas Marías, de origen tropical americano) y *Pyrene ocellata* (Columbellidae).

Por su parte los gasterópodos consumidores secundarios (incluyendo carroñeros) de la zona media intermareal están representados por *Conus tiaratus* y *Conus bruneus* (Conidae) y los predadores *Thais planospira* y *Purpura pansa* (Thaididae), la última de origen tropical americano. También se presentan especies filtradoras, como *Isognomon chemmitzianus* (Isognomonidae) y *Latiurus concentricus* (Fasciolaridae), del que se conocen muy pocos aspectos biológicos.

Entre las especies que se puede encontrar en la zona intermareal de las playas rocosas podemos citar a *Cypraea arabicula* (Cypraeidae), *Diodora inaequalis* (Fissurellidae), *Hipponix pilosus*, *H. panamensis* (Hipponicidae), *Mitrella gatuta* (Columbellidae) y *Siphonaria* sp. (Siphonariidae). Tanto el gasterópodo *Terebra ornata* (Terebridae), contrario a lo que se observa en la mayoría de las especies que integran la familia, como *Mitra tristis* (Mitridae) se encuentran en el infralitoral de la zona intermareal; aunque la primera especie se reporta también a profundidades de 85 m. ambas son carnívoras. En la zona submareal, asociada a coral donde se alimenta, se encuentra *Coralliophila parva* (Coralliophilidae); carnívoro caracterizada por su baja vagilidad. También se presenta *Columbella socorroensis* (Columbellidae), una especie herbívora.

La mayoría de los bivalvos reportados para Socorro habitan la zona intermareal de playas arenosas. Tal es el caso de *Anadara multicostata* (Arcidae), *Argopecten circularis* (Pectinidae, de gran importancia comercial en otras zonas), *Chione undatella* y *Dosinia dunkri* (Veneridae). En las regiones submareales someras arenosas resalta la presencia de *Glycymerys* sp. (Glycymeridae). *Isognomon janus* (Isognomonidae) se desarrolla en aguas someras de playas fango-arenosas, al igual que *Tellina ochracea* (Tellinidae). Sobre *T. ochracea* Brusca (1980) menciona que posiblemente está restringida al Golfo de California. Sin embargo, Bernard *et al.* (1991) la incluyen en su listado del Archipiélago Revillagigedo. Otros bivalvos reportados para la isla son: *Litophaga aristata* (Mytilidae) en zonas intermareales de las playas tropicales y subtropicales, *Spondylus calcifer* (Spondylidae) en la zona submareal y *Arca pacifica* (Arcidae) tanto en zonas intermareales como en aguas profundas. Finalmente también se presentan algunas especies habitando las playas rocosas, como *Modiolus capax* (Mytilidae), *Anomia peruviana* (Anomiidae), *Chama frondosa* y *C. squamuligera* (Chamidae).

Otros grupos de moluscos encontrados en Isla Socorro son los polioplacóforos y cefalópodos. *Chiton articulatus* y *C. laevigatus* (Chitonidae) son dos representantes de la primera clase. Sobre la primera especie Holguín-Quiñones (1992) reporta para la zona ejemplares con tallas hasta de 10 cm, en contraste con lo que ocurre en la costa continental del Pacífico mexicano donde las tallas más grandes oscilan alrededor de los 6.5 cm. Respecto a los cefalópodos sólo se reporta a *Octopus* sp., siendo posible que existan, como ocurre en zonas aleda-

ñas, más de una especie en la zona.

En el Anexo se incluyen las 89 especies de moluscos reportadas para Isla Socorro (1 de aplacóforos, 5 de poliaplacóforos, 32 de de pelecípodos, 50 de gasterópodos y 1 de cefalópodos), así como el resto de las 93 especies de moluscos presentes en el Archipiélago.

### c) Crustáceos

Los crustáceos es uno de los grupos de invertebrados más estudiados y numerosos en Isla Socorro. Entre los reportes ilustrativos de este hecho destacan el de Hermoso-Salazar y Hernández-Aguilera (1993) sobre 15 especies de camarones carídeos, y el de Hernández-Aguilera (1993) sobre 126 especies de decápodos y estomatópodos presentes en el Archipiélago e Islas Marias. Otros reportes sobre crustáceos presentes en el Archipiélago son los de Brusca (1980), Correa-Sandoval (1991), Chan (1974), Hernández-Aguilera *et al.* (1986) y Holguín-Quiñones *et al.* (1992).

La mayor parte de las especies reportadas para Isla Socorro ocupan la franja intermareal, asociadas a sustratos duros como rocas, corales y raíces de mangle. *Alpheus sp.* (Alpheidae) es común en zonas rocosas, y se caracteriza por sus quelas comprimidas. Dos especies de *Cataleptodius* (Xanthidae), *C. cooksoni* y *C. occidentalis*; primariamente intermareales, también están presentes en zonas someras donde habite coral. Algunos representantes de la familia Majidae, como *Thoe sulcata sulcata*, *Mithrax pigmaeus* y *Mycrophrys platysoma*; junto con el cangrejo *Calcinus explorator* (Diogenidae) y *Eucinetops rubellula*, son otras especies que se albergan en esas áreas.

En el infralitoral de las playas rocosas de la isla se encuentra una de las especies de balanos más común del Golfo de California, *Tetraclita sp.* (Tetraclitidae). Es factible encontrar ahí cucarachas de mar, *Ligia sp.* (Ligidae), y al cangrejo *Grapsus grapsus* (Grapsidae). Por su parte, las especies de camarón fantasma (género *Callinasa*, Callinassidae) se asocian a la zona intermareal pero no habitan playas rocosas, sino que se encuentran enterradas en el fango bajo rocas o en raíces de mangle.

Finalmente, muchos de los cangrejos braquiuros establecen relaciones simbióticas con coral, como el comensalismo entre corales escleratínidos y las especies *Daira americana*, *Trapezia ferruginea*, *Trapezia digitalis* y *Mithrax sinensis*. Para los braquiuros del Pacífico mexicano se observa tal comportamiento en relación a las especies del género *Pocillopora*, principalmente (Brusca, 1980).

En el Anexo se incluyen 44 especies de crustáceos reportadas para Isla Socorro, así como el resto de las 66 especies mencionadas para el Archipiélago.

#### d) Equinodermos

La fauna de equinodermos de Isla Socorro, en comparación con zonas cercanas como el Golfo de California, ha sido objeto de pocos estudios. Entre 1907 y 1958, varios autores se dedicaron a describir ejemplares colectados en la isla y a completar el elenco sistemático de las diferentes clases (Clark, 1907, 1916, 1948; Deichmann 1941, 1958; Fisher, 1911; Grant y Hertlein, 1938; Ziesenhenné, 1937). Caso (1962) realizó el primer resumen de la información, incorporando nuevos registros. Posteriormente no se han publicado trabajos generales sobre las especies de Socorro, aunque existe un resumen sobre la taxonomía y biogeografía de los equinodermos del Pacífico Oriental Tropical (Maluf, 1987), que hace referencias colaterales. Las contribuciones más recientes al tema son los listados presentados por Castellanos-Avila *et al.* (1992) y Holguín-Quiñones *et al.* (1992). Maluf (1988), en el único trabajo de su tipo para la región, señaló que la fauna de equinodermos de agua somera de Socorro consta de menos de 75 especies; mostrando gran afinidad con la fauna de las Galápagos y, secundariamente, con la del Golfo de California.

El número de especies de equinodermos registrados en Socorro es de 29: 5 asteroideos, 4 ofiuroideos, 11 equinoideos y 9 holoturoideos. No se conocen crinoideos o concentrícloideos en la isla. Curiosamente el número total de especies conocidas de las Revillagigedo es mucho mayor (92), la mayoría se han colectado en Clarión o en la zona oceánica entre ambas islas. Ello sugiere que el elenco conocido para Isla Socorro puede ser aún incompleto.

Los más abundantes de la fauna de equinodermos de Socorro son los erizos de los géneros *Eucidaris*, *Diadema*, *Centrostephanus* y *Lytechinus*. Alcanzan abundancias superiores a 30 individuos por metro cuadrado, tanto en el interior de las zonas de coral como en áreas abiertas y someras. Cabe destacar que los erizos erosionan severamente las colonias de los corales *Pocillopora* y *Pavona*, elevando la incidencia de fragmentación. Tanto *Eucidaris* como *Diadema* han sido observados alimentándose del tejido vivo de los corales, comportamiento que se consideraba exclusivo de las Islas Galápagos (Glynn y Wellington, 1983). El efecto total de la erosión y depredación de los erizos sobre los corales hermatípicos de Socorro no ha sido evaluado, pero debe ser considerable.

Contrario a los erizos, tanto los asteroideos (con excepción de *Acanthaster planci*) como los holotúridos y los ofiúridos habitan en el interior o en las bases de los corales, así como en zonas rocosas, por lo que no son fácilmente observables. La estrella "corona de espinas", *A. planci*, ha llamado la atención debido a su abundancia en Socorro. Estimaciones visuales indican que su densidad poblacional ahí es superior a la de zonas de coral del Golfo de California (Reyes-Bonilla, 1993). La causa es desconocida, aunque se sabe que las islas oceánicas montañosas con elevaciones superiores a los 500 m pueden soportar poblaciones considerables de la estrella. Quizá sea así debido a que, en la época de lluvias, el arrastre de nutrientes terrígenos hacia el mar favorezca el reclutamiento larval (Birkeland, 1988).

Un aspecto interesante en la ecología de los asteroideos de Socorro es que las zonas coralinas no soportan tróficamente muchas especies: entre las sedimentívoras (familias Odontasteridae, Goniasteridae, Asterodiscidae, Asterinidae, Mithriodiidae y Ophiasteriidae), las planctívoras (familia Benthopectinidae) y las predatoras de invertebrados pequeños (familias Astropectinidae y Luididae), conjuntan el 69% de la fauna total conocida. En cambio los carnívoros de especies coloniales (familias Echinasteridae y Acanthasteridae) y los carnívoros generalistas (familias Heliasteridae y Asteroiidae), en conjunto, representan sólo el 31% de la fauna.

En el Anexo se enlistan 29 especies reportadas para Isla Socorro, junto con el resto de las 92 presentes en el Archipiélago.

### e) Peces

A continuación se presentan algunas de las especies reportadas para la zona de las Revillagigedo (Castañeda-Beltrán, 1988; Miller y Lea, 1972; Ortega-García, 1989; Villalobos, 1960; Whitehead, 1985), representativas de sus diferentes comunidades o bien seleccionadas por su interés económico o científico. Además de éstas, se incluyen otras (pelágicos de gran movilidad y amplia distribución tropical) que probablemente estén presentes; pese a que no se mencionan específicamente para el Archipiélago.

Buena parte de la actividad pesquera de la isla se ha basado en la explotación de especies pelágicas. Esta comunidad presenta, en términos generales, una menor diversidad que la bentónica y que la costera; no obstante, está bien representada en la zona. Su explotación representa a la fecha una de las pocas actividades económicas que se desarrollan, basada sobre todo en especies de *Thunnus* como *T. alalunga*, *T. thynnus* y *T. albacares*, además de *Katsuwonus pelamis*, todos de la familia Scombridae. Otros pelágicos mayores presentes son las especies de picudos y el pez espada, Istiophoridae (*Makaira nigricans*, *Tetrapturus audax*) y Xiphidae (*Xiphias gladius*), respectivamente. Aparentemente, el Archipiélago representa para estas especies, de gran interés pesquero y turístico, una importante zona de agregación y probablemente de reproducción que formaría parte de los circuitos migratorios característicos de dichos organismos.

A diferencia de lo que ocurre en las zonas costeras del Pacífico tropical mexicano, los pelágicos menores están poco representados y presentan poblaciones menos numerosas en el Archipiélago; al menos las especies de importancia pesquera. Dentro de las presentes, se menciona a *Etrumeus teres* (Clupeidae). Sin interés pesquero actual, se reportan otros pelágicos menores como *Strongylura exilis* (Belonidae), *Cololabis saira* (Scomberosocidae), *Albula vulpes* (Albulidae), *Caranx lugubris* (Carangidae), *Kuhlia taeniura* (Kuhliidae, una especie representante de la fauna indopacífica colonizadora de estas islas) y *Trachurus symmetricus* (Carangidae). Otros pelágicos menores que, por su amplia distribución en el Pacífico ecuatorial probablemente estén presentes en



el Archipiélago, son *Fodiator acutus*, *Cypselurus heterurus* (Exocoetidae) y *Euleptorampus longirostris* (Hemiramphidae). En contraste con su bajo potencial pesquero, las especies mencionadas son de gran relevancia ecológica al formar parte importante de las cadenas alimenticias de consumidores secundarios y terciarios de la comunidad pelágica.

De entre estos consumidores uno de los grupos más diversos es el de los elasmobranquios, que además son de interés económico. En la zona se suele realizar una pesquería, a baja escala, de algunas especies de tiburones de las familias Charchariniidae (*Charcharinus leucas*, *C. longimanus*, *C. obscurus*, *C. limbatus*, *C. remotus* y *Galeocerdo cuvier*), Orectolobidae (*Ginglymostoma cirratum*), Alopiidae (*Alopias superciliosus*), Sphyrnidae (*Sphyrna lewini*, *S. media*,) y Lamnidae (*Charcharodon carcharias*). Algunas especies, particularmente *C. leucas*, forman parte de la comunidad pelágica costera; a diferencia de muchos pelágicos mayores que ocurren principalmente en ambientes oceánicos.

Además de los tiburones carnívoros, ocurren en Isla Socorro otros elasmobranquios de la comunidad pelágica. Una de estas especies es *Manta hamiltoni* (Mobulidae). Entre los consumidores primarios destaca por sus características biológicas únicas dentro del grupo, el tiburón ballena *Rhincodon typus* (Rhincodontidae). Fuera del grupo de elasmobranquios, pero asociados a los grandes tiburones pelágicos, se reportan algunas especies de rémoras como *Echeneis naucrates* y *Remoropsis brachyptera* (Echeneididae).

En relación a la fauna mencionada, cabe recordar que en la actualidad existe un interés creciente por conocer el estado de las poblaciones de elasmobranquios en México. Algunos científicos y grupos ecologistas han manifestado preocupación debido a lo que consideran una explotación excesiva en ciertas zonas, vía redes de arrastre y palangres, actuando en combinación con las bajas tasas de reposición características de estas especies. En este contexto el estudio de las poblaciones en Isla Socorro, una zona con bajos niveles de explotación, podría proporcionar información clave para evaluaciones objetivas de lo que ocurre en otras regiones del Pacífico mexicano.

La fauna íctica bentónica y nectónica de la zona representa una colección relativamente diversa de organismos. En los substratos blandos es posible encontrar ejemplares de *Myrichthys maculosus* (Ophichtidae), generalmente enterrados en la arena, y de *Anisotremus interruptus* (Pomadasydae); especies ambas predatoras de invertebrados y peces pequeños.

Las zonas rocosas presentan a *Gymnothorax mordax* (Muraenidae) como equivalente ecológico de *Myrichthys maculosus*, además de ejemplares de Serranidae como *Epinephelus labriformis* y *Mycteroperca jordani*, y lutjánidos como *Lutjanus viridis*. Ambas familias poseen valor comercial elevado. Colateralmente, las especies de serránidos han sido motivo de interés desde principios de siglo por presentar hermafroditismo; en la actualidad, se debate sobre el origen y mantenimiento de estas estrategias reproductivas. Por ésto, resultarían muy útiles estudios sobre poblaciones aisladas, como las presentes

en la región. En el mismo sentido, resultan de interés las poblaciones de Labridae de la zona, como *Bodianus diplotaenia*, *Halichoeres nicholsi* y *Thalassoma lutescens*, todos predadores de invertebrados de la comunidad de fondos rocosos.

Otras especies presentes en estos hábitat; predadoras de crustáceos, equinodermos y moluscos, son los Balistidae *Melichthys niger* y *Sufflamen verres*, el Cirrithidae *Cirrithus rivulatus*, el Monacanthidae *Alutera scripta* y el Acanthuridae *Acanthurus triostegus*. Alimentándose de peces e invertebrados pequeños se presentan *Holocanthus clarionensis* (Chaetodontidae), *Holocentrus suborbitalis* (Holocentridae), *Abudefduf saxatilis* y *Eupomacentrus rectifraenum* (Pomacentridae).

Entre las zonas rocosas y los fondos arenosos se registra niveles de abundancia relativamente elevados de *Fistularia petimba* (Fistularidae), así como especies predadoras de crustáceos y moluscos como *Diodon hystrix* (Diodontidae), *Arothron meleagris*, *A. setosus* (Tetraodontidae) y *Pseudupeneus dentatus* (Mullidae). En las pozas de mareas habitan diferentes especies de Gobiidae como *Gobius sp.* y *Bathygobius ramosus*, Bleniidae como *Ophioblennius steindachneri* y *Entomacrodus chiostictus*, y el Gobiesocidae *Gobiesox meandircus*. Por su parte, los fondos netamente blandos albergan al detritívoro *Chaenomugil proboscideus* (Mugilidae). Finalmente, en la zona submareal y hasta fondos relativamente profundos se presenta otra especie de Gobiidae, *Lythrypnus zebra*.

En el Anexo se incluyen 27 especies específicamente reportadas para Isla Socorro, se agregan algunas otras que probablemente se encuentren también presentes, y se enlistan las reportadas para el Archipiélago.

#### f) Otros vertebrados

Otros vertebrados marinos de gran interés ecológico son las tortugas y los mamíferos, grupos que han recibido mucha atención por parte de científicos y grupos conservacionistas. En el desarrollo del presente trabajo se encontraron pocos registros para Isla Socorro, mismos que sólo arrojan la presencia de tres especies: *Chelonia mydas*, *Megaptera novaeangliae* y *Lagenodelphis hosei*.

*Chelonia mydas* ha sido observada en las inmediaciones de la Isla Socorro (Fritts, 1981). En algunas playas se presentan sitios de anidación, y se tienen registros de sus actividades reproductivas en la zona desde marzo de 1953 (Brattstrom, 1982).

El delfín *Lagenodelphis hosei* fué reportado para las Islas Revillagigedo por Aguayo y Sánchez (1987), este registro corresponde a los avistamientos más norteños de la especie.

Urbán y Aguayo (1987) reportaron avistamientos de ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* entre Clarión y Socorro durante enero, y durante febrero alrededor de Socorro. Campos-Ramos (1989) realizó fotoidentificación de la

especie en el Archipiélago Revillagigedo. Estableció que transitan alrededor de 200 ejemplares durante el invierno, cuando realizan actividades reproductivas, y señala que dicha población es independiente de las que visitan otras regiones del Pacífico mexicano y las islas Hawaiianas.

## Discusión

Si bien aún limitada, la presente recopilación de especies presentes en la zona permite contrastar algunas ideas sobre la biogeografía de Isla Socorro y del Archipiélago en general. Existen diversos trabajos sobre aspectos biogeográficos de los grupos marinos, especialmente invertebrados bentónicos (Bernard *et al.*, 1991; Garth, 1992; Maluf, 1988; Vermeij, 1978). El tema ha llamado la atención debido a que, como las Revillagigedo son islas oceánicas de reciente aparición, es forzoso que las especies las hayan colonizado a partir de zonas alejadas. En general, las islas del Pacífico tropical han servido de "puente" a muchas especies, sobre todo bentónicas y costeras, representantes de una de las zonas más diversas del mundo en lo referente a la biota marina en general: el Indo Pacífico. Esta fauna ha mostrado una notable habilidad para la colonización. En Hawaii, por ejemplo, la mayor parte de la fauna íctica es de origen indopacífico (Gosline y Brock, 1965). Otro aspecto que ha despertado el interés por la fauna marina de las Revillagigedo es que el aislamiento y el tamaño de las islas ofrece mucho potencial para procesos de especiación alopátrica y, por ende, para la existencia de especies endémicas.

No obstante, la composición específica de algunos de los grupos mencionados en el presente trabajo no presentan patrones coincidentes con los descritos. Por ejemplo, entre los corales y equinodermos no existe endemismo alguno en las 108 especies incluidas. Por otro lado, la similitud con la fauna del Indo Pacífico varía considerablemente de un grupo a otro. Emerson (1967) establece para los moluscos de Isla Socorro únicamente un 2% de especies del Indo Pacífico, y el total de pelecípodos presentes es de origen americano (Bernard *et al.*, 1991). En cambio, de entre los equinodermos, exceptuando a los crinoideos, todas las clases tienen representantes de esta región, fluctuando la proporción entre 9 y 23% (en equinoideos y holoturoideos, respectivamente).

En corales, el 63% de las especies de Socorro han colonizado desde el Indo Pacífico, proporción que es la más alta entre los grupos de invertebrados macrobentónicos conocidos. Trabajos recientes sobre la fauna coralina de la zona (Ketchum-Mejía y Castellanos-Avila, 1993; Reyes-Bonilla y Carriquiry *in prensa*) sugieren necesaria una reevaluación de las rutas de colonización del Pacífico occidental hasta Socorro, como se menciona a continuación.

Según los patrones de corrientes descritos para el Pacífico Tropical (Wyrski, 1965, 1967), la vía más directa de migración por deriva hacia las Revillagigedo es el componente sur del gran giro anticiclónico del Pacífico norte, compuesto

en esta zona por aguas originarias de la corriente de California o del Pacífico tropical oriental, a través de aportes de la contracorriente ecuatorial. La relación entre los patrones de corrientes y las vías de colonización se evidenció durante la erupción del volcán Bárcena en 1952, localizado en Isla San Benedicto. Rocas volcánicas que fueron arrojadas durante la erupción fueron transportadas hasta Hawaii y las Islas Marshall, en el Pacífico central (Richards, 1958).

No obstante es conocido que existen especies de corales, moluscos, crustáceos y equinodermos originarias del Indo Pacífico y que se encuentran en Panamá, Costa Rica o Galápagos, pero no en la costa del Pacífico de México (Emerson, 1978; Garth, 1992; Maluf, 1987, 1988; Reyes-Bonilla en prensa). Esto parece contrario a la idea de la colonización exclusiva desde el continente, y sugiere la existencia de una ruta aún no considerada. Una posibilidad es la siguiente (Ketchum-Mejía *et al.* en prep.): las especies del Indo Pacífico llegan a las islas del Pacífico central, ya sea por deriva larval o como juveniles asociados a objetos flotantes (Jokiel, 1990S; Scheltema, 1988). Una vez establecidas en estas zonas, por mecanismos similares, alcanzan las Galápagos y América Central. Es posible que parte de los individuos llegue al atolón Clipperton (11° N, 109° W), el cual podría funcionar como el emisor hacia las Revillagigedo ya que, según los mapas de Wyrski (1965), existe una rama de la contracorriente ecuatorial que puede comunicar directamente a Clipperton con Socorro durante varios meses del año.

Desafortunadamente la idea no es fácil de comprobar, debido a que el conocimiento de las faunas de corales y equinodermos de Clipperton es casi nulo (Glynn y Wellington, 1983; Maluf, 1988) y se requeriría de otros tipos de evidencia, como la proporcionada por estudios genéticos. Además de las especies indopacíficas la zona del Archipiélago también favorece el establecimiento de grupos de origen panámico, vía la corriente procedente del Domo de Costa Rica (contracorriente ecuatorial), y de origen californiano, probablemente vía la corriente de California (véase el capítulo referente a oceanografía, en este mismo volumen).

La frontera entre dos sistemas que Isla Socorro representa desde el punto de vista oceanográfico, dada la probable presencia de masas de agua de la intrusión al sur de la corriente de California (ver capítulo sobre oceanografía), es particularmente notoria en el caso de la ictiofauna; que muestra elementos tanto de origen templado (fauna californiana) como tropical (fauna panámica). Dentro de los elementos más característicamente tropicales se encuentran la mayor parte de los pelágicos mayores, además de algunos miembros de las familias Serranidae, Carangidae, Lutjanidae, Pomadasyidae, Pomacentridae, Cirrhitidae, Labridae, Blennidae, Gobiidae, Balistidae y Tetraodontidae. Las especies de afinidad templada o transicional, aparentemente menos numerosas, pertenecen a las familias Ophichthidae, Belonidae y Mullidae, entre otras. En cambio, y aunque la información recopilada no es concluyente, no parece presentarse un componente importante de fauna indopacífica, ya que sólo se reporta una especie.

## Conclusiones

Los reportes consultados arrojan un total de 242 especies de fauna marina presentes en Isla Socorro, y 354 especies reportadas para el Archipiélago de las Revillagigedo. Entre ellas, se encontraron sólo cinco especies endémicas (tres gasterópodos, un anélido y un pez), lo que representa el 2.06% del total para Isla Socorro y el 1.41% del total para el Archipiélago. Al comparar estos porcentajes con los que ocurren en otras áreas, como el 19.5% calculado por Correa-Sandoval (1991) para los braquiuros del Golfo de California, se evidencia que los niveles de endemismo en la zona son mas bien bajos. El origen de la fauna marina de la isla es múltiple, sin que parezca factible en esta etapa evaluar las contribuciones relativas. Si bien para algunos grupos (p.e. corales) la mayoría de las especies tienen afinidades con el Indo Pacífico, para otros la fauna de las provincias más cercanas, como la Panámica y la Californiana, están mejor representadas.

## Agradecimientos

Deseamos hacer un reconocimiento a la Secretaría de Marina, al Instituto Oceanográfico de Manzanillo (Dr. Gustavo Calderón, Director) y al Laboratorio de Geoquímica del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California (Dr. José D. Carriquiry, investigador titular), por el apoyo brindado a uno de los autores en la realización de expediciones a Isla Socorro. Agradecemos también a James Ketchum Mejía y Francisco Castellanos Avila, del Museo de Historia Natural, U.A.B.C.S., por sus comentarios y sugerencias.

## Bibliografía

- Adem, J., E. Cobo, L. Blásquez, F. Miranda, A. Villalobos, T. Herrera, B. Villa y L. Vázquez. 1960. LA ISLA SOCORRO. ARCHIPIELAGO DE LAS REVILLAGIGEDO. Monog. Inst. Geofis. UNAM 2:1-234.
- Aguayo, A. y R. Sanchez. 1987. Sighting records of Fraser's dolphin in the Mexican Pacific Waters. SCI. REP. WHALES-RES. INST. Tokyo. 38. 187-188.
- Albert, S.W. y G.M. Lyon. 1930. Marine Algae of the Revillagigedo Islands Expedition in 1925. PROC. CAL. ACAD. SCI. 19(11):109-215.
- Anónimo. 1979. ATLAS DE HURACANES EN EL OCEANO PACÍFICO Y EN EL OCEANO ATLÁNTICO. SPP. Coord. Nac. Sist. Nac. Infor. 49 p. México, D.F.
- Bernard, F.R., S.M. McKinell y G.S. Jamieson. 1991. Distribution and zoogeography of the Bivalvia of the eastern Pacific Ocean. CAN. SPEC. PUBL. FISH. AQUAT. SCI. 112; 60p.

- Birkeland, C. 1988. Geographic comparisons of coral reef community processes. PROC. 6TH INT. CORAL REEF SYMP., Townsville 1: 211-220.
- Blake, D.B. 1989. A classification and phylogeny of post-Palaeozoic sea stars (Asteroidea: Echinodermata). J. NAT. HIST. 21: 481-528.
- Bratcher, T. y R.B. Burch. 1971. The Terebidae (Gastropoda) of the Clarion, Socorro, Cocos and Galapagos Islands. PROC. CAL. ACAD. SCI. 37(21):537-566.
- Brattstrom, B.H. 1963. Bárcena Volcano, 1952. Its effect on the fauna and flora of San Benedicto Island, Mexico. p. 499-524. IN: S.L. GRESSITT (ED.). PACIFIC BASIN BIOGEOGRAPHY. B.K. Bishop Mus. Press, Honolulu.
- Brattstrom, B.H. 1982. Breeding of the Green Sea Turtle, Chelonia mydas on the Islas Revillagigedo, México. HERP. REVIEW 13(3):71.
- Brattstrom, B.H. 1990. Biogeography of the Islas Revillagigedo, México. JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY 17:177-183.
- Brusca, R.C. 1980. COMMON INTERTIDAL INVERTEBRATES OF THE GULF OF CALIFORNIA. 2a Ed. Univ. Arizona Press. 513 pp.
- Bussing, W.A. 1990. New species of the Gobiid fishes of the genera Lythrypnus, Elacantinus and Chriolepis from the eastern tropical Pacific. REV. BIOL. TROP. 38(1): 99-118.
- Caso, M. E. 1962. Estudios Sobre Equinodermos de México. Contribución al Conocimiento de los Equinodermos de las Islas Revillagigedo. ANALES DEL INSTITUTO DE BIOLOGÍA. Universidad Nacional Autónoma de México. 33(1-2): 293-330.
- Castañeda-Beltrán, E. 1988. Prospección de la Fauna Ictiológica de Isla Clarión, México. Secr. Mar. DGON. BIOL. MAR. 6(3):97-136.
- Castellanos, J.F., J.T. Ketchum y S. Almenara. 1992. Los equinodermos (Clase Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea) y escleractínidos (Orden Scleractinia) de Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. RES. IX CONG. INT. BIOL. MAR. U.A.B.C.S., La Paz. p. 51.
- Castellanos-Avila, J.F. y J. Ketchum-Mejía. 1991. Nuevos registros de corales escleractinios para la Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. RES. XI CONG. NAC. ZOOLOG., Mérida. Resumen 292.
- Chan, G.L. 1974. Report on biological observations of the Revillagigedos expedition. NAUI BIOMARINE EXPLORATION SEMINAR. COLL. OF MARIN, Kentfield. 94904. 41 p.
- Chávez-Comparán, J.C. 1980. ESTUDIO DE LA FLORA Y FAUNA LITORAL, HIDROLOGÍA Y MORTANDAD DE PECES EN LA ISLA CLARION, COLIMA. Reporte interno, Inst. Oceanog. Manzanillo. Sec. de Marina. Secc. Oceanog. Biol. 10 p.
- Clark, A.H. 1907. The apodous holothurians. A monograph of the Synaptidae. SMITH. CONT. KNOWL. 35: 1-231.
- Clark, A.H. 1916. Six new starfishes from the Gulf of California and adjacent waters. PROC. BIOL. SOC. WASH. 29: 51-62.
- Clark A.H. 1948. A report on the echini of warmer eastern Pacific, based on the collections of the Velero III. ALLAN HANCOCK PAC. EXPED. 8: 225-351.
- Correa-Sandoval, F. 1991. CATÁLOGO Y BIBLIOGRAFÍA DE LOS CANGREJOS (BRACHIURA) DEL GOLFO DE CALIFORNIA. CICESE. 117.
- Dallas, H.G. 1929. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925. PROC. CAL. ACAD. SCI. 4th Ser. 15:1-113.
- Dallas, H.G. y M.W. Grant. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925. PROC. CAL. ACAD. SCI. 4th Ser. 15(2):115-193.
- Deichmann, E. 1941. The Holothuroidea collected by the Velero III during the years 1932 to 1938. Part I. Dendrochirota. ALLAN HANCOCK PAC. EXPED. 8: 61-190.
- Deichmann, E. 1958. The Holothuroidea collected by the Velero III and the Velero IV during the year 1932 to 1934. Part II. Aspidochirota. ALLAN HANCOCK PAC. EXPED. 11: 253-358.
- Durham, J.W. y J.L. Barnard. 1952. Stony corals of the eastern Pacific collected by the Velero III and Velero IV. ALLAN HANCOCK PAC. EXPED. 16: 1-110.
- Emerson, W.K. 1967. Indo-Pacific Faunal Elements in the Tropical Eastern Pacific with Special Reference to the Mollusks. VENUS 25(3-4):85-93.
- Emerson, W.K. 1978. Mollusks with Indo Pacific faunal affinities in the eastern Pacific Ocean. NAUTILUS 92: 91-96.
- Fisher, W.K. 1911. Asteroidea of the north Pacific and adjacent waters. Part 1. Phanerozonia and Spinulosa. BULL. U.S. NAT. MUS. 76: 1-419.

- Fowler, H.W. 1944. RESULTS OF THE FIFTH GEORGE VANDERVILT EXPEDITION (1941): BAHAMAS, CARIBBEAN SEA, PANAMA, GALAPAGOS ARCHIPELAGO AND MEXICAN PACIFIC ISLANDS. THE FISHES. *Acad. Nat. Sci. Phila. Monogr.* (6):57-530.
- Fritts, T.H. 1981. Marine turtles of the Galapagos Islands and adjacent areas of the eastern Pacific on the basis of observations made by J.R. Slevin 1905-1906. *J. OF HERPETOLOGY* 15(3):293-301.
- Gallegos, G., F. Barberán y A. Eguiarte. 1988. Oceanographic Conditions Surrounding Socorro Island, Revillagigedo Archipelago. *REV. GEOFIS. (Méx.)* 28:41-58.
- Garth, J.S. 1992. The brachyuran crabs of the Revillagigedo Islands, Colima, Mexico, with remarks on insular endemism in the eastern tropical Pacific. *PROC. SAN DIEGO SOC. NAT. HIST.* 24: 1-7.
- Glynn, P.W. y G.M. Wellington. 1983. CORALS AND CORAL REEFS OF THE GALÁPAGOS ISLANDS. Univ. of Calif. Press, Berkeley. 330 p.
- González, P.G. y M. Ramírez. 1989. Zonas y épocas de reproducción de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), en el Pacífico mexicano. *INV. MAR. CICIMAR* 4(2): 203-210.
- González-Nakagawa, O. y S. Sanchez-Nava. 1986. Nota de moluscos como fauna de acompañamiento de crustáceos de la isla Clarión, México. *Secretaría de Marina. INV. OCEAN./B.* 3(1): 153-182.
- Gosline, W.A. y V.E. Brock. 1965. HANDBOOK OF HAWAIIAN FISHES. Univ. Hawaii Press. 371 pp.
- Grant, U.S. y L.G. Hertlein. 1938. The west american Cenozoic Echinoidea. *UNIV. CALIF. PUBL. MATH. PHYS. SCI.* 2: 1-225.
- Hanna, G.D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. General Report. *PROC. CAL. ACAD. SCI.* 4th Ser. 15:1- 113.
- Healey, D. 1936. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico in 1925: Land Shells of Revillagigedo and Tres Marias Islands. *PROC. CAL. ACAD. SCI.* 4th Ser. 15(15):467-491.
- Hermoso-Salazar, A.M. y J.L. Hernández-Aguilera. 1993. Estudio de camarones carideos (Crustacea: Decapoda) de aguas someras de las islas Revillagigedo y María Madre. *RES. CONG. LATIN. CIENC. DEL MAR. U.A.B.C.S., La Paz, México. Resumen C-206.*
- Hernández-Aguilera, J.L., I. López-Salgado y P. Sosa-Hernández. 1986. Fauna Carcinológica insular de México. I Crustaceos estomatópodos y decápodos de Isla Clarión. *Secretaría de Marina. INV. OCEAN./B.* 3(1):183-250.
- Hernández-Aguilera, J.L. 1993. Crustaceos estomatópodos y decápodos de los archipiélagos de Revillagigedo y Marias, y su relación con las costas del Pacífico tropical mexicano. *RES. CONG. LATIN. CIENC. DEL MAR. U.A.B.C.S., La Paz, México. Resumen C-207.*
- Highsmith, R.C. 1982. Reproduction by fragmentation in corals. *MAR. ECOL. PROG. SER.* 7: 207-226.
- Hoeksema, B.W. 1989. Taxonomy, phylogeny and biogeography of mushroom corals (Scleractinia: Fungiidae). *ZOOL. VER.* 254: 1-295.
- Holguín-Quiñones, O.E. 1991. Comunidades Bentónicas de la Isla Socorro. *ZOOL. INF.* 22:1-9.
- Holguín-Quiñones, O.E. 1992. Notas Sobre Especies de Moluscos de Interés Comercial del Pacífico Mexicano. *ZOOL. INF.* 23: 19-41.
- Holguín-Quiñones, O.E. 1993a. Distribución, Abundancia y Composición Peso-Talla de *Purpura pansa* (Mollusca: Gastropoda) en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México. *ZOOL. INF.* 25:24-33.
- Holguín-Quiñones, O. 1993b. Archipiélago de Revillagigedo, patrimonio bioecológico de México. Una propuesta de reunión internacional de investigadores. *RES. CONG. LATIN. CIENC. DEL MAR. U.A.B.C.S., La Paz, México. Resumen C-173.*
- Holguín-Quiñones, O., S. Mille Pagaza y A. Pérez Chi. 1992. Resultado de las campañas de muestreo de 1991 para el estudio del bentos marino de Isla Socorro, Revillagigedo, Colima, México. *ZOOL. INF.* 24: 1-20.
- International Union for the Conservation of Nature. 1988. CORAL REEFS OF THE WORLD. Vol. 1. Atlantic and Eastern Pacific. IUCN Publ., Cambridge. 373 p.
- Jokiel, P.L. 1990. Long-distance dispersal by rafting: reemergence of an old hypothesis. *ENDEAVOUR* 14: 66-73.
- Jordan, D.S. y B.W. Evermann. 1900. The Fishes of the Middle North America. *BULL. U.S. NAT. MUS.* 1-4(47):3313pp
- Jordan, D.S. y R.C. McGregor. 1889. List of the Fishes Collected at the Revillagigedo Archipelago and Neighboring Islands. *Rep. Comm. U.S. Comm. FISH FISH.* 24:271-284.
- Keen, M.A. 1971. SEA SHELLS OF TROPICAL WEST AMERICAN MARINE MOLLUSC OF BAJA CALIFORNIA. Stanford Univ. Press. USA. 1069.

- Ketchum, J.T. y J.F. Castellanos. 1993. Aspectos de la fauna coralina en el Archipiélago Revillagigedo, Colima, México. RES. CONG. LATIN. CIENC. DEL MAR. U.A.B.C.S., La Paz, México. Resumen C-203.
- Lynn, R.J. y J.J. Simpson. 1987. The California Current System: The Seasonal Variability of its Physical Characteristics. J. GEOPHYS. RES. 92(c12):12947-12966.
- Maluf, L.Y. 1987. Composition and distribution of the central eastern Pacific echinoderms. LOS ANGELES CO. MUS. TECH. PAP. 2: 1-242.
- Maluf, L.Y. 1988. Biogeography of the central eastern Pacific shelf echinoderms. PROC. 6TH INT. ECHINOD. CONF., VICTORIA 1: 389-398.
- Medina, M.G. 1957. MEMORIA DE LA EXPEDICION CIENTIFICA A LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. Univ. Guadalajara. Guadalajara, México. 237pp.
- Miler, J.D. y R.N. Lea. 1972. Guide to the Coastal marine Fishes of California. Cal. Fish Game, FISH BULL. 157:1-249pp.
- Ortega-García, S. 1989. ANALISIS Y NORMALIZACION DEL ESFUERZO DE PESCA DE LA FLOTA ATUNERA MEXICANA DE CERCO Y VARA QUE OPERA EN EL PACIFICO ORIENTAL. CICIMAR-IPN. Tesis de Maestría. 94.
- Ramos-Campos, R. 1989. FOTOIDENTIFICACION Y COMPORTAMIENTO DEL RORCUAL JOROBADO, Megaptera novaenglae (BOROSWSKI 1781), EN LAS AGUAS ADYACENTES AL ARCHIPIEAGO DE LAS REVILLAGIGEDO, MEXICO CETACEA BALAENOPTERIDAE. Tesis de Licenciatura: Universidad Nacional Autónoma de México. 134 pp.
- Reyes-Bonilla, H. 1992. New records of hermatypic corals in the Gulf of California, with an historical and biogeographical discussion. J. NAT. HIST. 26: 1163-1175.
- Reyes-Bonilla, H. 1993. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD, INFLUENCIA DE LA DEPRDACION Y BIOLOGIA POBLACIONAL DE CORALES HERMATIPIOS EN EL ARRECIFE DE CABO PULMO, B.C.S. Tesis de Maestría. Cent. Inv. Cient. Educ. Sup. Ensenada. 169 p.
- Reyes-Bonilla, H. En prensa. Ecología y biogeografía de los corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia) del Pacífico de México. In: S.I. SALAZAR VALLEJO Y N.E. GONZÁLEZ. BIODIVERSIDAD MARINA Y COSTERA DE MEXICO. Com. Nac. Biodiv./C.I.Q.R.O.
- Reyes-Bonilla, H. y J.D. Carrquiry. En prensa. Range extension of Psammocora superficialis Gardiner, 1898 (Scleractinia: Thamnasteriidae) to Isla Socorro, Revillagigedo Archipelago, México. REV. BIOL. TROP. 42.
- Richards, A.F. 1958. Transpacific distribution of floating pumice from Isla San Benedicto, Mexico. DEEP SEA RES. 5: 29-35.
- Rioja, E. 1959. Estudios anelidológicos, XXIII. Contribución al conocimiento de los anélidos poliquetos de las Islas de Revillagigedo. AN. INST. BIOL. MEX. 30:243-359.
- Scheafer, K.M. 1987. Reproductive biology of black skipjack, Euthynnus lineatus, an eastern Pacific tuna. BULL. I-ATTC- BIOL. CIAT. 19(2): 92.
- Scheltema, R.S. 1988. Initial evidence for the transport of teleplanic larvae of benthic invertebrates across the east Pacific barrier. BIOL. BULL. 174: 145-152.
- Snodgrass, E.R. y E.H. Metler. 1905. Shore Fishes of the Revillagigedo, Clipperton, Cocos and Galapagos Islands. PROC. WASH. ACAD. SCI. 6:333-427.
- Strong, A.M. y H.G. Dallas. 1930. Marine Mollusca Of the Revillagigedo Islands, México. PROC. CAL. ACAD. SCI. 19(2):109-215.
- Urbán, J. y A. Aguayo. 1987. Spatial and Seasonal Distribution of the Humpback Whale Megaptera novaenglae in the Mexican Pacific. MAR. MAM. SCI. 3(4):333-344.
- Vermeij, G.M. 1978. BIOGEOGRAPHY AND ADAPTATION. PATTERNS OF MARINE LIFE. Harvard Univ. Press, Cambridge. 332 p.
- Veron, J.E.N. y M. Pichon. 1976. Scleractinia of eastern Australia. Part 1. Families Thamnasteriidae, Astrocoeniidae, Pocilloporidae. AUST. INST. MAR. SCI. MONOG. 1: 1-86.
- Verrill, A.E. 1868-1870. Notes on Radiata. Part 1. Review of the corals and polyps of the west coast of America. Part 2. Geographical distribution of the polyps and corals of the west coast of America. TRANS. CONN. ACAD. ARTS SCI. 1: 377-567.
- Villalobos, A. 1960. Notas acerca del aspecto hidrobiológico de la parte sur de la isla, p. 154-180. IN: J. ADEM, E. COBO, L. BLÁSQUEZ, F. MIRANDA, A. VILLALOBOS, T. HERRERA, B. VILLA Y L. VÁSQUEZ (ED.). LA ISLA SOCORRO. ARCHIPIELAGO DE LAS REVILLAGIGEDO. Monog. Inst. Geofis. UNAM 2.
- Wells, J.W. 1983. Annotated list of the scleractinian corals of the Galápagos. p. 213-291. IN: CORALS AND CORAL REEFS OF THE GALÁPAGOS ISLANDS. P.W. GLYNN Y G.M. WELLINGTON (EDS.). Univ. of Calif. Press, Berkeley.



- Whitehead, P.J.P. 1985. Fao species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid Fishes of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of the Herrings, Sardines, Pilchards, Sprats, Anchovies and Wolfherrings. Part 1- Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO FISCH. SYNOP. 7 (125), Pt. 1, 303 pp.
- Wyrtki, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. BULL. INTER AM. TROP. TUNA COMM. 9: 269-304.
- Ziesenhenné, F.C. 1937. Echinoderms from the west coast of lower California, the Gulf of California and Clarion Island. ZOOLOGICA 22: 209-239.
- Zinsmeister, W.J. y W.K. Emerson. 1979. The role of passive dispersal in the distribution of hemipelagic invertebrates, with examples from the tropical Pacific Ocean. VELIGER 22: 32-40.

## ANEXO

Listado faunístico de las especies marinas presentes en Isla Socorro y registradas en islas del Archipiélago. A la derecha se consigna la fuente. Las especies sin ninguna marcación especial están reportadas para Isla Socorro. (\*): especies reportadas para Isla San Benedicto. (@): especies reportadas para Isla Clarión. (&): especies reportadas tanto para Clarión como para Socorro. (\$) : especies reportadas tanto para Socorro como para San Benedicto. (E): especies endémicas del Archipiélago Revillagigedo. Las especies de anélidos señaladas con 32\* fueron incluidas en Rioja (1959), pero son observaciones de otros autores (principalmente de reportes hechos por O. Hartman). Cuando se reporta la distribución de especies como presentes en las Revillagigedo, sin discriminar entre las diferentes islas, se asume que se presentan en todas ellas. Algunas especies de peces se registran como (**probables**), según se explica en el texto.

## - Phylum Cnidaria

<i>Balanophyllia sp. cf. osburni</i>	26, 27
<i>Fungia sp. cf. curvata</i> (&)	6, 26, 27, 31
<i>Paracyathus humilis</i> (@)	6
<i>Pavona gigantea</i>	26, 27, 31
<i>Pavona clivosa</i>	31
<i>Pavona sp. cf. clavus</i>	31
<i>Pocillopora capitata</i> (&)	1, 6, 26, 29, 27, 31
<i>Pocillopora damicornis</i>	31
<i>Pocillopora sp. cf. eydouxi</i> (&)	27, 31
<i>Pocillopora meandrina</i>	31
<i>Pocillopora verrucosa</i> (&)	8, 13, 20, 26, 29, 31
<i>Porites lobata</i> (&)	26, 29, 27, 31
<i>Porites panamensis</i>	20, 31
<i>Psammocora stellata</i>	31
<i>Psammocora superficialis</i>	31
<i>Tubastraea coccinea</i> .	27

## - Phylum Annelida

<i>Anaitides mucosa</i>	29
<i>Brachiosyllis pacifica</i>	32
<i>Ceratonereis mirabilis</i>	32
<i>Chaetacanthus magnificus</i>	32*
<i>Cirratulus revillagigedoensis</i> (E)	8, 32
<i>Cirriformia punctata</i>	32*
<i>Cistenides regalis</i>	32*
<i>Dorvillea cerasina</i>	32

<i>Eunice biannulata</i>	32*
<i>Eunice mutilata</i>	32*, 32
<i>Eunice vittata</i>	32*, 32
<i>Eupomatus brachyacantha</i>	32
<i>Eurythoe complanata</i> (&)	29, 32*
<i>Glycera capitata</i> (@)	32*
<i>Glycera tessellata</i>	32*
<i>Glicinde armigera</i> (@)	32*
<i>Haplosyllis spongicola</i>	32
<i>Harmothoe hirsuta</i>	32
<i>Hesione intertexa</i> (&)	32*
<i>Idanthysus planatus</i>	29
<i>Idanthysus pennatus</i>	32*, 32
<i>Lepidonotus squamatus</i>	32
<i>Lepidonotus versicolor</i>	32
<i>Lysidice collaris</i>	32
<i>Nereis riisei</i> (&)	32*
<i>Pareurythoe paupera</i>	32
<i>Polycirrus caliendrum</i>	32
<i>Platynereis dumerilii</i>	32
<i>Psamolyce spinosa</i> (@)	32*
<i>Spirorbis variabilis</i>	32
<i>Spirorbis bushi</i>	32
<i>Spirorbis tricornigera?</i>	32
<i>Thormora johnstoni</i>	32
<i>Trypanosyllis adamanteus</i>	32
<i>Trypanosyllis gemmipara</i>	32
<i>Typosyllis pulchra</i>	32
<i>Vermiliopsis multiannulata</i>	32

**- Phylum Sipunculida**

<i>Phascolosoma agassizi</i>	29
------------------------------	----

**- Phylum Mollusca**

Clase Aplacophora

<i>Alexandromenia agassizi</i>	12
--------------------------------	----

Clase Poliplacophora

<i>Acmea discors</i> var. <i>mitellus?</i>	8
<i>Chiton articulatus</i> (&)	29, 15

<i>Chiton laevigatus</i>	8
<i>Mopalia muscosa?</i>	29
<i>Rodsiella sp.</i>	29

Clase Pelecypoda

<i>Anadara multicosata</i>	25
<i>Anomia peruviana</i>	25
<i>Arca pacifica</i>	25
<i>Arcopsis solida</i>	25
<i>Argopecten circularis</i>	25
<i>Barbatia baileyi</i> (&)	25, 29, 15
<i>Cardites laticostata</i>	25
<i>Chama frondosa</i>	29
<i>Chama squamuligera</i>	29
<i>Chione undatella</i>	25
<i>Chodakia distinguenda</i>	25
<i>Ctena mexicana</i>	25
<i>Cyclopecten pernomus</i>	25
<i>Diplodonta subquadrata</i>	25
<i>Dosinia dunkeri</i>	25
<i>Gastrochaena ovata</i>	25
<i>Glycymeris inaequalis</i>	25
<i>Isognomodon chemnitzianus</i>	8
<i>Isognomon janus</i>	29
<i>Lithophaga aristata</i>	25
<i>Lithophaga calyculata</i>	25
<i>Lucina lampra</i>	25
<i>Lyropecten subnodosus</i>	25
<i>Modiolus capax</i>	25
<i>Mytilus californianus</i>	25
<i>Pecten sericeus</i>	25
<i>Penitella penita</i>	25
<i>Semele craneana</i>	25
<i>Septifer zeteki</i>	25
<i>Spodilyus calcifer</i>	25
<i>Tellina ochracea</i>	25
<i>Transennella modesta</i>	25

Clase Gastropoda

<i>Bursa caelata</i> (@)	15
<i>Casmaria vibexmexicana</i>	29
<i>Cassis coarctata</i>	11
<i>Capulus sericeus</i>	29

<i>Cerithium adustum</i>	8
<i>Cerithium maculosum</i> (&)	8, 29, 15
<i>Cerithium stercusmuscarum</i> (@)	15
<i>Collisella discors</i> (&)	29, 15
<i>Collisella mitella</i> (&)	29, 15
<i>Collisella strigatella</i>	29
<i>Conus bruneus</i>	29
<i>Conus diadema</i>	11
<i>Conus nux</i>	29
<i>Conus tiaratus</i> (&)	8, 29, 11, 15
<i>Conus purpurascens</i> (&)	11, 15
<i>Collumbella socorroensis</i> (E)	29, 11, 15
<i>Coralliophila parva</i>	29
<i>Cymatium pileare?</i>	11
<i>Cyprea arabicula</i>	29
<i>Cyprea isabellamexicana</i>	29, 11
<i>Diodora inaequalis</i> (&)	29, 15
<i>Fissurella morrisoni</i>	29
<i>Fissurella spongiosa</i>	29
<i>Hipponix panamensis</i>	29
<i>Hipponix pilosum</i>	29
<i>Latirus concentricus</i>	8
<i>Latirus socorroensis</i> (E)	29, 11, 15
<i>Littorina aspera</i>	29
<i>Littorina modesta</i>	29
<i>Littorina pullata</i> (&)	29, 15
<i>Littorina scutulata</i>	8
<i>Mitra tristis</i>	29, 11
<i>Mitrella bacata</i>	29
<i>Modolus cerodes</i> (@)	15
<i>Murexiella vittata</i>	29
<i>Nerita funiculata</i>	29
<i>Nerita scabricosta</i>	29
<i>Notoacmea fascicularis</i>	29
<i>Petalconchus complicatus</i>	29
<i>Purpura columellaris</i>	29
<i>Purpura pansa</i>	29, 11
<i>Pyrene ocellata</i>	8
<i>Rissoina californica?</i>	29
<i>Scurria mesoleuca</i>	29
<i>Serpuloirbis margaritaceus</i>	29
<i>Siphonaria sp.</i>	11
<i>Terebra ornata</i>	29
<i>Terebra strigata</i>	11
<i>Thais patula</i>	8

<i>Thais planospira</i> (&)	8, 29, 15
<i>Thais speciosa</i>	29
<i>Turbo fluctuosus</i> (&)	8, 15
<i>Turbo funiculosus</i> (&)	29, 11, 15
<i>Valvulina taeniolata</i> (@)	15

#### Clase Cephalopoda

<i>Octopus</i> sp. (&)	29, 11, 15
------------------------	------------

### - Phylum Artropoda

#### Clase Crustacea

<i>Actaea sulcata</i>	29
<i>Alpheus</i> sp.	8
<i>Alpheus cylindricus</i> (@)	16
<i>Alpheus paracrinitus</i> (@)	16
<i>Alpheus pacificus</i> (@)	16
<i>Brachycarpus biunquiculatus</i> (@)	16
<i>Calcinus explorator</i> (&)	29, 16, 12
<i>Callinassa laevicauda occidentalis</i> (@)	16
<i>Callinassa placida</i> (@)	16
<i>Carpilodes cinctimanus</i> (@)	16
<i>Cataleptodius cooksoni</i>	28, 29
<i>Cataleptodius occidentalis</i> (&)	29, 16
<i>Cycloxanthops vittatus</i> (@)	16
<i>Daira americana</i> (&)	8, 28, 29, 16
<i>Domecia hispida</i>	8, 29
<i>Eucinetops lucasi</i>	29
<i>Eucinetops rubellula</i> (&)	28, 16
<i>Gecarcinus planatus</i> (&)	8, 28, 29, 16
<i>Geograpsus lividus</i> (&)	29, 16
<i>Gonodactylus zacaе</i> (@)	16
<i>Grapsus grapsus</i> (&)	8, 28, 29, 16
<i>Ligia</i> sp.	29
<i>Ligydia exotica?</i>	8
<i>Lissa tuberosa</i>	28
<i>Lophoxanthus lamellipes</i> (@)	28
<i>Lysmata trisetacea</i> (@)	16
<i>Harpiliopsis depressus</i>	8
<i>Hemus finneganae</i>	28
<i>Herbstia tumida</i> (@)	28, 16
<i>Hippa</i> sp.	8

<i>Hippa pacifica</i>	12
<i>Microcassiope xantusii xantusii</i> (@)	16
<i>Microphrys platysoma</i> (&)	28, 16
<i>Mithrax pigmaeus</i>	28
<i>Mithrax sinensis</i>	29
<i>Mithrax tuberculatus</i>	29
<i>Ozius agassizzi</i>	29
<i>Ozius perlatus</i> (&)	29, 16
<i>Ozius verreauxi</i>	29
<i>Pachycheles biocellatus</i> (&)	29, 16
<i>Pachygrapsus transversus</i> (&)	29, 16
<i>Pachygrapsus minutus</i> (@)	16
<i>Panulirus inflatus</i>	29, 11
<i>Panulirus penicillatus</i> (&)	8, 12, 16, 29
<i>Parthenope triangula</i>	28
<i>Percnon gibbesi</i>	29
<i>Percnon planisimum</i> (@)	16
<i>Petrolisthes biocellatus</i>	29
<i>Petrolisthes crenulatus</i>	29
<i>Petrolisthes edwardsii</i> (&)	29, 16
<i>Petrolisthes haigae</i> (@)	16
<i>Petrolisthes tonsorius</i> (&)	29, 16
<i>Pitho sexdentata</i> (@)	16
<i>Planes cyaneus</i> (@)	16
<i>Platypodiella rotundata</i> (@)	16
<i>Pseudosquilla adiastrata</i> (@)	16
<i>Ranilia fornicata</i> (@)	28
<i>Solenolambrus arcuatus</i>	28
<i>Teleophrys cristulipes</i> (@)	28, 16
<i>Tetraclita</i> sp.	29
<i>Thoe sulcata sulcata</i> (&)	28, 29, 16
<i>Thyrolambrus glasselli</i>	28
<i>Trapezia cymodoce ferruginea</i>	8
<i>Trapezia digitalis</i> (&)	8, 28, 29
<i>Xanthodius hebes</i> (&)	8, 29, 16
<i>Xanthodius sternberghii</i>	29

## **Phylum Echinodermata**

### Clase Crinoidea

<i>Florometra serratissima</i> (@)	21
------------------------------------	----

### Clase Asteroidea

<i>Acanthaster planci</i> (\$)	3, 9, 29, 30
<i>Amphiaster insignis</i> (@)	3
<i>Asterina miniata</i>	2, 9
<i>Astropecten armatus</i> (@)	2, 3
<i>Astropecten verrilli</i> (@)	2, 3
<i>Heliaster kubiniji</i> (@)	9, 30
<i>Henricia asthenactis</i> (@)	2, 3
<i>Henricia aspera</i> (@)	2, 3
<i>Henricia clarki</i> (@)	2
<i>Henricia leviuscula</i> (@)	2, 3
<i>Henricia polyacantha</i> (@)	2, 3
<i>Henricia tenuispina</i> (@)	2, 3
<i>Leiaster teres</i> (@)	3
<i>Linckia columbiae</i> (@)	3, 30
<i>Luidia bellona</i> (@)	3
<i>Luidia columbiae</i> (@)	3
<i>Luidia foliolata</i> (@)	2, 3
<i>Luidia phragma</i> (@)	3
<i>Mediaster aequalis</i> (@)	2, 3
<i>Mithrodia bradleyi</i>	9, 30
<i>Narcissia gracilis</i> (@)	3
<i>Nearchaster aciculosus</i> (@)	2, 3
<i>Nidoriella armata</i> (*)	3, 30
<i>Odontaster crassus</i> (@)	2, 3
<i>Oreaster occidentalis</i> (@)	3, 30
<i>Pauliella aenigma</i> (@)	3
<i>Pharia pyramidata</i>	9, 30
<i>Phataria unifascialis</i>	9, 30
<i>Sclerasterias heteropaes</i> (@)	3
<i>Tethyaster canaliculatus</i> (@)	3
<i>Thrissacanthus penicillatus</i> (@)	3

#### Clase Ophiuroidea

<i>Amphioidia perierecta</i> (@)	21
<i>Amphiura arcystata</i> (@)	3
<i>Amphiura squamata</i> (@)	3
<i>Amphiura urtica</i> (@)	3
<i>Astrocaneum spinosum</i> (@)	3
<i>Diopederma danianum</i> (@)	3
<i>Ophiacantha pyriformis</i> (@)	3
<i>Ophiocoma aethiops</i>	3, 9
<i>Ophiocoma alexandri</i>	3, 9
<i>Ophiactis savignyi</i> (@)	3



<i>Ophioderma panamense</i> (@)	3
<i>Ophioderma variegatum</i>	3, 9
<i>Ophiolepis crassa</i> (@)	3
<i>Ophiomyxa panamensis</i> (@)	3
<i>Ophionereis annulata</i>	.3, 9
<i>Ophionereis eurybrachioplax</i> (@)	3
<i>Ophiopholis bakeri</i> (@)	3
<i>Ophiothrix galapagensis</i> (@)	3
<i>Ophiothrix spiculata</i> (@)	3
<i>Ophiura lutkeni</i> (@)	3
<i>Ophiuroconis bispinosa</i> (@)	3
<i>Schizoderma diplax</i> (@)	3

#### Clase Echinoidea

<i>Arbacia incisa</i> (@)	3
<i>Brissopsis pacifica</i>	3
<i>Caenocentrotus gibbosus</i> (@)	21
<i>Cassidulus pacifica</i>	21
<i>Centrechinus mexicanus</i> (@)	3, 9
<i>Centrostephanus coronatus</i> (@)	3, 30
<i>Clypeaster europacificus</i> (@)	3
<i>Clypeaster rotundus</i> (@)	21
<i>Clypeaster speciosus</i>	3
<i>Diadema mexicanum</i>	3, 30
<i>Echinometra oblonga</i>	3, 9
<i>Echinometra vanbrunti</i>	9, 29, 30
<i>Encope grandis</i> (@)	3
<i>Encope micropora</i> (@)	3
<i>Eucidaris thouarsii</i> (\$)	2, 3, 9, 29, 30
<i>Hesperocidaris asteriscus</i>	9
<i>Hesperocidaris perplexa</i> (@)	29
<i>Heterocentrotus mamillatus</i> (@)	9
<i>Lovenia cardiformis</i>	3
<i>Lytechinus pictus</i> (@)	3
<i>Lytechinus semituberculatus</i> (@)	21, 30
<i>Meoma grandis</i> (@)	3
<i>Strongylocentrotus fragilis</i> (@)	3
<i>Toxopneustes roseus</i>	29, 30
<i>Tripneustus depressus</i>	2, 3, 12

#### Clase Holothuroidea

<i>Isostichopus fuscus</i>	4, 9
----------------------------	------

<i>Holothuria arenicola</i> (@)	7,9
<i>Holothuria difficilis</i>	4, 7, 9
<i>Holothuria imitans</i> (@)	7, 9
<i>Holothuria impatiens</i>	7, 21
<i>Holothuria inhabilis</i> (@)	4, 7
<i>Holothuria kefersteni</i>	4, 9, 21
<i>Holothuria leucospilota</i>	7, 9
<i>Holothuria lubrica</i>	4, 7, 9
<i>Leptosynapta albicans</i>	9
<i>Neothyone gibber</i>	5
<i>Pentamera chierchia</i>	5, 21
<i>Psychonaetes hansenii</i> (@)	21

## Phylum Vertebrata

### Peces

<i>Abudefduf saxatilis</i> (@)	19
<i>Acanthurus</i> sp.	11
<i>Acanthurus triostegus</i> (@)	19
<i>Albula vulpes</i>	10 (probable)
<i>Alopias superciliosus</i>	10 (probable)
<i>Anisotremus interruptus</i> (@)	19
<i>Arothron meleagris</i> (@)	19
<i>Aulostomus</i> sp.	11
<i>Bathygobius ramosus</i> (@)	19
<i>Bodianus diplotaenia</i> (@)	19
<i>Caranx lugubris</i> (@)	19
<i>Chaenomugil proboscideus</i> (@)	19
<i>Carcharhinus leucas</i> (&)	19
<i>Carcharhinus limbatus</i>	10 (probable)
<i>Carcharhinus longimarus</i>	10 (probable)
<i>Carcharhinus obscurus</i>	10 (probable)
<i>Carcharhinus remotus</i>	10 (probable)
<i>Carcharodon carcharias</i>	10 (probable)
<i>Cirrhitus rivulatus</i> (&)	11, 19
<i>Cololabis saira</i>	10 (probable)
<i>Cypselurus heterurus</i>	10 (probable)
<i>Dermatolepis punctatus</i>	11
<i>Diodon hystrix</i>	11
<i>Echineis naucrates</i>	10 (probable)
<i>Entomacrodus chiostictus</i> (@)	19
<i>Epinephelus</i> sp.	11
<i>Epinephelus labriformis</i> (&)	8, 19

<i>Eupomacentrus rectifraenum</i> (@)	19
<i>Etrumeus teres</i>	10 (probable)
<i>Fodiatur acutus</i>	10 (probable)
<i>Forcipiger longirostris</i>	11
<i>Galeacerdo cuvier</i>	10 (probable)
<i>Gobiesox meandricus</i>	10 (probable)
<i>Gobius</i> sp.	8
<i>Gymnothorax</i> sp. (&)	11, 19
<i>Gymnothorax mordax</i>	8
<i>Halichoeres nicholsi</i> (@)	19
<i>Heniochus nigrirostris</i>	11
<i>Holacanthus clarionensis</i> (&)	8, 11, 19
<i>Kuhlia taeniura</i> (@)	19
<i>Kutsumus pelamis</i>	10 (probable)
<i>Lutjanus viridis</i> (@)	19
<i>Lythrypnus insularis</i> (E)	24
<i>Lythrypnus zebra</i>	10 (probable)
<i>Makaira nigricans</i>	10 (probable)
<i>Manta birostris</i>	11
<i>Manta hamiltoni</i>	10 (probable)
<i>Melichthys niger</i> (@)	19
<i>Mustelus</i> sp.	8
<i>Mycteroperca jordani</i>	8
<i>Myrichthys maculosus</i> (@)	19
<i>Myripristis</i> sp.	11
<i>Ovoides setosus</i>	8
<i>Pseudupeneus dentatus</i> (@)	19
<i>Priacanthus cruentatus</i>	11
<i>Rhincodon typus</i>	10 (probable)
<i>Sphyrna lewini</i>	10 (probable)
<i>Sphyrna media</i>	10 (probable)
<i>Strongylura exilis</i> (@)	19
<i>Sufflamen verres</i> (@)	19
<i>Tetrapturus audax</i>	10 (probable)
<i>Thalasoma</i> sp.	11
<i>Thalassoma lutescens</i> (@)	19
<i>Thunnus alalunga</i>	23
<i>Thunnus albacares</i>	23
<i>Thunnus thynnus</i>	23
<i>Trachurus symmetricus</i>	10 (probable)
<i>Thunus saliens</i>	8
<i>Xiphias gladius</i>	10 (probable)
<i>Zanclus canescens</i>	11

## Reptiles

*Chelonia mydas* 14

## Mamíferos

*Lagenodelphis hosei* 19

*Megaptera novaenglae* 18, 22

**Referencias:** 1, Verill (1868); 2, Fisher (1911); 3, Ziesenhenné (1937); 4, Deichmann (1937); 5, Deichmann (1941); 6, Durham y Barnord (1952); 7, Deichmann (1958); 8, Villalobos (1960); 9, Caso (1962); 10, Miller y Lea (1972); 11, Chan (1974); 12, Brusca (1980); 13, Chávez-Comparán, (1980); 14, Brattstrom (1982); 15, González-Nacagawa y Sánchez-Nava (1986); 16, Hernández Aguilera *et al.* (1986); 17, Aguayo y Sánchez (1987); 18, Urbán y Aguayo (1987); 19, Castañeda-Beltrán (1988); 20, IUCN (1988); 21, Maluf (1988); 22, Campos-Ramos (1989); 23, Ortega-García (1989); 24, Bussing (1990); 25, Bernard *et al.* (1991); 26 Castellanos-Avila y Ketchum-Mejía (1991); 27, Castellanos-Avila *et al.* (1992); 28, Correa-Sandoval (1991); 29, Holguín-Quiñones *et al.* (1992); 30, Castellanos-Avila *et al.* (1992); 31, Reyes-Bonilla y Carriquiry (en prensa); 32, Rioja (1959).



## CAPITULO 14

## LAS AVES MARINAS

*Jorge Llinas Gutiérrez*

## Resumen

La lejanía de la isla Socorro respecto a la costa occidental de México, y su ubicación dentro de la región marina tropical, determinan que cuente con una avifauna oceánica formada por especies residentes de las familias Sulidae, Fregatidae, Laridae y Phaethontidae, a las que se suman otras aves oceánicas transeúntes de las familias Diomedidae, Procellariidae e Hydrobatidae, y migratorias de la familia Laridae. En la época fría la avifauna es más abundante en la ensenada Braithwaite y el Sector Naval Militar, y dominan taxonómica y numericamente los láridos y súlidos; en la temporada cálida la máxima abundancia se anota en la ensenada Braithwaite y el cabo Middleton, y dominan sólo los súlidos. Estas especies forman varios gremios de alimentadores, de los cuales los más persistentes durante el año son los zambullidores y acosadores. Sin embargo, en invierno dominan las especies inmersoras, y otros alimentadores menos importantes son los recolectores, palmoteadores y cleptoparásitos. Sus principales corredores de alimentación se ubican en las cercanías de los islotes Rocosos, la roca O'Neal, y las áreas entre el cabo Pearce y la bahía Academia, y entre la punta Tosca y el cabo Henslow. Localmente crían la golondrina tiznada (*Anous stolidus*), el charrán oscuro (*Sterna fuscata*), el rabijunco (*Phaethon aethereus*) y la pardela de Socorro (*Puffinus auricularis auricularis*). Esta última es endémica del archipiélago de Revillagigedo (islas Socorro, Clarión y San Benedicto), y ha sido enlistada entre las aves mexicanas amenazadas, aunque su *status* es desconocido. Otras seis especies de aves marinas que anidan en el suelo de otras islas del archipiélago no crían en Socorro, quizá a causa de la actitud depredadora de los halcones de cola roja (*Buteo jamaicensis socorroensis*), de los gatos (*Felis catus*) asilvestrados, y tal vez también de los cangrejos terrestres (*Gecarcinus planatus*), y por la destrucción del habitat por

parte de ovejas (*Ovis aries*) asilvestradas

### Abstract

Because of the distance from Socorro Island to the occidental coast of Mexico, and its location in the Marine Tropical Region, a characteristic oceanic avifauna is determined by resident species of the Sulidae, Fregatidae, Laridae and Phaethontidae families, with addition of other temporary seabirds of the families Diomedidae, Procellariidae, Hydrobatidae, and migratories of the family Laridae. During the cold season, the avifauna at Ensenada Braithwaite and the naval garrison is more abundant, and the larids and sulids are taxonomically and numerically dominant; during the warm season the abundance of birds at Ensenada Braithwaite and Cabo Middleton is at's highest and sulids only are dominant. These species form several guilds of feeders, of which the surface and deep plunger and pursuit plungers are more persistent over the year. However in winter the dippers are dominant, and other feeders less important are surface seizers, patterers and kleptoparasits. Their principal feeding corridors are located near to the Islotes Rocosos, the Roca O'neal, and between Cabo Pearce and Bahia Academia, and between Punta Tosca and Cabo Henslow. Local breeds are the brown noddy (*Anous stolidus*), sooty tern (*Sterna fuscata*), red-billed tropic bird (*Phaethon aethereus*) and the Townsend's shearwater (*Puffinus auricularis auricularis*). This last is endemic of the Revillagigedo Archipelago (Socorro, Clarión and San Benedicto islands), and it has been considered to be within the threatened mexican birds, although its status is unknown. There are six species of seabirds which nest on the floor of the archipelago's other islands but do not breed in Socorro. The reasons why they do not breed there could be due to: a) the plunderer attitude of the red-tailed hawks (*Buteo jamaicensis socorroensis*), b) the grown feral cats (*Felis catus*), c) maybe because of the land crabs (*Gecarcinus planatus*) and d) for habitat loss by introduced sheeps (*Ovis aries*).

### Introducción

Hace unos cinco millones de años, la tierra fue testigo de la aparición de una miríada de especies de plantas y animales, como jamás había ocurrido en su historia. Se ignora siquiera la cantidad aproximada de aquel florecimiento, pero, a través de un proceso alternativo de apariciones y extinciones, han llegado hasta nosotros más de cinco millones de especies biológicas, de las cuales solo 1,4 millones, aproximadamente, se hallan descritas y nombradas científicamente (Wilson y Peter, 1988).

Existe, por tanto, gran desconocimiento en cuanto a la magnitud de formas de vida y su distribución geográfica, que se ha hecho alarmante en las últimas cuatro décadas, cuando se ha cobrado más y mayores espacios para urbanizar y cultivar. En este sentido la cuota ha sido mayor en los trópicos, donde se estima que se concentra más del 62,0% (calculado a partir de datos de Halffter, 1992) del total global de las especies biológicas, a pesar de que estos ambientes cubren sólo entre el 7,0 y el 14,0% de la superficie del planeta (Lanly, 1983; Wilson, 1988). Esta pérdida de hábitat extingue diariamente unas 100 especies (Gore, 1989) de plantas y animales a nivel mundial, y conduce al planeta hacia lo que McConnaughey (1974) considera "el quinto colapso del ecosistema mundial", un evento de extinción masiva de especies, esta vez provocado por el hombre.

Apremia entonces inventariar lo más de las especies que faltan, o estudiar la biología de las que ya descritas son insuficientemente conocidas, antes de que su pérdida impida que comprendamos "su papel en el drama ecológico de la tierra" (Brusca, 1980). Por otra parte, la protección y eventual manejo de estas especies han de requerir, por lo menos, que se conozcan su estado poblacional y necesidades de hábitat.

México posee la fauna continental, tropical y templada, más rica de Norteamérica, y ecosistemas menos diversos, pero quizá con muchas especies que aguardan para ser descritas (Brusca, 1980) o estudiadas enteramente; tal es el caso del fondo profundo de sus mares, y sus islas oceánicas, cuya lejanía y difícil acceso dificultan los estudios de su biota. Mas sin embargo, los principales obstáculos para el desarrollo de investigaciones biológicas (y de otras disciplinas) oceánicas en México, han tenido su origen en la falta de recursos económicos, y quizá también en nuestra escasa vocación marinera, que ni trescientos años de mestizaje con los europeos lograron desarrollar en la mayoría de nosotros.

En este capítulo se muestra una visión de las aves marinas de la Isla Socorro, desde una perspectiva estructural y distribucional, y con algunos visos ecológicos que pueden explicar la sutil relación entre esta comunidad y el ambiente terrestre insular.

## Antecedentes

Las verdaderas aves marinas son las que participan de los ciclos de energía oceánica la mayor parte de su vida, excepto durante un 10,0% de la misma que pasan en tierra dedicadas a la crianza (Ainley, 1980). Sólo las especies de las familias *Alcidae*, *Spheniscidae*, *Diomedidae*, *Procelariidae*, *Hydrobatidae*, *Pelecanoididae*, *Phaethontidae*, *Fregatidae*, *Sulidae*, una de la familia *Pelecanidae* (Sem. Ornith., 1987) y pocas especies de la familia *Laridae* (Ainley, 1980) mantienen esta condición. Debido a que se reproducen en islas, o en costas



continentales deshabitadas o casi deshabitadas, son las aves menos conocidas en todo el mundo.

En México el conocimiento que tenemos de nuestras aves marinas se limita generalmente a las especies que anidan en las costas e islas continentales (Sada, 1988), y muy poco se sabe de las que frecuentan las aguas nacionales de alta mar, o de las que crían únicamente en islas oceánicas. Existe así una relación inversa entre el grado de conocimiento que se tiene de estas aves y la distancia de la costa a la mar. Es de admirar que de 1974 a 1984, se hayan sumado siete nuevas especies al inventario de aves marinas mexicanas. Estos nuevos registros corresponden tan solo a la alta mar del Pacífico, frente al litoral que limitan los estados de Jalisco y Chiapas, y longitudinalmente hasta el archipiélago de Revillagigedo (Pitman, 1986), más allá aún de los 114° O.

El conocimiento general de la biota de este Archipiélago, es relativamente amplio, más no profundo, marcando una excepción en la relación inversa entre el grado de conocimiento biológico y la distancia de la costa a la mar. La razón de este hecho es la ubicación del archipiélago en las viejas derrotas del Pacífico, que lo ha puesto al alcance de los grandes viajeros. El punto de partida de los estudios biológicos de la región se remonta 122 años atrás, cuando Alfred J. Grayson (1872) publicó el primer trabajo sobre la biota de la Isla Socorro. Desde entonces, han llegado a la zona muchos naturalistas y científicos (Richards y Brattstrom, 1959), atraídos por el rico endemismo (Jhonston, 1931) y los fenómenos geológicos (Bryan, 1966; Carballido, 1985) que la caracterizan.

En gran medida el conocimiento general que se tiene del archipiélago proviene principalmente de las expediciones realizadas por la Universidad y la Academia de Ciencias de California, la Fundación Allan Hancock y el Museo Carnegie de Historia Natural. En el caso de Socorro, la participación mexicana es cada vez mayor (Adem, 1960; Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Huerta, 1975; Jiménez, 1991; Medina, 1957), desde que en la isla se estableció el Sector Naval Militar de la Armada de México, en 1957.

Un acontecimiento por demás importante para la vida en Socorro, fué la introducción de ovejas (*Ovis aries*) hacia 1869 (Hanna, 1926). Desde entonces esta calamidad deteriora paulatinamente la mitad sur de la isla. De esta zona, gran parte se ha erosionado por el sobrepastoreo de estos animales ya asilvestrados, y han desaparecido algunos de los bosques que alguna vez ahí existieron; testigo de ello son las pequeñas agrupaciones e individuos aislados de amates (*Ficus cotinifolia*) y añosos zapotillos (*Bumelia socorroensis*) que aún persisten. Y más aún, de acuerdo con León *et al.* (en prensa), las zonas boscosas más extensas que sobreviven en el área se encuentran en vías de extinción. En cambio, la mitad norte de la isla, libre en general de ovejas e inexplorada casi en su totalidad, ofrece a la vista aérea un continuo de matorrales y bosques, apenas interrumpido por corredores de lava solidificada y cañones escarpados.

El deterioro ambiental del sur de la isla, la depredación por gatos silvestrados

(Jehl, 1982; Jehl y Parkes, 1982), quizá la presencia de aves inmigrantes y la permanencia humana (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992), han extinguido a la paloma de Socorro (*Zenaida graysoni*), tal vez al tecolote enano (*Micrathene whitneyi graysoni*) (Wehtje *et al.*, 1993), y amenazan a otras especies de aves endémicas (Jehl, 1982): El cenizote de Socorro (*Mimodes graysoni*) (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992), y supuestamente la pardela de Socorro (*Puffinus auricularis auricularis*) (Johnston y Stattersfield, 1990), endémica del archipiélago, se encuentran en vías de extinción. El saltapared (*Thryomanes sissonii*) y el rascador (*Pipilo erythrophthalmus socorrensis*) pueden caer en la categoría de especie vulnerable (Vega, 1988).

La protección y manejo de estas y las demás especies de Socorro, requieren de conocerlas más, y en la medida del problema que afrontan, pues la información disponible hasta ahora se limita en mayor parte a listados de especies, a los que se van agregando nuevos registros (Brattstrom y Howell, 1956; Jehl y Parkes, 1982; Santaella y Sada, 1991).

## La Comunidad

En Socorro y en sus aguas circundantes, se han registrado 18 especies de aves marinas, contenidas en ocho familias; dominan taxonómicamente las pertenecientes a *Procellariidae* y *Sulidae*. En invierno también dominan especies no típicamente marinas (Ainley, 1980; Sem. Ornith., 1987) de las familias *Laridae* (*Larus atricilla*, *L. pipixcan*, *L. heermanni*, *L. delawarensis*, *L. californicus*, *L. occidentalis*, *L. argentatus*, *L. glaucescens*), y *Accipitridae* (*Pandion haliaetus*), con lo cual la avifauna suma en total nueve familias y 27 especies (Cuadro 1). El albatros de Laysan, los alcatraces, rabihorcados, rabijuncos, la golondrina tiznada y el charrán oscuro, las pardelas, petreles y el estercorario comparten el hábitat pelágico, y representan el 63 % del total de la avifauna. El resto de la comunidad se forma por aves que participan de las aguas costeras, y por otras que tienen un carácter "ambivalente" en cuanto al hábitat (Sem. Ornith., 1987; A.O.U., 1983), es decir, que su vida discurre ligada a las aguas costeras y/o continentales (Cuadro 2).

Durante todo el año dominan numericamente los alcatraces enmascarado y café, a los que se suman en la época fría otras especies de las cuales varias son abundantes, como son la pardela de Socorro, la apizca pinta y la gaviota plateada. El conjunto de especies de menor abundancia lo forman aves transeúntes estrictamente pelágicas, otras de presencia accidental y en general gaviotas migratorias que modifican la estructura de la comunidad; su ausencia en la temporada cálida destaca una marcada pobreza de especies, donde los únicos dominantes son los alcatraces (Cuadro 3). En cambio, en la época fría enriquecen la avifauna en especies e individuos, y dominan primeramente la pardela de Socorro, el alcatraz café y la apizca pinta (Cuadro 4).

**Cuadro 1.** Composición taxonómica de la avifauna marina de Socorro. Se incluyen los islotes Rocosos y la roca O'neal, situados al NE. y ONO. de la isla respectivamente.

Familia	Especie	Nombre común
Diomedidae	<i>Diomedea immutabilis</i>	Albatros de Laysan <sup>1</sup>
Procellariidae	<i>Puffinus pacificus</i>	Pardela del Pacífico <sup>2</sup>
	<i>Puffinus lherminieri</i>	Pardela de Audubon <sup>2</sup>
	<i>Puffinus auricularis</i> *	Pardela de Socorro <sup>2</sup>
	<i>Oceanodroma leucorhoda</i>	Petrel de tormenta <sup>2</sup>
Hydrobatidae	<i>Oceanodroma tethys</i>	Petrel de tormenta <sup>2</sup>
	<i>Phaethon aethereus</i> *	Rabijunco <sup>3</sup>
Sulidae	<i>Sula dactylatra</i>	Alcatraz enmascarado <sup>3</sup>
	<i>Sula nebulosa</i>	A. de patas azules <sup>5</sup>
	<i>Sula leucogaster</i>	A. café <sup>3</sup>
	<i>Sula sula</i>	A. de patas rojas <sup>5</sup>
Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano café <sup>4</sup>
Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i> ***	Rabihorcado magno <sup>3</sup>
	<i>Fregata minor</i>	Rabihorcado <sup>3</sup>
Accipitridae	<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora <sup>3</sup>
Laridae	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Salteador <sup>1</sup>
	<i>Larus atricilla</i>	Gaviota reidora <sup>6</sup>
	<i>Larus occidentalis</i>	Gaviota occidental <sup>5</sup>
	<i>Larus pipixcan</i>	Apizca <sup>5</sup>
	<i>Larus heermanni</i>	Gaviota parda <sup>6</sup>
	<i>Larus delawarensis</i>	Apizca pinta <sup>6</sup>
	<i>Larus californicus</i>	Gaviota de California <sup>6</sup>
	<i>Larus argentatus</i>	G. plateada <sup>6</sup>
	<i>Larus glaucescens</i>	G. glauca <sup>6</sup>
	<i>Sterna fuscata</i> **	Charrán oscuro <sup>3</sup>
	<i>Anous stolidus</i> **	Golondrina tiznada <sup>3</sup>
<i>Gygis alba</i>	Golondrina alba <sup>5</sup>	

Fuentes y notas: Brattstrom y Howell 1956; Jehl y Parkes 1982; Howell y Webb 1990; Wehtje *et al.* 1993; Llinas *et al.*, 1993.

1 Transeúnte ocasional; 2 transeúnte regular; 3 residente; 4 ocasional; 5 accidental; 6 migrante de invierno.

\*Se reproduce en Socorro; \*\* se reproduce en la roca O'neal; \*\*\* probablemente se reproduce en Socorro.

**Cuadro 2.** Proporción de gremios de aves de acuerdo al habitat, en las islas de Revillagigedo. Socorro (196,0 km<sup>2</sup>), Clarión (46,0 km<sup>2</sup>) y San Benedicto (13,0 km<sup>2</sup>).

<b>Gremios de aves</b>			
<b>Isla</b>	<b>Oceánicas</b>	<b>Costeras</b>	<b>Ambivalentes</b>
Socorro (n=27)	63,00 %	18,50 %	18,50 %
Clarión (n=19)	78,95 %	5,26 %	15,79 %
San Benedicto (n=19)	89,48 %	5,26 %	5,26 %

**Cuadro 3.** Frecuencia/abundancia relativas (%) de las aves marinas de Socorro. Cifras promedio de 44 avistajes, correspondientes a 91 individuos observados en agosto de 1991.

<b>Especies</b>	<b>Frecuencia/ Abundancia</b>	<b>Especie</b>	<b>Frecuencia/ Abundancia</b>
Pardela de Socorro	4,54/5,50	Aguila pescadora	4,52/2,20
Alcatraz enmascarado	9,10/6,60	Gaviota de California	4,54/2,20
Alcatraz café	77,28/83,50		

Fuente: Llinas *et al.*, 1993.

Esta comunidad es más rica en especies que las de Clarión y San Benedicto, islas cuatro y 15 veces más pequeñas que Socorro, respectivamente (estimaciones realizadas a partir de los datos de Anthony, 1898; Brattstrom, 1963; Brattstrom y Howell, 1956; Levin y Moran, 1989; Santaella y Sada, 1991; Wehtje *et al.*, 1993), que tienen igual riqueza específica entre ellas (19 especies) y una mayor proporción de especies oceánicas y reproductoras que Socorro (Cuadro 2).

La avifauna de los tres sitios es muy parecida taxonómicamente; a este respecto, y de acuerdo al índice de Jaccard (CCj)\* (Brower y Zar, 1981), las mayores similitudes se establecen entre Socorro y San Benedicto (CCj= 0,48), y entre esta última y Clarión (CCj= 0,46), no así entre Socorro y Clarión el cual

es de ( $CC_j=0,44$ ). Siguiendo la misma tendencia, Socorro y San Benedicto contienen igual número especies oceánicas (17), aunque no exactamente las mismas, en tanto que Clarión es más pobre que aquellas en dos especies. Con respecto a los otros gremios, las mayores proporciones se encuentran en Socorro y Clarión (Cuadro 2).

$$* CC_j = \frac{c}{s_1 + s_2 - c}$$

$s_1$  y  $s_2$  es el número de especies en dos comunidades;  $c$  es el número de especies comunes a ambas. El valor  $CC_j$  varía de 0 a 1.

**Cuadro 4.** Frecuencia/abundancia relativas (%) de las aves marinas de Socorro. Cifras promedio de 132 avistajes correspondientes a 697 individuos observados en febrero de 1990.

<b>Especie</b>	<b>Frecuencia/ Abundancia</b>	<b>Especie</b>	<b>Frecuencia/ Abundancia</b>
Albatros	1,52/0,29	Aguija pescadora	1,52/0,29
Pardela de socorro	28,80/30,70	Gaviota reidora	0,76/0,14
Pardela del Pacífico	1,52/0,43	Gaviota parda	1,52/0,29
Rabijunco	9,82/3,30	Apizca pinta	12,88/34,58
Alcatraz enmascarado	6,80/1,72	Gaviota de Cal.	1,52/3,00
Alcatraz café	15,90/12,77	Gaviota plateada	6,10/7,87
Alcatraz de patas rojas	0,76/0,29	Gaviota glauca	0,76/0,14
Rabihorcado magno	5,30/3,16	Charrán oscuro	0,76/6,03
Rabihorcado	0,76/0,14	Pelícano café	3,00/0,86

Fuente: Llinas *et al.*, 1993.

## Los Reproductores

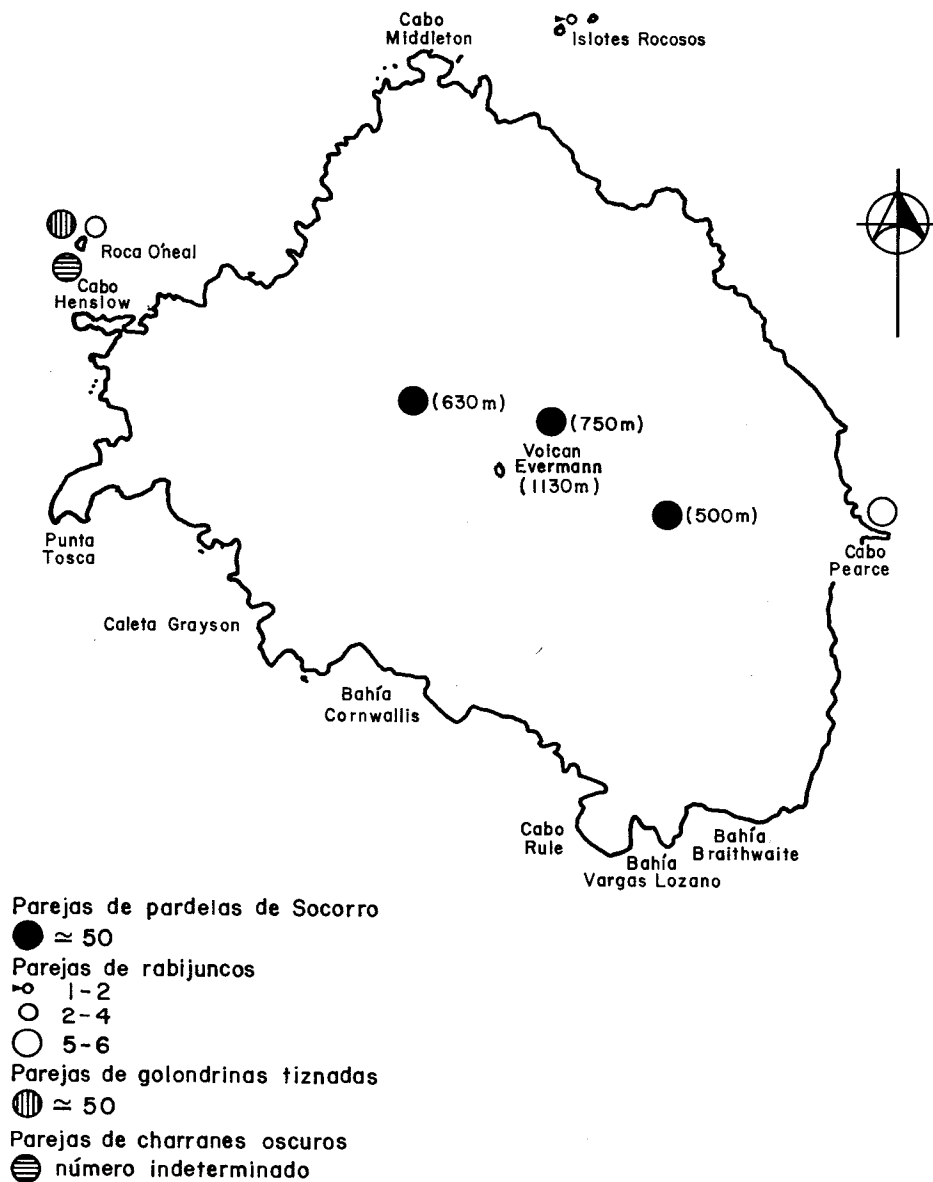
Sólo cuatro especies de aves oceánicas se reproducen en Socorro y sus inmediaciones (Cuadro 1). Estas son la pardela de Socorro, que anida en la isla (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Santaella y Sada, 1991), y el rabijunco, que anida allí y probablemente también en los islotes Rocosos y la roca O'neal (Howell y Webb, 1990; Jehl y Parkes, 1982). En este último sitio también crían

el charrán oscuro y la golondrina tiznada (Anthony, 1898; Howell y Webb, 1990, Santaella y Sada, 1991). Y existe la posibilidad de que el rabihorcado magno, críe en áreas boscosas cercanas a la bahía Academia (Howell y Webb, 1990; Jehl y Parkes, 1982), o a la playa Blanca (Cuadro 1; Fig. 1). El rabijunco es la única ave cuya reproducción está compartida entre Socorro, Clarión y San Benedicto (Howell y Webb, 1990), aunque también pudiera ser el caso de la pardela de Socorro, que anida en el suelo de las dos primeras islas, y probablemente también en San Benedicto (Santaella y Sada, 1991). Pero faltan otras especies tropicales y subtropicales que también anidan en el suelo, como los alcatraces enmascarado y de patas rojas, que crían en Clarión y San Benedicto, el alcatraz café y la pardela del Pacífico que anidan en esta última isla, y el albatros de Laysan que se reproduce en Clarión. Así también, está ausente el rabihorcado (*Fregata minor*), que cría en San Benedicto (Howell y Webb, 1990).

La pardela de Socorro anida por lo menos en tres sitios del monte Evermann (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Santaella y Sada, 1991;), en bosques inalterados y matorral mixto a una altitud promedio de 600 m (Fig. 1). A pesar de su carácter pelágico, y de que cría de diciembre a junio (Jehl, 1982), los registros sugieren que puede visitar regularmente sus áreas de reproducción en Socorro durante todo el año (Wehtje *et al.*, 1993). Se reprodujo otrora en San Benedicto, hasta cuando hizo erupción el volcán Bárcena en 1952 (Brattstrom, 1963). En lo sucesivo no se le ha observado en anidación allí (Howell y Webb, 1990; Jehl, 1982; Jehl y Parkes, 1982). No obstante, en abril de 1990 Santaella y Sada (1991) observaron 20 de estas aves volar hacia la parte norte de la isla, por lo que consideran que la especie puede estar en recolonización.

En diversas ocasiones la pardela ha sido avistada en el océano, en un área que abarca desde la costa del Pacífico de México hasta cerca de los 121° O, y desde el atolón de Clipperton hasta el cabo San Lucas, en la península de Baja California (Jehl, 1982). Varios son los registros imprecisos: "...small flocks totalling a few hundred birds..." (Jehl y Parkes, 1982); "...several hundred..." (Pitman, en Jehl, 1982). Y muchos van de 1 a más de 100 individuos (Jehl, 1982): "...and five were seen off San Benedicto..." (Brattstrom y Howell, 1956); "...up to 550 staged 1-4 km of...Socorro" (Howell y Webb, 1990). En cuanto a las áreas de reproducción los datos son más escasos y aún más imprecisos (Anthony, 1900; Jehl y Parkes, 1982; Kaeding, 1905; McLellan, 1926), o no existen. Por ejemplo, se desconoce su población en Clarión. Sin embargo, considerando el número de sus llamados nocturnos en Socorro ("... in early April 1981, hundreds flew over our camps at 500-650 m altitude, beginning about one h after sunset, and their return... to the sea, mainly between 03:30 and 05:50.") y su abundancia cerca de la isla durante el día, Jehl (1982) estimó una población de pardelas en aproximadamente 1000 parejas.

Everett (1988) y Howell y Webb (1989), indicaron la amenaza que sufren las pardelas de Socorro y otras aves que anidan en el suelo en Clarión, por el hozar de cerdos (*Sus scofra*) asilvestrados, pero no ofrecen datos precisos sobre los cuales cuantificar los daños. Por su parte, Jehl y Parkes (1982) hallaron indicios en Socorro de que los gatos las depredan en las elevaciones del monte Ever-



**Figura 1.** Localización y tamaño de las colonias de aves marinas de la Isla Socorro y sus inmediaciones. El número de parejas se estimó en base a los datos de varios autores; más explicaciones en el texto.

mann; sin embargo, no existen datos cuantitativos al respecto, pues no se han encontrado estos animales, ni aun indicios recientes de su depredación en las áreas de cría (Castellanos y Rodríguez, 1992). A pesar de todo, la pardela de Socorro ha sido enlistada entre las aves en peligro de extinción (ICBP, 1992; Johnston y Stattersfield, 1990).

Los reportes de rabijuncos en cortejo: 2 a 4 parejas en la roca O'neal en abril de 1981 (Jehl y Parkes, 1982); 5 a 6 parejas en el cabo Pearce, dos más en la roca O'neal en febrero de 1988 (Howell y Webb, 1990), y 6 parejas que observamos, en la misma actitud en el cabo Pearce, más dos igualmente en cortejo que avistamos en los islotes Rocosos en febrero de 1990, indican que estas aves se reproducen en Socorro (Howell y Webb, 1990) y en sus inmediaciones. El acantilado norte del cabo Pearce fue el único sitio donde observamos tres parejas "perchadas", o bien entrando o saliendo de oquedades en los riscos, muy arriba de la zona ocupada por los alcatraces cafés; ésto puede ser una prueba fehaciente de que el cabo Pearce es una de las áreas de anidación del rabijunco ( Fig. 1).

A finales del siglo pasado se reportó por vez primera la reproducción local del charrán oscuro y la golondrina tiznada. Anthony (1898) registró una colonia de cada especie compartiendo la roca O'neal en mayo de 1897, pero no determinó su tamaño ("A large colony was found nesting... "A large colony were nesting with the preceding species"). Desde entonces una u otra especie se observaron en vuelo en las cercanías (McLellan, 1926) (Bailey y Pitman, en Howell y Webb, 1990), pero no se reportaron más evidencias de su reproducción hasta abril de 1990, cuando Santaella y Sada (1991) estimaron en más de 100 individuos la población de cada especie en la roca O'neal. Observaron muchos charranes oscuros anidando, pero no confirmaron su número, y estimaron en más de 100 las golondrinas tiznadas en reproducción; esto hace suponer que por lo menos unas 50 parejas de golondrinas, y quizá un menor número de parejas de charranes se reproducen en ese sitio (Fig. 1).

## Los alimentadores

La supervivencia de las aves marinas se halla influenciada por la disponibilidad de alimento y de sitios de anidación, así como por la presencia o ausencia de depredadores en las áreas de cría (King, 1983; Powers, 1983). Sin embargo, como realmente son pocos sus depredadores en el medio marino, la sobrevivencia de esta aves depende principalmente de sus métodos de consecución de alimento.

De acuerdo con la clasificación de Ashmole (1971), las aves marinas utilizan 11 métodos de captura de alimento: Acoso (aéreo, por zambullida, por buceo impelido por patas e impelido por alas); zambullida (superficial y profunda); inmersión ("dipping"); rozamiento del agua ("skimming"); palmoreo sobre el a-



gua ("pattering"); hidroplaneo ("hydroplaning"); piratería aérea (cleptoparasitismo); filtración de agua superficial; recolección en agua superficial; captura en agua superficial; y alimentación en el fondo. Estos métodos les permiten forrajear eficientemente sobre presas de bajos niveles tróficos (principalmente peces, crustáceos y calamares), carroña y basura, muchas veces esparcidas de manera fragmentada e irregular en todo el océano mundial.

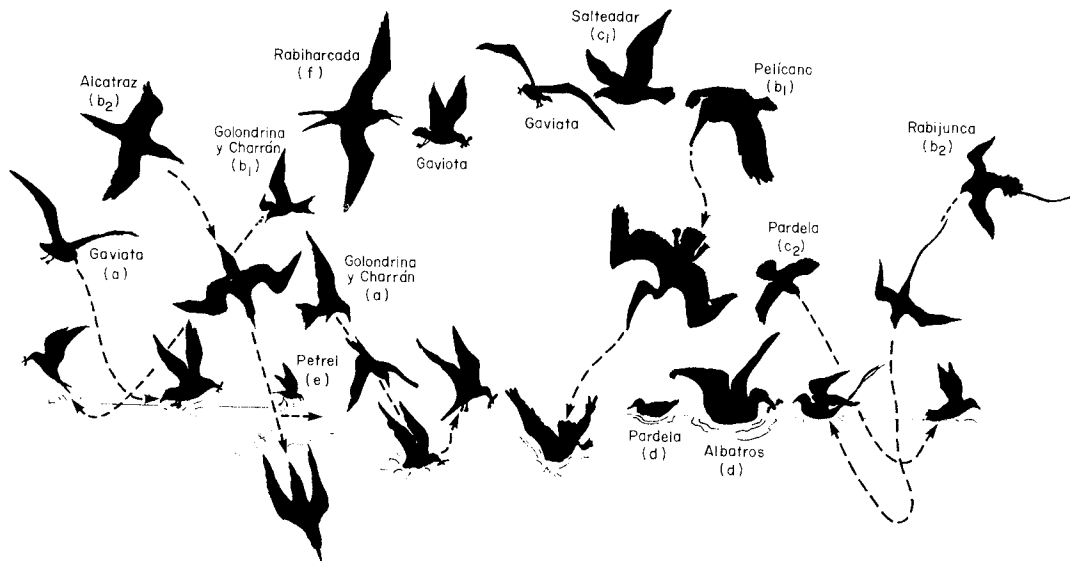
En aguas de altas latitudes predominan los acosadores (por buceo y zambullida), favorecidos por la gran densidad de presas potenciales que acarrear las surgencias. Por el contrario, en las aguas tropicales abundan los alimentadores por inmersión y los zambullidores; éstos deben forrajear sobre grandes áreas, debido a que sus presas se presentan esparcidas y muy escasas durante la horas de luz (Powers, 1983).

En Socorro se observan gremios de alimentadores (Ainley, 1977) por inmersión, zambullidores, acosadores, recolectores, palmoteadores y cleptoparásitos (Fig. 2). A través del año son más persistentes las especies de zambullidores y acosadores, en tanto que en invierno es mayor el número correspondiente a especies inmersoras (Fig. 3). Las aves más evidentes de este gremio son las gaviotas, las golondrinas de mar y los charranes cuando se alimentan relativamente cerca de la costa. Las gaviotas aún remontan a tierra donde consumen desperdicios en los basureros del Sector Naval Militar. Los alcatraces y rabijuncos buscan alimento desde la orilla hasta algunas millas mar adentro. Frecuentemente se observa a los alcatraces capturar peces voladores (Exocoetidae), o revolotear y capturar, junto con los rabihorcados y charranes, presas que persiguen los atunes (*Thunnus spp.*) en las cercanías de los islotes Rocosos y la roca O'Neal, al NNE y NO de la isla respectivamente. Otros corredores de alimentación muy frecuentados por los alcatraces, son los que se ubican entre el cabo Pearce y la bahía Academia, y entre punta Tosca y el cabo Henslow. La observación de los demás gremios se dificulta debido a que generalmente transitan alimentándose a gran distancia de la isla, o bien porque ejercen su hábitos alimentarios en horas de penumbra u oscuridad.

## Discusión y Conclusiones

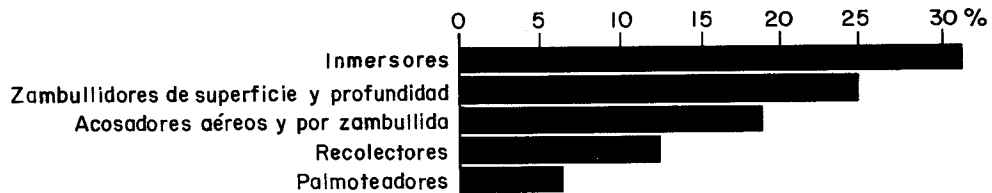
La avifauna marina de Socorro fue mencionada en varias publicaciones de ornitología general del Archipiélago de Revillagigedo (Anthony, 1898; Jehl y Parkes, 1982; McLellan, 1926; Richards y Brattstrom, 1959), hasta que se publicó el trabajo de Howell y Webb (1990). Fue entonces cuando las aves marinas fueron abordadas como un grupo aparte y de manera detallada.

La ubicación de la isla en la región marina tropical, y su lejanía del continente, determinan que la avifauna residente se forme sólo por aves oceánicas tropicales como el rabijunco, los alcatraces café, enmascarado y de patas rojas, la golondrina tiznada, el charrán oscuro y los rabihorcados. Sin embargo, la estruc-



**Figura 2.** Gremios de aves marinas de la Isla Socorro, de acuerdo a sus técnicas de consecución de alimento: a) inmersores, b) zambullidores superficiales (1) y profundos (2), c) acosadores aéreos (1) y por zambullidas (2), d) recolectores, e) palmoteadores y f) cleptoparásitos. (Modificado de Ashmole, 1971)

tura de esta comunidad se incrementa en el invierno, con la llegada de gaviotas migratorias y pardelas de Socorro y del Pacífico, que en conjunto superan taxonómica y numericamente a las aves residentes (Cuadro 4). La retirada de la mayor parte de las especies en la época cálida, hace decaer la estructura de la comunidad, y los alcatraces enmascarado y café llegan a ser dominantes (Cuadro 3).



**Figura 3.** Proporción de los alimentadores que forman la avifauna marina de la Isla Socorro.

La mayor abundancia de la avifauna marina de la isla, y dentro de ésta la menor proporción de aves oceánicas, con respecto a Clarión y San Benedicto, pueden explicarse parcialmente con base en la diversidad ambiental y las áreas disponibles (Cox y Moore, 1989) para la alimentación y el percheo. De entre las muchas especies de aves marinas que utilizan los acantilados, cada una ocupa un sitio particular al cual está adaptada, evitando así la competencia interespecífica (King, 1983). Entonces habrá que atender a la relación especie-área, donde a nivel mundial la cantidad y calidad del hábitat (King, 1983; Olsthoorn y Nelson, 1990), la disponibilidad de alimento y la presencia o ausencia de depredadores terrestres pueden estar involucrados. Así, en San Benedicto (13,0 km<sup>2</sup>), donde no se ha registrado ningún tipo de depredador terrestre (Howell y Webb, 1990), y que posee una mayor proporción de acantilados y domos de traquita (Richards, 1966) en relación a su longitud periférica, comparativamente con Socorro (196,0 km<sup>2</sup>) y Clarión (46,0 km<sup>2</sup>), debe ofrecer más y mejores hábitats para las aves oceánicas, por lo que concentra la mayor proporción de ellas (Cuadro 2), y de éstas el mayor número de reproductores de los tres sitios.

La mayor disponibilidad de alimento (Powers, 1983) que genera la presencia humana en Socorro, su mayor cercanía al continente con respecto a Clarión, y quizá una mayor proporción de zonas de aguas someras propicias para el forrajeo, comparativamente con Clarión y San Benedicto, están acordes con el mayor número de aves costeras y ambivalentes que concentra, en este caso representadas principalmente por gaviotas migratorias, oportunistas por excelencia. Los hábitats quizá más adecuados para las aves oceánicas, se localizan sólo en la ensenada Braithwaite, la roca O'Neal, y los cabos Henslow, Pearce y Middleton, donde algunos atributos de la avifauna alcanzan sus máximos valores en invierno. En el Sector Naval la abundancia de aves aumenta excepcionalmente en esta época, a expensas de las gaviotas que se concentran en los basureros (Cuadros 5 y 6). Por otra parte, y a diferencia de Clarión, Socorro posee un mayor número de vertebrados introducidos, de los cuales las ovejas y gatos asilvestrados representan quizá el mayor riesgo para la biota local (Veitch, 1988).

Las cálidas aguas de la convergencia subtropical de los hemisferios norte y sur, forman una barrera para las aves de aguas frías (Sem. Ornith., 1987), como es el caso de los albatros (*Diomedea spp.*) que por lo mismo se registran como transeúntes ocasionales en el Archipiélago de Revillagigedo. Excepcionalmente, el albatros de Laysan, expande su área de distribución (Wehtje *et al.*, 1993) en el Pacífico, y se reproduce en Clarión y quizá también en San Benedicto (Howell y Webb, 1990).

Otras aves, como las pardelas *Pterodroma nigripennis* y *P. externa*, que viven, la primera en el Pacífico central y del SO., y la segunda en la misma región, y además en el S. y SE. del Pacífico, están ausentes en Socorro por razones de su propia distribución natural (Harrison, 1983), en tanto que en Clarión se observan como transeúntes ocasionales. Asimismo, en estas islas la Pardela de Socorro

(Wehtje, *et al.*, 1993), que habita en el Pacífico de México y Centroamérica, y la pardela del Pacífico, que ocupa el Pacífico centro-oeste y el océano Índico, son quizá transeúntes regulares. Otras aves que mantienen esta característica son los petreles del género *Oceanodroma*; *O. tethys*, por su restricción a una franja del Pacífico entre México y el norte de Chile, y *O. leucorhoa*, porque su distribución de migración alcanza gran parte del Pacífico tropical de América.

Así también, en Socorro no se han registrado muchas especies de aves oceánicas que han sido reportadas para aguas del Pacífico mexicano, longitudinalmente más allá de la isla, como son *Puffinus griseus*, *P. opisthomerus*, *Oceanodroma markhami*, *Catharacta maccormicki*, *Stercorarius parasiticus*, *Sterna paradisaea* y *Endomychura craveri*, entre varias (Harrison, 1983; Pitman, 1986); otras han sido registradas escasamente y en forma esporádica, como es el caso de *Stercorarius pomarinus* y *Oceanodroma tethys* (Jehl y Parkes, 1982), a pesar de que son reportados como migrantes (Harrison, 1983) regulares de invierno. Esto puede ser resultado de la falta de visitas consecutivas a la región a través del año. Los observadores llegamos a la zona principalmente en primavera e invierno (Wehtje, *et al.*, 1993), y rara vez hacemos exploraciones en el estío por razones de seguridad, ya que la isla, como San Benedicto, se halla

**Cuadro 5.** Estado de la avifauna marina de Socorro. Cifras promedio correspondientes a recuentos realizados en febrero de 1990. AR= Abundancia relativa de 697 aves(%), RE= Riqueza de especies, H' = Diversidad (Shannon-Wiener, según Brower y Zar 1981).

Sitio	AR	RE	H'	Dominantes
Ensenada Braithwaite	37,1	10	0,30	Apipizca Pardela de Socorro
Sector Naval	27,3	5	0,17	Apipizca
Cabo Henslow	9,4	5	0,22	Alcatraz café
Cabo Pearce	8,3	6	0,67	Alcatraz café
Roca O'neal	8,0	4	0,32	Charrán oscuro
Punta Tosca	3,6	2	0,27	Rabihorcado
Cabo Middleton	2,4	7	0,69	Apipizca
Islotes Rocosos	1,3	2	0,28	Rabijunco
Roca Pináculo	1,0	3	0,38	Alcatraz café
Ensenada Cornwallis	0,6	2	0,30	Rabihorcado
Ensenada Grayson	0,8	3	0,46	Rabihorcado
Ensenada Binner	0,1	1	----	Alcatraz café
Cabo Rule	0,1	1	----	Alcatraz café

Fuente: Llinas *et al.*, 1993.

dentro del corredor de huracanes del Pacífico. Este hecho debe sezgar significativamente nuestra apreciación respecto a lo que realmente acontece en la estructura de la avifauna local durante el año. Cuando se tengan registros de las aves para cada uno de los meses, sin duda se encontra que esta comunidad es más diversa, y su abundancia, estacionalidad (Fig. 4) y proporción de gremios de alimentadores (Fig. 3) y por habitat (Cuadro 2) son diferentes.

Lo anterior no es aplicable al fenómeno reproductivo, pues las aves marinas se reproducen cuando el Archipiélago en general es más visitado. Con excepción del caso de la pardela de Socorro, esta coincidencia repercute en la obtención de datos varias veces confirmados, y por tanto más fidedignos, en cuanto al número de especies reproductoras y su abundancia. En este aspecto las diferencias entre Socorro y las otras islas, han de ser explicadas entonces por razones ecológicas, que incluyan la variedad y calidad del hábitat, y la presencia o ausencia de depredadores terrestres.

Al parecer las aguas circundantes a Socorro contienen suficiente alimento para las aves marinas, y al menos en la parte sur la isla ofrece áreas disponibles para la anidación en tierra. Es por ello que no existen razones obvias para la omisión de reproducción local de la mayoría de las aves que comunmente crían en el suelo de Clarión, San Benedicto y la roca O'neal, que no sean la presencia de depredadores terrestres, y la destrucción del habitat por ovejas asilvestradas. El halcón de cola roja depreda sobre la pardela de Socorro y otros vertebrados, y sobre cangrejos terrestres (*Gecarcinus planatus*) (Wehtje, *et al.*, 1993) (Jiménez *et al.*, Cap. 9 de éste mismo libro). A nivel mundial, los gatos asilvestrados han diezmdo muchas poblaciones de aves marinas y terrestres isleñas (Moors y Atkinson, 1984). Y la pasiva y aparentemente inofensiva actitud de los cangrejos terrestres y las ovejas, puede enmascarar también un potencial papel depredador, que bajo ciertas circunstancias puede aflorar como una realidad. Por ejemplo, el cangrejo terrestre, en el atolón de Clipperton, consume cadáveres y animales heridos, así como crías y huevos de aves marinas de las que anidan en

**Cuadro 6.** Estado de la avifauna marina de Socorro. Cifras promedio correspondientes a recuentos realizados en agosto de 1991. AR= Abundancia relativa de 91 aves (%); RE= Riqueza de especies; H= Diversidad (Shannon-Wiener, según Brower y Zar, 1981).

Sitio	AR	RE	H	Dominantes
Ensenada Braithwaite	39,3	3	0,25	Alcatraz café
Sector Naval	8,5	1	----	Charrán oscuro
Cabo Pearce	24,4	3	0,83	Alcatraz café
Cabo Middleton	26,8	5	0,04	Alcatraz café

Fuente: Llinas *et al.* 1993.

en el suelo (Ehrhard y Niauxsat, 1970). Por su parte, las ovejas (*Ovis*), quizá ante una deficiencia de minerales en la vegetación que consumen, pueden depredar sobre aves marinas, cercenándolas para complementar sus requerimientos nutricionales. Hechos de esta naturaleza fueron comprobados por Furness (1988a; 1988b), entre 1973 y 1980, en gran cantidad de crías de la golondrina ártica (*Sterna paradisaea*) y varias del salteador parásito (*Stercorarius parasiticus*) en la isla Foula, del archipiélago de las Shetland, RU.

La acción de los depredadores, sumada al deterioro ambiental y la perturbación que pudieran causar las ovejas, pueden ser las razones de la falta de aves marinas anidantes en tierra en la isla, a excepción de la pardela de Socorro. Quizá las zonas de anidación de esta especie en la isla, ahora confinadas a las elevaciones del monte Evermann, sean remanentes de lo que otrora fueran extensas colonias de reproducción de varias aves oceánicas de las que crían en tierra.

La Pardela de Socorro ahora se enlista entre las aves en peligro de extinción (Johnston y Statterfield, 1990), supuestamente porque es depredada en Socorro por gatos asilvestrados (Jehl, 1982), y porque su habitat está siendo destruido por los cerdos en Clarión (Everett, 1988; Howell y Webb, 1989); sin embargo, el impacto que sufre no ha podido cuantificarse por falta de cifras precisas (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Rodríguez *et al.*, 1991). Así también, no existen estimaciones confiables de su población reproductora (Jehl, 1982), ni la cantidad y ubicación exacta de sus colonias en el archipiélago. Y debido a que habita como transeúnte en una región oceánica tan vasta, no se puede precisar el tamaño de su población a pesar de los muchos registros que de ella se han obtenido. Estimar su población requiere entonces de localizar todas sus colonias de reproducción, y efectuar recuentos *in situ*. Finalmente habrá de considerarse que mientras no se conozca su población siquiera aproximada, y no se cuantifique el impacto que sufre por gatos y cerdos, la pardela de Socorro deberá ser considerada como una especie de "status desconocido", o bien en la categoría de "especie amenazada" (Llinas *et al.*, 1993; Vega, 1988; ). La impresión de los datos con que hasta ahora se cuenta, desacredita el ubicarla entre las especies en peligro de extinción (Johnston y Stattersfield, 1990; ICBP, 1992).

ESPECIES	Meses											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Diomedea albatrus												
Puffinus pacificus												
Puffinus auricularis												
Puffinus lherminieri												
Oceanodroma leucorhoa												
Oceanodroma tethys												
Phaethon aethereus												
Sula dactylatra												
Sula leucogaster												
Sula sula												
Fregata magnificens												
Fregata minor												
Pandion haliaetus												
Stercorario pomarinus												
Larus atricilla												
Larus heermanni												
Larus delawarensis												
Larus californicus												
Larus argentatus												
Larus glaucescens												
Sterna fuscata												
Anous stolidus												

**Figura 4.** Estacionalidad de las aves marinas de la Isla Socorro, según datos de varios autores citados en el texto.



## Agradecimientos

Deseo agradecer al Vicealmirante Manuel Rodríguez Gordillo, Comandante del Sector Naval de la Isla Socorro, las facilidades otorgadas durante mi estancia de estudio en ese lugar. Y especialmente hago patente mi gratitud a los biólogos Mario Salinas, Tangaxoán Argueta y Tom van Eyck, por permitirme participar en sus viajes alrededor de la isla; y a Fanny Rebón, María de Jesús Vázquez y John Attaway por confiarme varios datos de campo que permitieron concluir este trabajo. Por esta misma razón doy las gracias a mis amigos Carolina y Francoise Gohier.

## Literatura citada

- Adem, J., E. Cobo, L. Blasquez, F. Miranda, A. Villalobos, T. Herrera, B. Villa y L. Vázquez. 1960. La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. MONOGR. INST. GEOFIS. UNAM 2:1-234.
- Ainley, D. G. 1977. Feeding methods in seabirds: a comparison of polar and tropical nesting communities in the eastern Pacific Ocean, P. 669-685. IN: ADAPTATIONS WITHIN ANTARCTIC ECOSYSTEMS, G. A. LLANO. (ED.). Smithsonian Inst., Washington, D.C.
- Ainley, D.G. 1980. Birds as marine organisms: a Review. CALCOFI REP. 21:48-53.
- A.O.U. AMERICAN ORNITHOLOGIST UNION. 1983. Check-list of North American Birds. 6th. ed.. Allen Press, Lawrence, Kans. 877 Pp.
- Anthony, A. W. 1898. Avifauna of the Revillagigedo Islands. AUK 15:311-318.
- Anthony, A. W. 1900. Nesting habits of the Pacific coast species of the genus *Puffinus*. AUK 17:247-252.
- Ashmole, N. P. 1971. Seabirds ecology and the marine environment. p. 223-286. IN: AVIAN BIOLOGY, VOL. 1, D. S. FARNER AND J. R. KING, (EDS.). Academic Press, New York.
- Brattstrom, B. H. 1963. Barcena Volcano, 1952: its effect on the fauna and flora of San Benedicto Island, Mexico. p. 499-524. IN: PROC. 10TH PAC. SCI. CONGR.
- Brattstrom, B.H. y T.R. Howell. 1956. The birds of the Revillagigedo Islands, Mexico. CONDOR 58:107-120.
- Brower, J.E. y J.H. Zar. 1981. FIELD AND LABORATORY METHODS FOR GENERAL ECOLOGY. Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa. 194 Pp.
- Brusca, C. R. 1980. COMMON INTERTIDAL INVERTEBRATES OF THE GULF OF CALIFORNIA. The University of Arizona Press. 513 Pp.
- Bryan, W.B. 1966. History and mechanism of eruption of soda-rhyolite and alkali-basalt, Socorro Island, Mexico. BULL. VOLC., 29:453-480.
- Carballido, S. A. 1992. Estratigrafía de la porción centro-meridional del volcán Evermann, Isla Socorro, México. MEMORIA DEL PRIMER CONGRESO MEXICANO DE MINERALOGIA. p. 20-22.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1992. El zenzonte de Socorro, una especie en peligro de extinción. CIENCIA Y DESARROLLO 18(104):64-75.
- Cox, Ch. B. y P. D. Moore. 1980. BIOGEOGRAPHY: AN ECOLOGICAL AND EVOLUTIONARY APPROACH. Blackwell, Oxford. 234 p.
- Everett, W.T. 1988. Notes from Clarion Island. CONDOR 90:512-513.
- Furness, R. W. 1988a. Predation on ground-nesting seabirds by island populations of red deer *Cervus elaphus* and sheeps *Ovis*. J. ZOOLOG., LOND. 216:565-5783.
- Furness, R. W. 1988. The predation of Tern chicks by sheep. BIRD STUDY 35:199-202.
- Gore, R. 1989. Extinctions. NATIONAL GEOGRAPHICS 175:662-698
- Grayson, A. J. 1872. On the physical geography and natural history of the island of the Tres Marias and of Socorro, off the western coast of Mexico. PROC. BOSTON NAT. HIST. SOC. 14:261-302.

- Halfpeter, G. 1992. Diversidad biológica y cambio global. CIENCIA Y DESARROLLO 18 (104):33-38.
- Hanna, G.D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. GENERAL REPORT PROC. CALIF. ACAD. SCI., 4th ser. 15(1):1-113.
- Harrison, P. 1983. SEABIRDS: AN IDENTIFICATION GUIDE. Houghton Mifflin. Boston. 448 Pp.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1989. Additional notes from isla Clarion, Mexico. CONDOR 91:1007-1008.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1990. The seabirds of las islas Revillagigedo, Mexico. WILSON BULL. 102 (1):140-146.
- Huerta, L. 1975. Contribución al conocimiento de la flora marina de las islas Socorro y San Benedicto del Archipiélago Revillagigedo, Colima, México. BOL. INF. INST. BOT. ESC. SUP. AGRIC. Guadalajara. p. 4-16.
- Jehl, J. R. Jr. 1982. The biology and taxonomy of Townsend's Shearwater. LE GERFAUT 72:121-135.
- Jehl, J. R. Jr. y K.C. Parkes. 1982. The Status of the avifauna of the Revillagigedo Islands, Mexico. WILSON BULLETIN 94:1-19.
- Jhonston, I.M. 1931. The flora of the Revillagigedo Islands. PROC., CALIFORNIA ACAD. SCI., 4th ser. 20(2):9-104.
- Jhonston, T. y A. J. Stattersfield. 1990. A global review of islands endemic birds. IBIS 132:167-180.
- Kaeding, H. B. 1905. Birds from the west coast of Lower California and adjacent islands. CONDOR 7:105-111, 134-138.
- King, W. B. 1983. Seabird of Breeding Habits. OCEANUS 26(1):28-35.
- Lanly, J. P. 1983. Assessment of forest resources in the tropics. FORESTRY ABSTR. (44):287-318.
- Levin, G. A. y R. Moran. 1989. The vascular flora of Isla Socorro, Mexico. SAN DIEGO SOC. NAT. HIST. MEMOR. 16:1-32.
- Llinas, G. J., D. Lluch C., A. Castellanos y A. Ortega R. 1993. La isla Socorro, Revillagigedo, Mexico. p. 520-534. IN: BIODIVERSIDAD MARINA Y COSTERA DE MEXICO. S. I. SALAZAR V. Y N. E. GONZALEZ (EDS.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México.
- McLellan, M. E. 1926. Expedition of the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. VI. The birds and mammals. PROC. CALIF. ACAD. SCI., 4th ser. 15(11):279-322.
- McConnaughey, B. H. 1974. INTRODUCTION TO MARINE BIOLOGY. Mosby Co. St. Louis. 544 p.
- Medina, M. G. 1978. MEMORIA DE LA EXPEDICION CIENTIFICA A LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. Univ. Guadalajara 237 p.
- Moors, P. J. e I.A.E. Atkinson. 1984. Predation on seabirds by introduced animals, and factors affecting its severity. ICBP TECHNICAL PUBLICATION 2:667-690.
- Olsthoorn, J.C. M. y J. B. Nelson. 1990. The availability of breeding sites for some british seabirds. BIRD STUDY 37:145-164.
- Pitman, R. L. 1986. Atlas of seabirds distribution and relative abundance in the eastern tropical Pacific. U.S. NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE, SOUTHWEST FISHERIES CENTER. ADMINISTRATIVE REPORT LJ-86-20. La Jolla CA.
- Powers, K. D. 1983. How seabirds adapt to ocean processes. OCEANUS 26(1):11-17.
- Richards, A. F. 1966. Geology of the islas Revillagigedo, Mexico, 2. Geology and petrography of Isla San Benedicto. PROC. CALIF. ACAD. SCI., Eth Ser. 33:361-414.
- Richards, A. F. y B. H. Brattstrom. 1959. Bibliography, cartography, discovery, and exploration of the Islas Revillagigedo. PROC. CALIF. ACAD. SCI., 4th ser. 29:351-360.
- Santaella, L. y A. M. Sada. 1991. The avifauna of the Revillagigedo Islands, Mexico: Additional data and observations. WILSON BULLETIN. 103:668-675.
- Seminars in Ornithology. 1987. Seminar II. Pp. 67-68. O.S. (Ed.) Pettingil. Laboratory of Ornithology. CORNELL UNIVERSITY. New York.
- Vega, J. 1988. Aves mexicanas posibles de calificarse como amenazadas o en peligro de extinción. CUAUHTLI 1(1): s/n.
- Wehtje, W., H. S. Walter, R. Rodríguez, J. Llinas y A. Castellanos. 1993. An Annotated checklist of the birds of Isla Socorro, Mexico. WESTERN BIRDS 24(1):1-16.
- Wilson, E. O. 1988. The biological diversity crisis: A challenge to science. p. 5-12 IN: SYSTEMATIC BOTANY, A KEY SCIENCE FOR TROPICAL RESEARCH AND DOCUMENTATION. I. HEDBERG (ED.). Symb. Bot. Up. 28:3. Almqvist & Wiksell International. Stockholm.
- Wilson, E. O. y F. M. Peter (Eds.). 1988. BIODIVERSITY. National Academy Press. Washington. D.C. 521 pp.



SECCION V

**ESPECIES EXOTICAS: PROBLEMATICA  
Y RECOMENDACIONES**



## CAPITULO 15

**ASPECTOS DE LA POBLACION Y EL HABITAT  
DEL BORREGO DOMESTICO (*Ovis aries*)**

*Sergio Alvarez Cárdenas, Aradit Castellanos Vera,  
Patricia Galina Tessaro, Alfredo Ortega Rubio  
y Gustavo Arnaud*

**Resumen**

Entre 1988 y 1990 determinamos la distribución y abundancia del borrego doméstico *Ovis aries*. Calculamos la cantidad de biomasa vegetal disponible como forraje potencial y determinamos la capacidad de carga del hábitat durante invierno (enero de 1990) y verano (agosto de 1991), en la zona de la isla con mayor utilización por los borregos.

Estimamos una población de 2,000 animales, concentrados principalmente en el sur y este de la isla, entre los 200 y 500 m, principalmente en las áreas erosionadas, pastizal, bosque de *Ficus* y bosque de *Bumelia-Psidium*. El promedio de biomasa vegetal fue de 334 kg/ha durante el invierno y 849 Kg/ha en verano, con una capacidad de carga de 0.16 Unidades Animales/ha. En ambas estaciones, pastos y herbáceas anuales constituyeron la mayor parte de la biomasa.

El impacto ha sido ocasionado por sobrepastoreo y pisoteo, producto de la alta densidad de borregos que excede la capacidad de carga del hábitat, siendo la causa de los problemas ambientales de la isla: destrucción de la vegetación nativa, erosión del suelo y extinción de especies de aves endémicas. Recomendamos la erradicación del borrego de la isla y discutimos algunas alternativas para su instrumentación.

## Abstract

Between 1988 and 1990 the distribution and abundance of the feral sheep *Ovis aries* were determined. The available vegetal biomass as potential forage and the carrying capacity of the habitat were calculated during winter (january 1990) and summer (august 1991) in the zone of the island with highest utilization by the sheeps.

A population around 2000 animals is estimated, which is mainly concentrated in the southeastern part of the island between 200 and 500 m of altitude, mainly in areas with eroded soil, grassland, *Ficus* and *Bumelia-Psidium* forest. The average of available biomass was 334 Kg/ha in winter and 849 Kg/ha in summer. The carrying capacity was 0.16 Animal Unities/ha. The highest biomass was constituted for grasses and annual herbs in both stations.

The impact has been originated by the overgrazing and trampling, because the sheep high density. Carrying capacity of the habitat is exceeded by the sheep population, and this is the cause of the environmental problems of the island: native vegetation destruction, soil erosion and extinction of endemic bird species. We recommended the eradication of the sheep of the island and discuss several alternatives to do it.

## Introducción

La introducción de ungulados domésticos a ecosistemas insulares ha sido una practica común en muchas islas del hemisferio occidental (Wood *et al.*, 1987), y la degradación del hábitat causada por herbívoros ferales entre los que comunmente se encuentra el borrego doméstico *Ovis aries*, es uno de los problemas ecológicos más serios que se observan en muchas de las islas oceánicas del mundo (Coblentz, 1978; Ebenhardt, 1988). La introducción del borrego doméstico en la Isla Socorro data de hace alrededor de 123 años (Levin y Moran, 1989), en 1869 cerca de veinticinco cabezas de ganado vacuno y 100 borregos procedentes de Cobu, Australia fueron introducidos en la isla (Hanna, 1926). Con el tiempo, sin el cuidado humano la población de borregos se volvió feral adaptándose exitosamente al ambiente insular, y con la ausencia de enemigos naturales, su población creció de tal manera que en la actualidad se pueden encontrar grandes manadas desde el nivel del mar hasta la parte más alta de la isla, en la cumbre del Monte Evermann.

Existen poblaciones de borregos ferales en alrededor de veinte localidades en el mundo (Van Vuren y Coblentz, 1989). En algunos lugares se ha estudiado el impacto ecológico de estos herbívoros ( Jewell *et al.*, 1974; Meurk, 1982; Scowcroft y Giffin, 1983; Van Vuren y Coblentz, 1987); sus adaptaciones e importancia económica (Orwin y Whitaker, 1984; Van Vuren y Coblentz, 1984;

Whitaker y Rudge, 1976; ); y sus características poblacionales (Van Vuren y Coblenz, 1989). Sin embargo, la información sobre el borrego de la Isla Socorro es escasa y contradictoria. Poco o casi nada se conoce sobre su distribución y abundancia, algunos trabajos hacen mención de que los borregos se concentran principalmente en la parte sur-este de la isla (Brattstrom, 1990; Levin y Moran, 1989; Villa, 1960); pero se reportan poblaciones que van desde los 1,000 (Brattstrom, 1990) y 2,000 borregos (Brattstrom y Howell, 1956; Wehtje *et al.*, 1993), hasta los 5,000 animales (Villa, 1960). Salvo por un trabajo que versa sobre sus adaptaciones morfológicas al ambiente isleño (Barba, 1988), otros aspectos de la biología y ecología de esta población son desconocidos.

Otros trabajos consideran al borrego como el principal agente en la modificación de las condiciones ecológicas de la isla (Richards y Brattstrom, 1959; Veitch, 1989), atribuyendole haber ocasionado la pérdida del suelo y cubierta vegetal en alrededor de una quinta parte de la superficie isleña, así como el deterioro de la calidad del habitat y la disminución poblacional de diversas especies endémicas (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993).

El objetivo de este trabajo es presentar información sobre la distribución de borregos en la isla y el tamaño de la población en la porción sur-sureste de la misma, así como de la biomasa aérea disponible como alimento potencial y la capacidad de carga durante el invierno y el verano en la zona con mayor concentración de animales, ponderando el efecto que sobre el ambiente isleño ha ocasionado la población de borregos. Con base en esta información se establecen algunas recomendaciones generales para el manejo o erradicación del borrego doméstico de Isla Socorro.

## Metodología

El trabajo se realizó en dos etapas: en la primera, a lo largo de tres expediciones a la Isla Socorro, entre abril de 1988 y noviembre de 1990, determinamos la distribución del borrego; mientras que en la segunda (enero de 1990 y agosto de 1991), se realizó la estimación poblacional del herbívoro, junto con la evaluación de la biomasa vegetal y la capacidad de carga del hábitat, durante las estaciones de mínima y máxima productividad vegetal, invierno y verano respectivamente.

La distribución del borrego en la isla se estableció con base en los reportes de su ocurrencia en las distintas zonas y asociaciones vegetales, determinados en numerosas exploraciones a pie realizadas en la mitad sur, este y partes del oeste y norte de la isla. En cada exploración se recabó información sobre la presencia o ausencia de los borregos, tanto por el avistamiento directo de animales solos o en grupos, como por los rastros de su presencia: huellas, excrementos, restos de animales, senderos y echaderos marcados por los borregos. Adicionalmente, se tomaron en cuenta los reportes de ocurrencia encontrados en la literatura y los proporcionados por el personal de la Armada



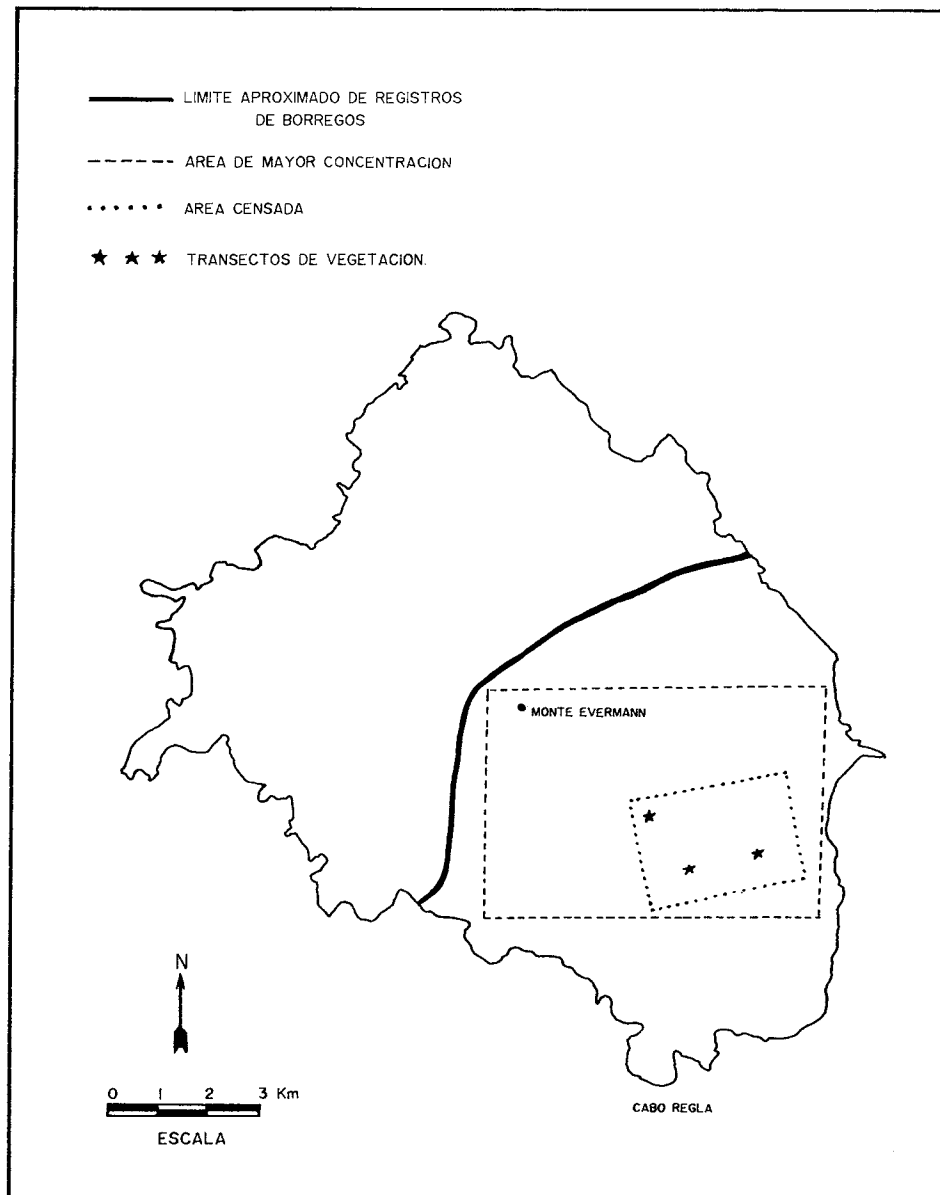
de México destacamentado en la isla.

Una vez establecidas las áreas de distribución del borrego, se efectuó la determinación de la abundancia de animales en la zona donde se concentran principalmente las manadas, en la parte sur-sureste de la isla, donde también los reportes de la literatura (Brattstrom, 1990; Levin y Moran, 1989; Villa, 1960) indicaban la mayor presencia de animales. Para determinar el número de borregos presentes, se realizó un censo o conteo total de animales (Davis y Winstead, 1987), el cual resultó conveniente y aplicable debido a que en la zona se daban las condiciones que satisfacían los requisitos recomendados por Caughley (1978) para la aplicación de este método. La zona de estudio consistió en un área pequeña, relativamente plana, con zonas erosionadas o cubiertas de pastizal y manchones de vegetación boscosa y arbustiva abierta, con una pendiente moderada de norte a sureste que la hace fácilmente observable desde sitios más altos. Por otro lado debido a que los borregos son animales que viven en grupos y son en cierta forma sedentarios (que no abandonan fácilmente sus áreas de pastoreo), resultaban conspicuos, facilitando su conteo; asimismo, los censos se realizaron en períodos lo suficientemente cortos para evitar los desplazamientos significativos de los animales. Estas condiciones hicieron poco probable la repetición de animales en el censado.

El conteo de borregos se realizó durante tres días consecutivos, comenzando a las 17:00 y terminando a las 18:00 horas. Se escogió este horario en virtud de que a esa hora del día los borregos pastaban, generalmente agrupados, realizando desplazamientos cortos y lentos. Para fines del censado, la zona de trabajo se dividió en tres secciones aproximadamente del mismo tamaño, delimitadas operativamente por rasgos característicos del terreno como relieves, arroyos o lomas bajas. Tres personas, una para cada zona, provistos de binoculares de 15-35X50 y de un telescopio de 15-35X60 aumentos, se ubicaron en puntos estratégicos elevados separados aproximadamente un kilómetro. Desde cada punto de observación se efectuó simultáneamente un barrido de un área de 75 ha en promedio, con tres repeticiones de veinte minutos cada una, realizando un escrutinio minucioso del terreno con los binoculares para localizar animales solos y manadas de borregos. En caso necesario, con el apoyo del telescopio se precisó el número de animales observados. En total se efectuaron ocho conteos durante los tres días, cubriendo un total de 600 ha (Figura 1).

Con la suma de los promedios de las tres réplicas en cada uno de los puntos de conteo ( $n=24$ ) se determinó el número de animales presentes en la zona censada y se calculó la densidad, realizando una extrapolación a la porción sur-sureste de la isla, que es la principal zona de distribución del borrego (calculada en el mapa en unas 2,400 ha), para obtener el tamaño de la población de borregos en toda esa zona.

Para la evaluación de la biomasa vegetal disponible como alimento para el borrego y de la capacidad de carga del hábitat en la zona principalmente utilizada por el herbívoro, se escogieron al azar tres sitios dentro del área previamente censada, quedando el primero dentro de un área boscosa, constituido por las especies arbóreas ya mencionadas; el segundo en un área



**Figura 1.** Principal área de distribución de los borregos y ubicación de los sitios para los muestreos de vegetación y conteo de animales.

abierta, compuesto principalmente por gramíneas y herbáceas de pequeña talla; y el tercero en un área con partes boscosas y abiertas. En cada uno de los sitios se estableció un transecto de 400 m dirigido al azar, marcando diez áreas circulares fijas de  $1 \text{ m}^2$  separadas a cada 10 m una de otra. Se utilizó un sistema de doble muestreo (Pechanec y Pickford, 1937), para estimar el peso de cada especie de planta accesible para el borrego, en cada área de  $1 \text{ m}^2$ . Además, en dos áreas de cada uno de los transectos se efectuó el corte total de la vegetación para determinar su peso seco. De la relación entre el peso seco obtenido en las áreas cortadas y el peso estimado en todas las áreas no cortadas, se obtiene un factor que se utiliza para ajustar todos los valores estimados de las especies. Esta técnica ha sido utilizada con éxito para medir la biomasa disponible para el venado cola blanca (Gallina, 1990).

Cabe hacer notar que las especies vegetales encontradas no son necesariamente las que constituyen la dieta del borrego, ya que se consideraron todas las especies que se encuentran al alcance de éste en los sitios muestreados. En el caso de las áreas abiertas se tomaron en cuenta todas las especies de herbáceas y gramíneas de cada área, y en las zonas boscosas se tomaron en cuenta todas las plantas incluidas en el sotobosque, considerando a éste como todas las partes vegetales que se encuentren dentro de las áreas muestreadas hasta una altura de 1.5 m, altura a la cual se observó que los borregos alcanzan a alimentarse.

La riqueza específica (número de especies presentes) y la diversidad de las plantas (proporción de cada especie en la muestra total) fueron estimadas para cada transecto. La diversidad se determinó utilizando el índice del Inverso de Simpson, que representa el número de especies importantes (debido a la biomasa que representan) disponibles como forraje en el habitat (Gallina, 1990).

Promediando los valores obtenidos en invierno y verano que son las épocas con menor y mayor biomasa vegetal en el año, se evaluó la capacidad de carga del habitat, es decir, el número de animales que pueden ser mantenidos en una unidad dada de superficie (Avery, 1975; Stoddart *et al.*, 1975). Para el efecto se aplicó la siguiente fórmula:  $CC = (fb) (pb) / (cb) (tb)$  donde: CC = Capacidad de Carga. fb = Factor de utilización del borrego, o proporción del forraje utilizado = .15 (Ffolliot y Rasmussen, no publ.; Patton, (1992). pb = Productividad o biomasa disponible para el borrego. cb = Consumo total del borrego = 46.42 Kg/Individuo/mes; promedio obtenido de valores dados por Ffolliot y Rasmussen (no publ.) y Patton (1992). tb = Tiempo de forrajeo por el borrego = 12 meses.

## Resultados

En la Figura 1 se delimita la principal área de distribución del borrego en la Isla Socorro, así como la ubicación de los sitios de conteo de animales y el área de mayor uso por parte el borrego, a la cual se extrapolan los resultados de los censos. El borrego se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1040 m de altitud en la cima del volcán y en todas las asociaciones vegetales. Sin embargo, es entre los 200 y 500 msnm de la zona sur donde se observó la gran mayoría de animales, principalmente en el sureste. Las vertientes sur y este del volcán Everman, entre los 500 y 700 msnm registran importantes concentraciones de borregos, pero menores que las de las partes más bajas. En tales áreas las manadas de borregos se concentran y pastorean principalmente en las zonas erosionadas con remanentes de pastizal y en las partes más abiertas del bosque de higueras, bosque de zapotillo/guayabillo y del matorral mixto. Estas observaciones son consistentes con lo reportado por Brattstrom y Howell (1956), Miranda (1960); Levin y Moran (1989) y Villa (1960). En la parte suroeste de la isla se realizaron pocos registros de animales, mientras que en la parte norte no hubo observaciones de ellos, con excepción del noreste donde sólo se registraron algunos animales aislados o se detectó la presencia de estos por sus rastros, lo cual también es confirmado por los reportes que nos proporcionaron los marinos de la guarnición naval de la isla y de Brattstrom (1990).

Los resultados obtenidos durante los censos realizados en las 600 ha de la zona de estudio se presentan en el Cuadro 1. Un total de 389 borregos fueron considerados para esa área, calculando una densidad media de  $49 \pm 22$  borregos para cada uno de los puntos de censado. La extrapolación de los resultados de densidad a la zona de mayor concentración de borregos en la Isla Socorro, nos permitió calcular una población de 1,556 animales para esa área, estimada en unas 2,400 ha de la porción sur-sureste y una densidad de  $0.64 \pm .30$  borregos/ha en esa zona.

El promedio de la biomasa vegetal potencialmente disponible como forraje (alimento) para el borrego doméstico de la Isla Socorro fue de 334 Kg/ha durante el invierno, en tanto que en verano fue estimada en 849 kg/ha (Cuadro 2). De los tres sitios en los que se estimó la cantidad de forraje disponible, en el sitio abierto con presencia de bosque se registró la mayor cantidad de biomasa, mientras que en el sitio con bosque puro se encontró el más bajo, durante las dos épocas muestreadas.

En invierno los pastos constituyeron la mayor parte de la biomasa total en los tres transectos (Cuadro 3), estando representados principalmente por *Eragrostis sp.*, aunque las herbáceas *Argemone sp.* y *Nicotiana stocktonii* estuvieron bien representadas. Por su parte, en el verano, también los pastos representados principalmente por *Aristida adscensionis*, en conjunto aportan la mayor cantidad de biomasa, aunque con un porcentaje menor en relación al de invierno, sin embargo, por especie dominan las herbáceas *Mitracarpus hirtus*, *N. stocktonii*,

**Cuadro 1.** Censo de borregos en un área de 600 ha en la zona sur-sureste de la Isla Socorro. Se presentan los valores de densidad media  $D$  y límites de confianza  $LC$  (al 95%), de los sitios de conteo de 75 ha, así como la varianza  $S^2$  y el error estándar  $ES$ .

Conteos	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Replicas	70 66 71	110 114 109	42 40 38	51 49 44	14 16 12	59 57 61	19 22 19	24 31 29	
$\bar{X}$	69	111	40	48	14	59	20	2	389
D	48.62								
L C	21.80								
$S^2$	990.26								
E S	11.12								

**Cuadro 2.** Biomasa, Diversidad y Riqueza Específica de la vegetación disponible como forraje para el borrego feral, en los tres sitios muestreados de la Isla Socorro durante el invierno de 1990 y verano de 1991.

Transecto	Biomasa kg/ha	Diversidad	Riqueza Específica
Invierno			
1	180.07	1.25	8
2	370.48	2.32	10
3	452.77	1.65	10
	1003.34 $\bar{X}$ 334.44	4.1	16
Verano			
1	550.49	3.02	9
2	563.71	6.29	11
3	1434.64	7.06	16
	2548.97 $\bar{X}$ 849.61	8.00	18

*Chamaesyce hirta* y *Boerhavia coccinea*. Las leñosas sólo están significativamente representadas por *Psidium galapageium*.

En la Figura 2 se observa que la biomasa vegetal disponible para el borrego según su forma de crecimiento, está constituida prácticamente por herbáceas en ambas épocas. Las anuales constituyen casi la totalidad de la vegetación, sobre todo en invierno, observándose un ligero aumento de perennes y árboles durante el verano.

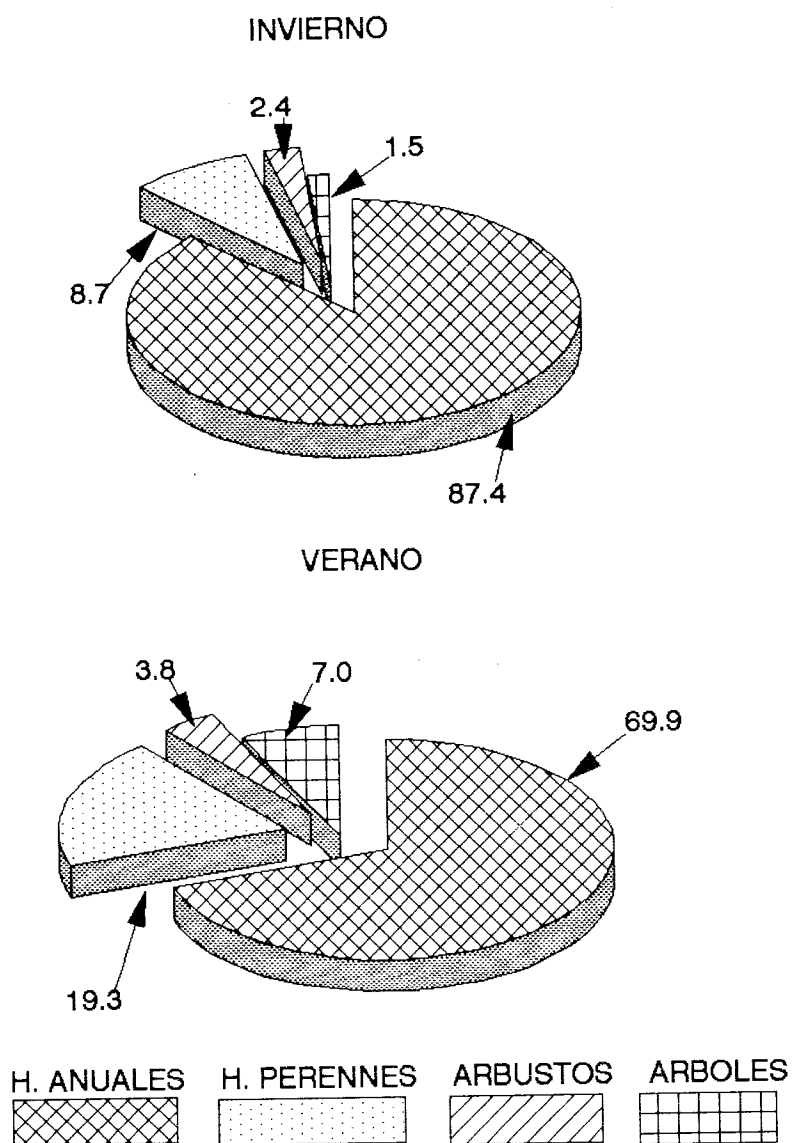
La diversidad calculada en el total del área muestreada en los tres transectos fue de 4.1 en invierno, lo cual indica que hay cuatro especies importantes de un total de dieciseis, desde el punta de vista de disponibilidad (cantidad de forraje) para el borrego de la Isla Socorro. Para el verano, se observa mayor equitatividad entre las especies, obteniéndose un valor de diversidad de 8.0 con un total de dieciseis especies.

Con el promedio de la biomasa obtenido en ambas épocas muestreadas se calculó la capacidad de carga, observando que la zona estudiada podría soportar en forma adecuada 0.16 unidades animales/ha (Cuadro 4). Así, si tomamos en cuenta las 2,400 ha de la parte sur-sureste de la isla que consideramos el área de mayor utilización por los borregos, se calcula que la zona podría soportar una carga de 384 borregos.

## Discusión

Nuestras exploraciones y censos revelan que en la sección sur-sureste de la isla están las áreas de mayor concentración de borregos, lo cual también fue observado por Miranda (1960), Levin y Moran (1989) y Villa (1960). Al parecer, la distribución del borrego en la isla no está restringida a un determinado tipo de vegetación, sino más bien a la cobertura de ésta y a las características físicas del terreno; así, la parte norte de la isla es de terreno muy accidentado y con sitios escarpados, además de que la vegetación es en general muy densa y cerrada, lo cual la hace poco accesible para el borrego; en contraste con la parte sur-sureste de la isla, donde la vegetación es más abierta y el terreno con menor pendiente. La alta variación en el número de animales contados entre los puntos censados observada en el Cuadro 1, hace suponer una preferencia de los borregos por los sitios abiertos ubicados en la mitad sur de la isla. Esto puede ser el resultado de que en esas áreas encuentran una mayor cantidad de biomasa disponible que en zonas con vegetación arbórea y les ofrecen mayor visibilidad y terreno de escape.

Con base en las observaciones realizadas para determinar la distribución, encontramos que el borrego no se encuentra en la parte norte de la isla, siendo ocasional la presencia de animales en el noreste; tomando esto en cuenta y considerando a los animales presentes en el suroeste y la parte más sureña de



**Figura 2.** Porcentaje de biomasa vegetal disponible según sus formas de crecimiento.

la isla, no considerada en el censo, estimamos que su población en toda la isla no supera los 2,000 animales. Esta estimación es consistente con los reportes de Brattstrom y Howel (1956) y Wehtje *et al.*, (1993); aunque Villa (1960) consideró una población de unos 5,000 animales, en tanto que Brattstrom (1990) la considera en 1,000 animales.

Los transectos realizados para la evaluación de la biomasa corresponden a las áreas con el mayor daño aparentemente causado por el borrego feral. De los resultados obtenidos cabe hacer notar que las especies vegetales encontradas no son necesariamente las que constituyen la dieta del borrego, sino únicamente las que se encuentran disponibles para éste en los sitios muestreados. En el Cuadro 3 presentamos a las especies vegetales que están disponibles para el borrego durante las épocas muestreadas en la isla y que podrían resultar potencialmente utilizables por el mismo, basados en la capacidad del herbívoro de alimentarse de pastos, hierbas y especies leñosas (Patton, 1992).

Se observa también que la mayor biomasa vegetal disponible para el borrego esta constituida sobre todo por especies anuales, presentándose la vegetación herbácea perenne abundante o enteramente consumida y los arbustos y árboles desprovistos de hojas hasta el límite del alcance del borrego (1.5 m), resultados que coinciden con los de Levin y Moran (1989), quienes mencionan que el borrego ha desgastado gran parte de la zona ocupada por éste, quedando sólo unos pocos árboles y arbustos moribundos, estando ocupada en la actualidad por especies anuales, particularmente *Mitracarpus hirtus*, *Aristida adscensionis* y otros pastos introducidos, con muy escasa cobertura de perennes. Nosotros suponemos que en la actualidad los árboles son vulnerables cuando se encuentran en estado de plántula o son árboles jóvenes y están al alcance del borrego, de esta manera, asumimos que el daño se produce primariamente por la disminución en la tasa de regeneración.

Los efectos ecológicos provocados por herbívoros introducidos pueden ser variables, desde cambios en la composición del habitat, causados por la alteración de la abundancia de una sola especie de planta, hasta casos severos, donde se puede modificar radicalmente incluso la estructura del hábitat (Ebenhardt, 1988). Taylor (1979), señala que hay numerosos ejemplos que muestran que ningún efecto ecológico es inducido por una especie introducida cuando se encuentra en bajas densidades, pero que efectos ecológicos dramáticos pueden observarse (incluso extinciones) cuando están en altas densidades. En Socorro, evidentemente, el impacto en la vegetación ha sido causado por la alta densidad de borregos que excede la capacidad de carga del hábitat. Como consecuencia del intenso sobrepastoreo, grandes extensiones de la isla se encuentran ahora desprovistas de cubierta vegetal y con avanzados procesos de degradación del suelo (ver capítulo correspondiente). Sin embargo, no sólo el pastoreo excesivo a provocado la alteración del suelo, ya que cuando la manadas de grandes herbívoros presentan números excesivos, los sistemas de veredas característicos de estos animales, junto sus áreas de forrajeo y las de descanso (echaderos), son la principal causa de la erosión acelerada (Riney, 1982); asimismo, el punto focal o de inicio de la erosión varía según la especie,



**Cuadro 3.** Importancia de las especies vegetales disponibles como forraje para el borrego feral, de acuerdo a la biomasa que representan en los sitios evaluados de la Isla Socorro.

Especie		Biomasa Kg/ha	% De Biomasa
Invierno			
<i>Nicotiana stocktonii</i>	Ha	161.17	16.06
<i>Elytraria imbricata</i>	Ha	.42	.04
<i>Chamaesyce hirta</i>	Hp	.35	.03
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	Hp	.59	.75
<i>Chamaesyce thymifoila</i>	Hp	35.80	3.56
<i>Mitracarpus hirtus</i>	Ha	49.96	4.97
<i>Argemone sp.</i>	Ha	238.00	23.72
<i>Galium mexicanum</i>	Ha	1.57	.15
<i>Boerhavia coccinea</i>	Ha	8.19	.81
<i>Opuntia sp.</i>	Ab	28.00	2.79
<i>Psidium galapageium</i>	Ar	16.80	1.67
<i>Eragrostis sp *</i>	Ha	391.33	39.00
<i>Rhynchelitrum repens *</i>	Hp	32.36	3.22
<i>Cenchrus ciliaris *</i>	Hp	5.38	.58
<i>Cynodon dactylon *</i>	Hp	18.71	1.86
<i>Dactyloctenium aegyptium *</i>	Ha	7.22	.72
VERANO			
<i>Mitracarpus hirtus</i>	Ha	487.80	19.52
<i>Chamaesyce hirta</i>	Hp	359.00	14.08
<i>Portulaca oleracea</i>	Ha	14.09	.55
<i>Nicotiana stocktonii</i>	Ha	14.09	16.50
<i>Boerhavia coccinea</i>	Ha	349.55	13.71
<i>Rhynchosia minima</i>	Hp	.18	.007
<i>Waltheria indica</i>	Hp	4.15	.16
<i>Croton masonii</i>	Ab	97.12	3.81
<i>Corchorus aestuans</i>	Ha	.37	0.014
<i>Psidium galapageium</i>	Ar	177.61	6.96
<i>Ficus cotinifolia</i>	Ar	.56	.022
<i>Cynodon dactylon *</i>	Hp	30.04	1.17
<i>Eragrostis sp *</i>	Ha	30.23	1.18

Cuadro 3. Continuación

Especie		Biomasa Kg/ha	% De Biomasa
VERANO			
<i>Aristida adscensionis</i> *	Ha	251.11	9.85
<i>Paspalum longum</i> *	Ha	125.65	4.92
<i>Digitaria bicornis</i> *	Ha	94.09	3.69
<i>Rynchelytrum repens</i> *	Hp	62.92	2.46
<i>Cenchrus ciliaris</i> *	Hp	33.82	1.32

(\*) Pastos, (Ha) Herbácea anual, (Hp) Herbácea perenne  
(Ab) Arbusto, (Ar) Arbol

y en el caso del borrego, el mismo autor menciona que los echaderos y revolcaderos de estos animales son el punto focal de la erosión en áreas montañosas.

## Conclusiones

El impacto negativo del borrego y otros hervíboros introducidos en islas de otras partes del mundo es conocido (Baker, 1985; Coblenz, 1978; Jensen, 1985; Parkes, 1984; Van Vuren y Coblenz, 1984; Wood, *et al.*, 1987). Sin embargo, los efectos de este en la Isla Socorro están muy pobremente documentados en la literatura. Aunque en el presente trabajo no se incluyen determinaciones específicas como tasa de deforestación, erosión o extinción de especies; al describir la biomasa disponible y la capacidad de carga, se da una idea más precisa de la condición del hábitat en la actualidad en el sur-sureste de la isla, que la que se puede encontrar en la literatura. Esto aparte de ser un carácter

**Cuadro 4.** Capacidad de carga del habitat (unidades animales/ha) en base al promedio de las épocas de menor y mayor biomasa, comparada con el número de animales calculado en el área sureste de Isla Socorro.

Superficie	1 ha	600 ha*	2400 ha**
Número de Borregos Calculado	.64	389	1556
Capacidad de Carga	.16	96	384

\* área muestreada

\*\* área de mayor uso por el borrego

descriptivo útil para cualquier trabajo actual y futuro de investigación en la isla, es asimismo un indicador de la pobre calidad del hábitat y en este caso, en que no hay otros herbívoros nativos e introducidos en la isla, un indicador del impacto sobre el hábitat provocado por el borrego.

En el contexto social de la isla, habitada desde 1957, la población de borregos se ha mantenido con el fin de asegurar un suministro de carne para el contingente de marinos que la pueblan, sin embargo, la reducida demanda local sólo permite establecer cosechas de entre treinta y dos y cincuenta animales por mes, es decir, de entre 380 y 500 por año, número que no afecta a la población de borregos. Nosotros consideramos que para preservar la diversidad biótica de la Isla Socorro, sería inadecuado el manejo en una forma sostenida de la población de esta especie, sin embargo, debido a que tal idea aún prevalece en ciertos sectores, tanto de las autoridades centrales como de las que custodian la isla, así como en algunos grupos sociales, resultaría conveniente contar al menos con información sobre la capacidad de carga del hábitat, para poder recomendar a quienes administran esta isla una opción de manejo del borrego que represente la menor potencialidad de impactos. Calculamos que alrededor de 300 borregos es la cantidad que podría soportar la isla sin que su vegetación se viera afectada, particularmente durante la época crítica.

Sin embargo, siendo tan evidente el deterioro de la cubierta vegetal y del suelo de la isla, donde incuestionablemente el causante de este daño es el borrego y siendo incontestable la importancia biológica de la Isla Socorro por su riqueza de especies y subespecies endémicas, recomendamos enfáticamente la erradicación total de la población de borrego para detener el acelerado deterioro de la isla.

Para proponer alternativas socioeconómicamente viables de erradicación del borrego se requiere analizar técnicamente los posibles métodos, así como identificar las condiciones -logísticas, económicas y políticas- que se deben presentar o resolver para su aplicación. Para efectos del control o erradicación de animales introducidos en islas, existen diversos mecanismos que han sido utilizados con éxito en varias partes alrededor del mundo, basados en el uso combinado de sustancias químicas como venenos y de medios físicos como el trampeo y la cacería (Mcilroy, 1983; Parkes, 1983, 1984; Veitch, 1985). En cuanto a la Isla Socorro, Veitch (1989) propone un esquema detallado de selección y aplicación de métodos para la erradicación del borrego. Sin embargo, por principios, dado sus potenciales implicaciones negativas para la fauna endémica, nosotros proponemos que el uso de venenos como medio de control sea descartado para su aplicación en la isla, a menos que sus características físico-químicas, como lo recomienda Veitch (1989), permitan su desdoblamiento total por el consumidor inicial y por tanto no representen peligro para un segundo consumidor en la cadena alimenticia.

Para implementar un programa por medio del cual los borregos puedan ser cazados en Isla Socorro, existen diversas posibilidades, entre ellas, que el personal de la Armada de México proceda a erradicar de la isla al borrego; que se concesione la erradicación del borrego a la iniciativa privada, quienes se comprometerían a retirar los animales a cambio de los recursos económicos que se generarán; o que se invite a clubes de caza a organizar, tal vez a través de cruceros con venta de licencias, la cacería y el retiro de los animales de la isla. De cualquier forma, se deberán evaluar las posibilidades de un aprovechamiento de los animales cazados, haciendo un análisis de costo beneficio; o en su defecto, procurar la incineración de las piezas cazadas, para evitar alteraciones al ambiente causadas por la descomposición de los cadáveres de los animales.

Por otro lado, para asegurar una fuente alternativa de alimento proteínico para la guarnición naval, podría establecerse una granja con manejo estabulado efectivo de cerdos, pollos y los mismos borregos. La instrumentación de esta recomendación deberá ser autorizada, coordinada y supervisada por la entidad normativa del uso y manejo de los recursos naturales renovables, la Secretaría de Desarrollo Social. Los recursos financieros y logísticos para la ejecución del programa pueden obtenerse de organizaciones nacionales o internacionales de conservación y de las Secretarías de Desarrollo Social y de Marina.

### Literatura Citada

- Avery, T.E. 1975. NATURAL RESOURCES MANAGEMENT. Segunda edición. McGraw Hill Book Co. N.Y. 339 pp.
- Baker, J.P. 1985. The impact of grazing on plant communities, plant populations and soil conditions on saltmarshes. VEGETATIO 62:391-398.
- Barba, C.G. 1988. Estudio zométrico del borrego salvaje (*Ovis aries*) de la Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. TESIS PROFESIONAL, UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. 66 pp.
- Brattstrom, B. H. 1990. Biogeography of the islas Revillagigedo, Mexico. JOUR. OF BIOG. 17:177-190.
- Brattstrom, B.H. y T.R. Howell. 1956. The birds of the Revillagigedo Islands, Mexico. CONDOR 58:107-120.
- Castellanos, A. y Rodríguez-Estrella, R. 1993. Current Status of the Socorro Mockingbird. WILSON BULLETIN 105(1):167-171.
- Caughley, G. 1978. ANALYSIS OF VERTEBRATE POPULATIONS. John Wiley & Sons., New York. 234 pp.
- Coblentz, B.E. 1978. The effects of feral goat (*Capra hircus*) on islands ecosystems. BIOL. CONSERVATION 13:279-286.
- Davis, D.E. y R.L. Winstead. 1987. Estimación de tamaños de poblaciones de vida silvestre. Cap. 14, pp 233-258. EN: MANUAL DE TECNICAS DE GESTION DE VIDA SILVESTRE. 4A. ED. WWF. 703 pp.
- Ebenhardt, T. 1988. Introduced Birds and Mammals and their Ecological effects. SWEDISH WILDLIFE RESEARCH VILTRVY 13(4) 107 pp.
- Ffolliot, P.F., y W.O. Rasmussen (no publ.). An interactive model to determine carrying capacities. UNIVERSITY OF ARIZONA. 9 pp.
- Gallina, T. S. 1990. El venado cola blanca y su habitat en la Michilia, Dgo. TESIS DOCTORAL. FACULTAD DE CIENCIAS. UNAM, México. 98 pp.
- Hanna, G.D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Islands, Mexico, in 1925. PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES 15(1):1-113.
- Jensen, A. 1985. The effect of cattle and sheep grazing on salt-marsh vegetation at Skallingen, Denmark. VEGETATIO 60:37-48.
- Jewell, P.A., C. Milner y J.M. Boyd. 1974. ISLAND SURVIVORS: THE ECOLOGY OF THE SOAY SHEEP OF ST KILDA. London Athlone Press.
- Levin, G.A. y R. Moran. 1989. The vascular flora of Isla Socorro, Mexico. MEMOIR 16. SAN DIEGO SOCIETY OF NATURAL HISTORY.
- McIlroy, J.C. 1983. The sensitivity of australian animals to 1080 poison: V. The sensitivity of feral pigs, *Sus scrofa*, to 1080 and its implications for poisoning campaigns. AUSTRALIAN WILDLIFE RESEARCH 10:139-148.
- Meurk, C. D. 1982. Regeneration of subantarctic plants on Campbell Island following exclusion of sheep. NEW ZELAND JOURNAL OF ECOLOGY 5:51-58.
- Miranda, F. 1960. Vegetacion. La Isla Socorro. MONOGRAFIAS DEL INS. DE GEOFISICA. UNAM.
- Orwin, D.F. y A.H. Whitaker. 1984. Feral sheep (*Ovis aries*) of Arapawa Island, Marlborough Sounds, and a comparison of their wool characteristics with those of four other feral flocks in New Zeland. NEW ZELAND JOURNAL OF ZOOLOGY, 11:201-204.
- Parkes, J. P. 1983. Control of feral goats by poisoning with compound 1080 on natural vegetation baits and by shooting. NEW ZELAND JOURNAL OF FORESTRY SCIENCE 13:266-274.
- Parkes, J.P. 1984. Feral goats in Roul Island. I. Effect of control methods on their density, distribution and productivity. NEW ZELAND JOURNAL OF ECOLOGY, 7:85-93.
- Patton, D.R. 1992. Wildlife habitat relationships. Cap 8 pp 210-237. IN: FORESTED ECOSYSTEMS. Timber Press, Portland Oregon.
- Pechanec, J.F. y G.D. Pickford. 1937. A weight estimate for determination of range or pasture production. J. OF AM. SOC. AGR. 29:894-904.
- Richards, A.F. y B.H. Brattstrom. 1959. Bibliography, cartography, discovery and exploration of the Islas Revillagigedo. PROC. CAL. ACAD. SCI. 29:315-360.
- Riney, T. 1982. STUDY AND MANAGEMENT OF LARGE MAMMALS. John Wiley & Sons, New York. 552 pp.

- Scowcroft, P.G. y J.G. Giffin. 1983. Feral herbivores suppress mamane and other browse species on Mauna Kea, Hawaii. *JOURNAL OF RANGE MANAGEMENT* 36:638-645.
- Stoddart, L., A.D. Smith y T.W. Box. 1975. *RANGE MANAGEMENT*. 3a. edición. McGraw Hill Book Co. N.Y. 532 pp.
- Taylor, R. H. 1979. How the Macquarie Island parakeet became extinct. *NEW ZEALAND J. ECOL.* 2:42-45.
- Van Vuren, D. and B.E. Coblenz. 1984. Impacts and adaptations of feral sheep on Santa Cruz Island, California, USA. P. 43-53. IN: *FERAL MAMMALS-PROBLEMS AND POTENTIAL*. P.N. MUNTUN J. CLUTTON-BROCK, AND M.R. RUDGE, (EDS.). *Int. Union Conserv. Nat. and Nat. Resour, Gland, Switzarland.*
- Van Vuren, D. y B.E. Coblenz. 1987. Some ecological effects of feral sheep on Santa Cruz Island, California USA. *BIOLOGICAL CONSERVATION*. 41:253-268.
- Van Vuren, D. y B.E. Coblenz. 1989. Population Characteristics of feral sheep on Santa Cruz Island. *JOURNAL OF WILDLIFE MANAGEMENT* 53(2):306-313.
- Veitch, C.R. 1985. Methods of erradicating feral cats from offshore islands in New Zeland. No. 3:125-141. IN: *CONSERVATION OF ISLANDS BIRDS*. P.J. MOORS (ED). *ICBP Technical Publication.*
- Veitch, C.R. 1989. The eradication of cats and sheep from Socorro Island. A report to the Socorro Island Project. *NORTHERN REGION TECHNICAL REPORT SERIES NO. 11*. Auckland, N. Z.
- Villa, B. 1960. Vertebrados terrestres. IN: *LA ISLA SOCORRO, MONOGRAFÍAS INST. GEOFIS. UNAM*. No. 2.
- Wehtje, W., H. Walter, R. Rodríguez, J. Llinas y A. Castellanos. 1993. An annotated checklist of the birds of Isla Socorro, Mexico. *WESTERN BIRDS* 24(1):1-16.
- Whitaker, A.H. y M.R. Rudge. 1976. The value of feral farm mammals in New Zeland. *DEP. LANDS AND SURV. INF. SER.* Vol. 1. 84 pp.
- Wood, G.E., M.T. Mengak y M. Murphy. 1987. Ecological importance of feral ungulates at Shackleford Banks. *THE AMER. MID. NAT.* 118(2):236-244.



## CAPITULO 16

**EL GATO DOMESTICO (*Felis catus*), IMPLICACIONES DE SU PRESENCIA Y ALTERNATIVAS PARA SU ERRADICACION**

*Gustavo Arnaud, Antonio Rodríguez y Sergio Alvarez Cárdenas*

**Resumen**

Entre abril de 1988 y noviembre de 1990 se efectuaron recorridos en diferentes asociaciones vegetales y estratos altitudinales de Isla Socorro para conocer la distribución del gato, la cual parece estar en función de la distribución del ratón doméstico (*Mus musculus*) y las actividades humanas, concentrándose en las inmediaciones del Sector Naval. El análisis de 46 heces fecales colectadas durante 1990 principalmente en zonas de matorral de *Croton*, pastizal inducido y en el Sector Naval, muestra que la dieta del gato según los porcentajes de ocurrencia, esta constituida por tres principales tipos de presa: insectos del Orden Orthoptera, el ratón doméstico y la lagartija azul (*Urosaurus auriculatus*). En menor porcentaje aparecieron las aves, siendo la tortolita (*Columbina passerina*) la más frecuente en las muestras. Nuestras observaciones indican que a pesar de que los gatos no son abundantes y su distribución no abarca más del 50% de la superficie isleña, existe la necesidad de erradicarlo, ya que representa un peligro real para las especies nativas, particularmente para la avifauna y la lagartija azul. Consideramos que para la erradicación del gato, la cacería y los trampeos intensivos son métodos adecuados, siendo riesgoso el uso de venenos y el control biológico.



## Abstract

Between april 1989 and november 1990 several explorations were made in order to observe the distribution of the feral cat (*Felis catus*) wich seems to be related with the domestic mouse (*Mus musculus*) distribution and the human activities in the Naval Sector where the population cats are mainly concentrated. During 1990, 46 cat scats collected in *Croton* scrub, induced grassland and Naval Sector areas were analyzed, showing that its diet is mainly constituted by three prey classes: insects (Orthoptera), the domestic mouse and the blue lizard (*Urusaorus auriculatus*). In smaller percentage the birds group is representated mainly by the common ground-dove (*Columbina passerina*). The cats are not abundant and cover no more than 50 % of the island surface, however they must bee eradicated since they are a real danger for the native species, particularly for the birds and the blue lizard. We consider that the intensive hunting and trapping are adequate metods for cat eradication being dangerous the use of poison and biological control.

## Introduccion

Los ecosistemas isleños son particularmente sensibles a los disturbios provocados por el hombre y principalmente aquellos ocasionados por la introducción de especies exóticas (Bourne, 1975; Jarvis, 1979). Entre los daños causados por especies introducidas, la depredación es uno de los factores que mayor repercusión tiene en las poblaciones de las especies residentes (Ebenhard, 1988).

En el Archipiélago Revillagigedo, ubicado en el Pacífico Mexicano, se presentan fuertes alteraciones en sus habitats ocasionadas por actividades humanas y por las especies animales introducidas (Ortega *et al.*, 1992). En Socorro, la mayor de las cuatro islas que integran el Archipiélago, durante los últimos 30 años se ha reducido la abundancia y distribución de algunas especies de aves, tal como el zenzontle de Socorro (*Mimodes graysoni*), la pardela (*Puffinus auriculatus*) y el pipilo (*Pipilo erythrophthalmus socorroensis*) (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993; Jehl y Parkes, 1982), habiéndose extinguido la paloma de Socorro (*Zenaida graysoni*) entre 1958 y 1978 (Jehl y Parkes, 1983). Actualmente el tecolote enano endémico (*Micrathene whitneyi graysoni*) no ha sido avistado en las últimas expediciones realizadas y se teme también haya desaparecido. Jehl y Parkes (1982), señalan al gato doméstico (*Felis catus*) como el principal causante de esta disminución. Hasta el momento ninguna acción planificada ha sido llevada a cabo para erradicar al gato, el cuál se encuentra silvestre en la isla. Es importante mencionar que a excepción del

halcón cola roja (*Buteo jamaicensis socorrensis*), no existía antes de la llegada del gato, en el año de 1957, otro depredador en este ecosistema insular.

En el presente trabajo se presenta información de la dieta y distribución del gato en Socorro y se discuten las implicaciones de su presencia en éste ecosistema. Se propone además una metodología para la erradicación de este félido, en base al análisis de los métodos existentes y de la problemática particular de la isla, con el fin de salvaguardar la permanencia de las aves endémicas presentes en la isla.

## Materiales y métodos

Durante varias salidas a la Isla Socorro, entre abril de 1988 y noviembre de 1990, se efectuaron recorridos a través de las diferentes asociaciones vegetales y estratos altitudinales de la isla, con el fin de conocer la distribución del gato. Su presencia en cada uno de los sitios explorados se determinó en base a las observaciones directas del felino o a través de registros indirectos, tales como huellas, excretas, restos de sus presas y vocalizaciones. Trampas para huellas y de reja tipo Tomahawk cebadas con carne fresca, fueron distribuidas al este, oeste y partes altas del centro de la isla en matorral deciduo y bosque.

Durante tres expediciones realizadas en febrero, mayo y noviembre de 1990, realizamos búsquedas intensivas de excrementos de *Felis catus* a través de recorridos al azar en diferentes asociaciones vegetales, con el objeto de determinar su dieta. En el laboratorio, cada muestra fecal colectada fue puesta en agua con detergente durante dos a cinco días, para posteriormente ser lavada y desmenuzada para separar los residuos de escamas, pelos, huesos, plumas, exoesqueletos de artrópodos, etc. de los diferentes tipos de presa contenidos en el excremento. Para la identificación de los restos de las presas se utilizó un microscopio estereoscópico (Zeiss Stemi SR), comparando las muestras separadas con los ejemplares de Isla Socorro depositados en la Colección del Centro de Investigaciones Biológicas, de B.C.S.. Se determinó la proporción de cada tipo de presa en 46 excrementos analizados.

## Resultados

Según los registros de presencia-ausencia obtenidos, asumimos que la distribución del gato comprende entre 45-50 % de la superficie de la Isla Socorro. De acuerdo a los animales observados, a las heces colectadas y a las huellas observadas, encontramos que la mayoría de los gatos se encuentra en la parte sur de la isla en áreas de matorral de *Croton* y pastizal inducido, pero principalmente en el área de influencia del Sector Naval, ubicado en Cabo Regla,

habiendo una estrecha relación entre la distribución del felino y las actividades humanas que ahí se desarrollan, ya que los desperdicios domésticos generados en ese lugar son un aporte de alimento para el gato, el cual por las noches se aproxima a los basureros en busca de comida; además, en este sitio se observa una elevada abundancia de ratones, la cual disminuye conforme se aleja uno del Sector Naval.

**Cuadro 1.** Dieta del gato doméstico (*Felis catus*) en Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo, México durante 1990. Los números entre paréntesis indican el tamaño de la muestra, n representa el número de excretas en los que se observó el tipo de presa.

	Feb (12)		Mayo (19)		Nov (15)		Total (46)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>MAMIFEROS</b>	11	92	17	89	7	47	35	76
<i>Mus musculus</i>	9	75	17	89	7	47	33	72
<i>Felis catus</i>	2	17	0	0	0	0	2	4
<b>AVES</b>	3	25	4	21	2	13	9	19
<i>Zenaida macroura</i>	0	0	2	10	1	6	3	6
<i>Columbina passerina</i>	2	17	3	16	1	7	6	13
<i>Thryomanes sissonii</i>	1	8	1	5	0	0	2	4
<i>Parula pitaiayumi</i>	2	17	1	5	0	0	3	7
<i>Mimodes graysoni</i>	1	8	0	0	0	0	1	2
<b>REPTILES</b>	4	33	10	53	10	67	24	52
<i>Urosaurus auriculatus</i>	4	33	10	53	10	67	24	52
<b>INVERTEBRADOS</b>	9	75	14	74	15	100	38	83
Orthoptera	8	67	12	63	15	100	35	76
Lepidoptera	2	17	0	0	0	0	2	4
Coleoptera	2	17	4	21	5	33	11	23
Hymenoptera	1	8	1	5	0	0	2	4
Scorpiones	0	0	4	21	0	0	4	7
Decapoda								
<i>Gecarcinus planatus</i>	0	0	2	11	0	0	2	4
Miscelaneos (semillas, fibras de plantas, Plástico mat. orgánica animal)	9	75	17	89	15	100	41	89

La dieta del gato se determinó en base a 46 heces fecales, la mayoría de las cuales corresponden a las zonas de matorral de *Croton* y áreas de pastizal inducido, y en menor grado al bosque de *Ficus* y zonas erosionadas. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los excrementos analizados, observando que los tres principales tipos de presa que componen la dieta del gato en la Isla Socorro corresponden según su porcentaje de ocurrencia a: Invertebrados, principalmente insectos del orden Orthoptera, que representan el 76 % del total; mamíferos, con el ratón doméstico (*Mus musculus*), que constituye el 71 %; y reptiles, donde el único representante de este grupo en la isla, la lagartija azul (*Urosaurus auriculatus*), aportó el 52 % de la muestra total. En menor porcentaje se encontraron otros insectos, como Coleóptera con 24%, y el grupo de las aves, donde su principal representante fue la tortolita de Socorro *Columbina passerina* con el 13 %, mientras que otras aves, como *Parula pitiayumi graysoni*, *Thryomanes sissonii*, *Zenaida macroura* y *Mimodes graysoni* estuvieron escasamente representadas.

Aunque los roedores representan, junto con los Orthópteros y las lagartijas el mayor porcentaje de alimento consumido por el gato feral de Socorro, algunas otras presas, como el cangrejo *Gecarcinus planatus*, pueden ser un alimento importante, ya que en el campo se encontraron pruebas de su consumo por el gato, sin embargo, su aparición en las heces fué escasa debido probablemente a que se alimenta de sus tejidos y su presencia en las excretas no fue posible identificarla. Un caso similar lo representan los desperdicios de alimentos del sector naval, los cuales son evidentemente consumidos por gatos que visitan los basureros. También fueron encontrados en las excretas restos de material vegetal, principalmente fibras de gramíneas.

## Discusión

La población de gatos domésticos de la Isla Socorro parece concentrarse en la inmediaciones del Sector Naval, aparentemente en función de la distribución y abundancia de *Mus musculus*, aspecto que es necesario investigar, sin embargo, cambios en la concentración de este felino en la isla aparentemente están ocurriendo ya que anteriormente pocos animales se encontraban lejos del Sector, pero aparentemente debido a un incipiente control con armas de fuego en los alrededores de este, algunos animales se han dispersado en la isla. No obstante, es posible que su distribución norteña se vea limitada por la presencia de una alta densidad de cangrejos que se encuentran en el matorral y bosques del norte, y probablemente éstos limiten la distribución de ratones en la isla.

Se ha demostrado que la introducción de ciertas especies ha sido el factor principal en la extinción de muchas especies nativas de ecosistemas insulares (DeVos, 1977), y los gatos son una de las especies más destructivas introducidas por el hombre (Ebenhard, 1988). *Felis catus* se encuentra en forma silvestre en

una gran variedad de habitats, incluyendo muchas islas alrededor del mundo (Kirkpatrick y Rauzon, 1986), donde con pocas excepciones, siempre existe algún mamífero disponible como presa (Fitzgerald y Veitch, 1985). Jackson (1977) estima que 61 taxa han sido exterminados del planeta a causa de depredación por animales introducidos, de los cuales el gato doméstico es el que ha causado la mayor parte de las extinciones. En contraste, la erradicación de gatos en algunas islas, ha propiciado la recuperación de las poblaciones de aves, incrementando su número y diversidad de especies (Veitch, 1985).

Por tanto, el efecto del gato sobre las especies nativas de la Isla Socorro será devastador si no se toman las medidas adecuadas para su control. Así, por ejemplo, la lagartija de Socorro cuyo habitat está siendo rápidamente alterado por la deforestación y la erosión (Ortega *et al.*, 1991), enfrenta un efecto adicional en los sitios con vegetación natural donde habita, ya que esta compone gran parte de la dieta del gato, apareciendo en casi en el 50 % de las muestras analizadas; en consecuencia, la amenaza para esta lagartija endémica se incrementará directamente con el crecimiento de la población de gatos.

A nivel mundial los efectos de las introducciones de depredadores a regiones insulares ha repercutido directamente en la abundancia de aves endémicas (Ebenhard, 1988), ya que no obstante que los gatos son principalmente depredadores de pequeños mamíferos y las aves generalmente son capturadas en pequeña proporción, en las islas éstas cubren una importante parte de su dieta (Fitzgerald y Karl, 1979). A pesar de que las aves ocuparon un porcentaje secundario en la dieta del gato en Isla Socorro, este carnívoro representa indudablemente un grave peligro para la sobrevivencia de algunas especies endémicas, como el zenzontle de Socorro, ya que según Jehl y Parkes (1982), existe una declinación en sus poblaciones. En este sentido, los resultados del presente trabajo, presentan evidencia del peligro que el gato representa para la avifauna de Socorro. Sin embargo, Castellanos y Rodríguez-Estrella (1992), argumentan que el gato no es el único factor responsable de la declinación de las poblaciones de aves, ya que otros factores, como la destrucción del habitat pudieron haber tenido un importante efecto en las poblaciones del zenzontle.

Villa (1960) reporta que algunas especies de aves de la isla son mansas y es posible capturarlas con las manos. Este comportamiento se presenta como parte de la ausencia previa de depredadores en la isla, haciéndola presa fácil de personas "admiradores de la naturaleza" que seguramente capturaron animales para llevárselos en jaulas; de hecho, la paloma de Socorro se encuentra sólo en cautiverio en Alemania y en EEUU. En 1990 mientras realizábamos una expedición en Socorro, observamos a un grupo de civiles, familiares de algunos de los marinos destacados en la isla, persiguiendo un zenzontle endémico para llevárselo de Socorro.

Independientemente del grado de relación del gato con la disminución de las poblaciones de aves en la isla, así como de la extinción de la paloma de Socorro, su presencia en la isla representa un peligro real, el cual debe ser eliminado. La erradicación planificada de gatos en la isla deberá realizarse en conjunto con otras acciones para garantizar la permanencia de las especies nativas en la isla.

En este sentido, se deberá establecer un control estricto de visitantes, prohibiendo la introducción de cualquier especie exótica, así como la salida de ejemplares propios de la isla. La colecta de material con fines científicos, deberá ser previamente autorizada por las autoridades de las Instituciones correspondientes del Gobierno Federal en materia de Flora y Fauna Silvestre.

### **Métodos de control propuestos:**

Diversos métodos de erradicación de gatos han sido desarrollados en diferentes partes del mundo, atendiendo a las condiciones particulares de cada sitio (Merton, 1978; Veitch, 1985), no existiendo un método que resulte efectivo en todos las áreas en las cuales la erradicación de gatos es deseable. Para la Isla Socorro, Veitch (1989) propone algunas medidas para la erradicación de los gatos, haciendo recomendaciones sobre el uso de trampeos y cebos envenenados, mencionando también otros métodos, como la introducción de la enteritis felina que ha sido utilizada en otros sitios. Sin embargo, considerando las características de vegetación, de distribución del gato y de la fauna existente en la isla Socorro, nosotros sugerimos la implemetación en forma intensiva de trampeos y cacería, considerando riesgoso el uso de venenos y el control biológico. La cacería ha sido de gran importancia en la erradicación de gatos de algunas islas de Nueva Zelanda (Veitch, 1980) y Sud Africa (Van Aarde, 1980).

A pesar de que el uso de cebos envenenados ha dado buenos resultados en algunas partes del mundo, en Socorro resulta problemático su utilización, debido a la presencia del cangrejo, el cual habita en toda la isla. Este cangrejo por ser omnívoro en sus hábitos alimenticios, es posible que consuma el cebo envenenado o bien los gatos muertos, de tal manera que el veneno sería transmitido a otros niveles de la trama trófica, dicho cangrejo forma parte importante de la dieta de la garza nocturna de la isla *Nyctanassa violacea*. Animales muertos podrían ser igualmente consumidos por el halcón cola roja con lamentables consecuencias.

A continuación se describen los dos métodos propuestos para la erradicación de los gatos de la Isla Socorro:

**Caza.-** Se propone que la búsqueda de gatos se realice por cazadores desplazándose a pie, tanto en el día como en la noche, cada dos días, siguiendo recorridos que deberán iniciarse desde el este, centro y oeste, hacia el sur de la isla. Cada cazador estará equipado con una arma de fuego y un reflector conectado a una batería de 12 volts situada en un arnés colocado en la espalda del cazador. Debido a que la luz de la luna disminuye la respuesta reflectiva de los ojos de los gatos, no se realizarán cacerías en las noches con luna plena. De día los cazadores utilizarán miras telescópicas en sus rifles.

Todos los recorridos de los cazadores se desarrollarán al mismo tiempo. Es recomendable un mínimo de seis cazadores permanentes. Elementos de la marina destacados en Socorro o miembros de clubes de caza podrían ser los

efectivos que realizaran esta parte del control.

**Trampeo.-** Las trampas a ser utilizadas serán de reja ó tipo Tomahawk de una ó dos puertas y cepos ó trampas metálicas de uno ó doble muelle del número dos. El mayor número de trampas deberán ser esparcidas principalmente en la mitad sur de la isla. Los cebos que podrían ser utilizados son aquellos que es posible obtener en la misma isla, como pescado y carne de borrego, incluyendo vísceras.

Para resolver el problema de habituación de los gatos a las trampas Tomahawk, se suspenderá el trapeo cada dos semanas por espacio de diez días, cambiando el lugar de las mismas, así como el cebo utilizado. Las trampas de muelle pueden dejarse permanentemente en cada lugar. Todas las trampas deberán ser revisadas dos veces al día, al amanecer y al obscurecer y todos los gatos capturados serán sacrificados e incinerados o enviados al continente.

Una vez iniciado el control, este deberá continuarse en forma ininterrumpida hasta que no se capturen ni se observen gatos en la isla, posteriormente, después de 30 días se deberá repetir el procedimiento.

Al igual que la cacería y el trapeo, existe la necesidad de implementar medidas adecuadas de eliminación de los desechos generados en el Sector Naval, los cuales podrían ser incinerados. Así mismo sería recomendable implementar un efectivo control de roedores en dicho sector. Igualmente se deberá mantener una continua vigilancia en torno a los visitantes a la isla, no permitiendo la entrada a ningún animal exótico.

De cada gato colectado se deberá tomar la siguiente información: peso, sexo, color, condición reproductiva y contenidos estomacales, esto último, solo para animales colectados a través de armas de fuego. Las Instituciones que de acuerdo a la legislación mexicana son las facultadas para la instrumentación del control son la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la Secretaría de Marina, a través del destacamento de Isla Socorro; desde luego, el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, con sede en la ciudad de La Paz, tendrá toda la disposición de ofrecer la asesoría necesaria.

## Conclusiones

Nuestras observaciones sobre el gato feral de la Isla Socorro indican que a pesar de que la cantidad de gatos no es alta y su distribución no abarca más del 50 % de la superficie isleña, encontrándosele principalmente en sitios donde el alimento disponible es de fácil obtención como el área del Sector Naval, existe la necesidad de erradicar a este felino de la isla, ya que este depredador representa un peligro real para las especies nativas, principalmente para la avifauna y la lagartija endémica de la isla.

Consideramos que para la erradicación de gatos la cacería y los trampeos intensivos son los métodos más adecuados, aplicando éstos en toda la isla, asumiendo que en todos los habitats existe la presencia de gatos. Así mismo, consideramos riesgoso el uso de cebos envenenados y el control de biológico. De igual forma, se recomienda una estricta vigilancia, así como fuertes restricciones y controles que impidan la introducción de especies exóticas a la isla Socorro.

### Literatura Citada

- Bourne, W.R.P. 1975. Mammals on islands. *NEW SCIENTIST* 165:422-425.
- Eberhard, T. 1988. Introduced birds and mammals and their ecological effects. *SWEDISH WILDLIFE RESEARCH* 13(4) 107 pp.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1992. La situación del zenzontle de Socorro (Mimodes graysoni). *CIENCIA Y DESARROLLO* 18(104):64-75.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1993. Current status of the Socorro Mockingbird. *WILSON BULLETIN* 105(1):167-171.
- DeVos, A. 1977. Biological effects of terrestrial vertebrates introduced into non-native environments. *TIGER PAPER* 4:2-5
- Fitzgerald, B.M. y C.R. Veitch. 1985. The cats Herekopare Island: their history, ecology and effects on birdlife. *NEW ZELAND JOURNAL OF ECOLOGY*, 12:319-330.
- Fitzgerald, B.M. y B.J. Carl. 1979. Foods of feral house cats (Felis catus L.) in forest of the Orongorongo Vally, Wellington. *NEW ZELAND JOURNAL OF ZOOLOGY* 6:107-126.
- Jackson, J. A. 1977. Alleviating problems of competition, predation, parasitism, and, disease in endangered birds, p. 75-84. IN: *ENDANGERED BIRDS*. TEMPLE, S. A. (ED.). Univ. Wisconsin Press & Croom Helm, Madison & London.
- Jarvis, P. T. 1979. The ecology of plants and animal introductions. *PROG. PHYS. GEOG.* 3:187-214.
- Jehl, J.R. y K.C. Parkes. 1982. The status of the avifauna of the Revillagigedo Islands, Mexico. *WILSON BULL.* 94:1-19.
- Jehl, J.R. y K.C. Parkes. 1983. Replacements of land bird species on Socorro Island, Mexico. *AUK* 100:551-559.
- Kirkpatrick, R. D. y M. I. Rauzon. 1986. Food of feral cats Felis catus on Jarvis and Howland Islands, Central Pacific Ocean. *BIOTROPICA* 18(1):72-75
- Merton, D.V. 1978. Controlling introduced predators and competitors on islands. p. 121-128. IN: *ENDANGERED BIRDS. MANAGEMENT TECHNIQUES FOR PRESERVING THREATENED SPECIES*. TEMPLE, S.A. (ED.) Madison University of Wisconsin Press. pp. 121-128.
- Ortega-Rubio, A.; S. Alvarez; P. Galina, and G. Arnaud. 1991. Microhabitat spatial utilization by Socorro Island lizard Urosaurus auriculatus (Cope). *J. ARIZONA-NEVADA ACAD. SC.* 24-25:55-57.
- Ortega, A.; A. Castellanos; G. Arnaud; Y. Maya; R. Rodríguez; J.L. León; J. Cancino; C. Jiménez; J. Llinas; S. Alvarez; P. Galina; A. Breceda; E. Troyo; F. Salinas; S. Díaz; R. Servín; H. Romero; A. Rodríguez; R. Coria. 1992. Recursos naturales de la isla Socorro, Revillagigedo, México. *CIENCIA* 45:175-184.
- Van Aarde, R. J. 1980. The diet and feeding behaviour of feral cats, Felis catus at Marion Island. *SOUTH AFRICAN J. OF WILDLIFE RESEARCH.* 10:123-128.
- Veitch, D. 1980. Feral cats on Little Barrier Island. *WILDLIFE A REVIEW.* 11:62-64.
- Veitch, D. 1989. The eradication of cats and sheep from Socorro Island. A report to the Socorro Island Project. *NORTHERN REGION TECHNICAL REPORT SERIES NO 11.* Auckland, N.Z.
- Veitch, D. 1985. Methods of eradicating feral cats from Offshore Islands in New Zeland. *ICBP TECHNICAL PUB. No.3:125-141.*



Villa, B. 1960. Vertebrados terrestres. La Isla Socorro. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA. UNAM, 2:203-216.

SECCION VI

**CONSIDERACIONES FINALES**



## CAPITULO 17

### EDUCACION AMBIENTAL

*Sara Díaz, Cecilia Jiménez, Gustavo Arnaud,  
Rosalia Servín y Heidi Romero*

#### **Resúmen**

Como parte del proyecto desarrollado por el CIB, tendiente a la conservación del Archipiélago de las Revillagigedo, se realizó un programa de educación ambiental dirigido principalmente a los pobladores de la Isla Socorro, tendiente a crear conciencia sobre las condiciones que guardan los recursos naturales de la isla y estimular su participación en las acciones de conservación y restauración de la vida silvestre. Esto se realizó mediante la integración de un grupo de cinco investigadores encargados de diseñar el plan de trabajo, apoyados por un grupo promotor integrado por habitantes de la isla, efectuando diversas actividades como entrevistas, encuestas, conferencias, desarrollo de materiales informativos, actividades escolares, así como también difusión hacia el exterior en foros nacionales e internacionales. Como resultado del programa se observó un cambio de actitud de los pobladores, en relación a los recursos naturales de la isla y a la conservación de los mismos.

#### **Abstract**

As part of a research and conservation project conducted by the CIB on the Revillagigedo Archipelago, we carried out an environmental education program for the Socorro Island inhabitants and visitors. The purpose of the program was to be aware about the conditions of the island natural resources and to stimulate the participation of the local population and visitors in the wildlife conservation

and restoration programs. A group of five researchers designed the work plan and were leaned by a promotor group integrated by people from the island. The main activities were interviews, surveys, conferences, brochures and school excercises with the students in the Socorro Island. Additionally we presented lectures about the situation of the Socorro Island natural resources in national and international forums. As a result of this program there are a new attitude of the local population about the nature of the island, for the visitors there are accessible information.

## Introducción

México ha demostrado su interés en la conservación de los recursos naturales a través de diversas acciones. Entre estas destacan la creación, hace más de cien años, de las primeras reservas naturales; la existencia actual de cerca de 96 áreas protegidas bajo diferentes categorías (Alcérreca *et al.*, 1988); la instrumentación de planes y programas de conservación de los recursos naturales en diversas regiones del país, el desarrollo de un marco jurídico en materia de protección ambiental y, la creación de varias dependencias oficiales para atender asuntos ambientales.

Sin embargo, la conservación y el manejo de los recursos vivos de México enfrentan situaciones extremadamente complejas, tanto por su dimensión como por su naturaleza. Así, los espacios naturales y la biodiversidad del país se ven sometidos constantemente a profundos cambios y alteraciones que ponen en peligro su existencia a mediano y largo plazo. Aunque los factores responsables de la degradación del ambiente y la pérdida de recursos naturales varían en función de las condiciones particulares de cada región, a escala nacional destacan como principales responsables: la ganadería, la agricultura y la sobre explotación forestal. Estos factores específicos encubren otros más generales y complejos, como el problema de la tenencia de la tierra, el crecimiento demográfico, y las condiciones de atraso y marginación social que afectan a gran parte de la población rural. En conjunto, todos estos factores ejercen una presión orientada a acelerar la explotación inmediata del ambiente, soslayando los beneficios que, a más largo plazo, pudiera ofrecer la productividad sostenida y la conservación de la biodiversidad (Grose y Ramos, 1990).

Desde hace tiempo se reconoce que los programas de conservación de los recursos naturales no pueden alcanzar el éxito deseado (o ser realmente eficientes) si no se considera como una unidad integral al hombre junto con su ambiente. De aquí se desprende que los planes generales de conservación deben contemplar el desarrollo de programas específicos de educación ambiental que permitan involucrar a la población humana en la solución de los problemas ambientales.

La educación ambiental constituye un enfoque educativo sintetizador de las

ciencias sociales y naturales que, en su más amplio sentido, busca mejorar el manejo de los recursos naturales y reducir los daños al ambiente (Wood y Wood, 1990). La educación ambiental puede ser considerada como el proceso que permite al individuo, y a la sociedad en su conjunto, analizar los problemas que afectan al ambiente e identificar sus posibles soluciones, al mismo tiempo que coadyuva al entendimiento de la naturaleza de su entorno, cuya complejidad resulta de la interacción de diversos componentes físicos, químicos, biológicos y humanos (González, 1992).

En este contexto, el Programa conducido por el CIB en las islas Revillagigedo pretendió desarrollar, de manera simultánea a los trabajos de investigación, un proyecto de educación ambiental que permitiera crear conciencia entre los pobladores de Isla Socorro sobre las condiciones que guardan los recursos naturales de la isla, así como estimular su participación en las acciones de conservación y restauración de la vida silvestre y de su ambiente.

## Problemas Ambientales

Las islas del Archipiélago de Revillagigedo enfrentan severos problemas ambientales cuyos orígenes se remontan al siglo pasado (Hanna, 1926; Jehl y Parkes, 1982). El más grave de éstos, en Isla Socorro, es el deterioro ambiental, producido por la acción directa o indirecta de dos especies de mamíferos introducidos: el borrego, *Ovis aries*, y el gato doméstico, *Felis catus*, que ha conducido a la extinción de algunas especies de aves endémicas, y a la reducción de la biodiversidad (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1992; Ortega *et al.*, 1992).

El borrego doméstico ha sido identificado como el principal responsable de la degradación del hábitat. El ramoneo excesivo, aunado a un constante pisoteo, ha desprovisto de su vegetación natural a grandes extensiones de la isla, favoreciendo con ello la acción de los agentes erosivos sobre el suelo (ver Capítulo 15). La destrucción de la cubierta vegetal se ha traducido en la disminución del tamaño de las poblaciones de diversas aves endémicas que encontraban en ésta una importante fuente de alimentos y sitios de anidación (Miranda, 1960).

A los efectos de la degradación del hábitat se suma la acción depredadora de gatos ferales sobre polluelos y adultos de varias aves endémicas, de tal suerte que la población de la paloma de Socorro, *Zenaida graysoni*, considerada hace 30 años abundante en la isla, ha sido extinguida en su ambiente original (aunque afortunadamente la especie sobrevive gracias a que se mantienen algunos ejemplares en cautiverio), y la de zenzontle de Socorro, *Mimodes graysoni*, ha sido severamente mermada (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993; Jehl y Parkes, 1982, 1983; Rodríguez-Estrella *et al.*, 1991).

La Isla Socorro ha estado habitada durante los últimos 30 años por un des

tacamento de la Armada de México, así como por las familias de algunos de sus elementos. Las mismas actividades humanas han colaborado de manera importante a la perturbación del ambiente; ya directamente, a través de la explotación de los bosques para la obtención de madera y el desmonte de algunas áreas para el establecimiento de instalaciones habitacionales y de servicios, o indirectamente, mediante la introducción de algunas plantas y animales exóticos y la recolecta de otros nativos.

La introducción de especies exóticas ha sido tanto accidental como intencionada, ya para su aprovechamiento directo por parte de la población local, o con fines experimentales (Jehl y Parkes, 1982; Villa, 1960). La colecta de fauna, realizada con diversos fines, incluyendo la investigación científica, ha resultado también perjudicial para algunas poblaciones (Castellanos y Rodríguez-Estrella, 1993).

Hasta la fecha no existen mecanismos que permitan regular el flujo de visitantes a la isla y supervisar sus actividades en ésta. Tampoco existe ningún programa permanente para evitar la llegada de nuevas especies exóticas o controlar las previamente introducidas. Actualmente se practica la cacería periódica de borregos, principalmente de machos adultos, para proveer de alimento a la población local, sin embargo, el número de individuos removidos por la caza es bajo como para lograr una disminución importante en el tamaño de su población. En lo que respecta a la población de gatos ferales, éstos sólo han sido esporádicamente perseguidos en algunos años.

### **Programa de Educacion Ambiental**

El Archipiélago de las Revillagigedo, y la isla Socorro en particular, poseen una relevancia especial desde el punto de vista biológico, debido a que su aislamiento del continente ha permitido el desarrollo de un gran número de endemismos, especialmente entre las aves. Este hecho ha llamado la atención de diversos investigadores, quienes han manifestado su inquietud por la pérdida irreparable de algunas especies.

En virtud de lo anterior, se consideró necesario diseñar un conjunto de estrategias que permitiesen conservar este patrimonio para las generaciones futuras. Para ello, además de continuar con las actividades de investigación científica, que constituyen la base para el diseño de las estrategias de conservación, se consideró necesario promover una actitud de compromiso entre la población local, que permitiera la puesta en marcha de un programa de protección ambiental y asegurara su continuidad.

Era necesario, por lo tanto, desarrollar un programa de educación ambiental que estimulara una mayor identificación de los habitantes de la isla con su entorno, con el valor biológico de sus recursos naturales y con los problemas de conservación que enfrentan, y ofreciera al mismo tiempo alternativas de apro-

vechamiento.

Ante la carencia en nuestro país de profesionales especialmente preparados para desarrollar este tipo de trabajo con las comunidades, se decidió estructurar un grupo entre los mismos especialistas del CIB que, de manera simultánea al desarrollo de sus investigaciones, se abocara al diseño, ejecución y evaluación de un programa de educación ambiental.

Dicho grupo fue integrado por cinco investigadores del Centro, quienes elaboraron un plan de trabajo que planteó como objetivos los siguientes: a) dar a conocer la importancia biológica de la flora y la fauna de la isla, destacando la relevancia de los endemismos; b) informar acerca de las consecuencias de la introducción de especies exóticas, haciendo énfasis en el impacto de los borregos y los gatos sobre el deterioro del ambiente y el abatimiento de las poblaciones de aves; c) identificar las posibles alternativas de solución a los problemas ambientales que afectan a la isla y discutir su viabilidad y ; d) coadyuvar a la creación de un grupo, integrado por habitantes de la isla, que se abocase a la tarea permanente de promover la conservación de los recursos naturales.

## **Actividades del Programa**

Para alcanzar estos objetivos se llevaron al cabo diversas actividades con la población local, unas veces conducidas directamente por los investigadores y otras, con el apoyo de un grupo promotor. A continuación se describen las principales actividades contempladas en el programa.

### **Entrevistas.**

En virtud de que los habitantes de la isla son en su mayoría marinos, fue necesario contar con el apoyo de las autoridades militares para el desarrollo del programa. Así, nuestro primer objetivo fue crear conciencia entre los mandos superiores del Sector Naval acerca de la relevancia biológica de la isla, de las ventajas que tendría para sus habitantes el no sentirse ajenos al ambiente y de la importancia de desarrollar un trabajo conjunto que permitiera la conservación de un bien común. Para ello se desarrollaron entrevistas y charlas con las autoridades y se intercambiaron materiales bibliográficos acerca del Archipiélago. Se advirtió entre las autoridades una inquietud por conocer y mejorar las condiciones ambientales, especialmente las relacionadas con el bienestar inmediato de sus pobladores. Con el tiempo, se logró despertar su interés por otros recursos de las islas y, finalmente, se obtuvo el apoyo necesario para involucrar a toda la población en el programa de educación ambiental.

Se procedió entonces a realizar entrevistas personales tanto con los marinos como con la población civil con el fin de dar a conocer la existencia del pro-



grama de educación ambiental. Los encuentros con los marinos se realizaron durante sus tiempos libres, y se crearon relaciones amistosas gracias a la realización de diversas actividades.

### **Encuestas.**

Para conocer las características de los habitantes de Isla Socorro y poder así orientar el trabajo del grupo de educación ambiental, se aplicó a la población una encuesta que nos permitiera reconocer sus necesidades, su nivel de conocimientos sobre el entorno y su percepción de los problemas ambientales. Esta encuesta incluyó preguntas sobre aspectos tales como: lugar de origen y procedencia, escolaridad, tiempo de residencia en la isla, grado de aceptación del lugar, nivel de conocimiento de la geografía de la isla y de los nombres de diversas plantas y animales nativos.

La información obtenida en las entrevistas y las encuestas permitió reconocer lo siguiente: la población local tiene una alta tasa de recambio, pues una persona no suele permanecer en la isla por más de un año; la población civil esta constituida en su mayoría por niños menores de 12 años; los residentes provienen de diversas regiones del país y su presencia en la isla no responde a intereses personales, sino al cumplimiento de su deber. La población no depende de los recursos naturales de la isla para su subsistencia ya que sus provisiones, incluida el agua, les son suministradas periódicamente desde el continente; los recursos más importantes que obtienen de la isla son la madera, que se emplea como combustible, y la carne de borrego, que se aprovecha como alimento. La vida en la isla se considera "dura", principalmente por la falta de agua y de árboles en la zona del Sector Naval, además de que, debido a la distancia del continente, la mayoría de los habitantes están separados de sus familias. El grueso de la población desconoce los sitios alejados a las instalaciones del Sector Naval, por lo que aún existen áreas de la isla que prácticamente no han sido exploradas; tal es el caso de la región septentrional, cuyo acceso resulta casi imposible tanto por lo accidentado del terreno como por lo intrincado de la vegetación. La mayor parte de las plantas locales carecen de nombres comunes y se desconoce la importancia biológica de la isla. El nivel de escolaridad no suele rebasar la educación primaria.

### **Integración de un grupo promotor de la educación ambiental.**

Se integró un grupo promotor de la educación ambiental con la participación voluntaria de cinco residentes de la isla interesados en el tema, entre quienes se contó con el maestro de la escuela primaria y el veterinario local. Este grupo actuó como vínculo de comunicación entre los investigadores y la población, y coadyuvó a la realización de las diferentes actividades contempladas en el programa.

**Conferencias.**

Se impartieron conferencias a los marinos en las que se informó sobre las características de la biota insular y los problemas de degradación ambiental que afectan a la isla. Estas pláticas fueron profusamente ilustradas con diapositivas.

**Materiales informativos.**

Se elaboraron tres trípticos acerca de la importancia ecológica de los recursos naturales de Isla Socorro y de los lineamientos generales para la conservación y el manejo de la vida silvestre del Archipiélago. Además, se distribuyeron dos folletos de divulgación en donde se plantearon los problemas de la erosión y la introducción de especies exóticas, y se ofrecieron algunas sugerencias para su control.

Asimismo, se elaboraron periódicos murales que fueron colocados en el Sector Naval, en los que se ofrecía información general sobre la isla, su problemática ambiental y la manera de proteger sus recursos naturales. En todos estos materiales se utilizó un lenguaje sencillo y ameno para facilitar su lectura por niños y adultos.

Adicionalmente, se distribuyeron un poster calendario y un juego de mesa infantil en donde se destacó la importancia de dos especies de aves nativas de la isla y la forma de protegerlas.

**Actividades escolares.**

En sesiones de trabajo con los niños de la escuela primaria local se desarrollaron actividades creativas y prácticas de investigación sobre el medio ambiente y sus recursos, empleando materiales didácticos especialmente diseñados para el efecto.

**Difusión hacia el exterior.**

Con el propósito de obtener apoyos del exterior para la conservación de los recursos naturales del Archipiélago, las actividades de conservación y educación ambiental de este programa se dieron a conocer a través de conferencias en diversos foros nacionales e internacionales. A esta difusión hacia el exterior ha contribuido también la publicación de diversas comunicaciones científicas en libros y revistas, tanto especializadas como de divulgación, en donde se informa sobre los resultados de las investigaciones desarrolladas en la isla.

## Conclusiones

Al iniciarse el programa de educación ambiental, las observaciones, entrevistas y encuestas realizadas entre la población de Isla Socorro evidenciaron un bajo nivel de conocimientos acerca de los recursos vivos de la isla y del ambiente insular. La mayoría de los habitantes no tenía una percepción clara del impacto de las especies introducidas; consideraban positiva la presencia del borrego e inofensiva la del gato.

La ejecución del programa de educación ambiental se tradujo en un cambio en el nivel de conciencia y en las actitudes de los pobladores de la isla hacia su ambiente. A medida que avanzó este programa, los proyectos de investigación científica se vieron fortalecidos gracias a un mayor apoyo a los investigadores por parte de las autoridades de la isla, quienes promovieron la participación de algunos marinos en el desarrollo de los trabajos de campo. Al finalizar el programa, la idea de proteger los recursos de la isla a través del control de las poblaciones de gatos y borregos fue más aceptada. Así, por ejemplo, se emprendieron campañas ordenadas por la autoridad local para la erradicación de los gatos. En cuanto al borrego, se aceptó la sugerencia de poner en marcha un programa para el control del tamaño de su población. Además, la propuesta de incorporar la isla al Sistema Nacional de Áreas Protegidas logró también contar con el respaldo de la población local.

El trabajo, sin embargo, no concluye aquí. Si la educación ambiental debe ser una actividad permanente en cualquier lugar, con mayor razón debe serlo en Isla Socorro pues su población tiene una alta tasa de recambio. Por ello, es indispensable orientar constantemente a los nuevos habitantes sobre el estado de los recursos de la isla y sobre las medidas de conservación. Para lograrlo se propone desarrollar las siguientes actividades: a) elaborar y distribuir periódicamente materiales de divulgación; b) establecer una exposición permanente en el Sector Naval que, mediante paneles, maquetas y demás recursos didácticos, brinde información acerca de los recursos naturales de la isla, de los problemas ambientales que esta enfrenta y de sus posibles soluciones y; c) establecer un área de interpretación ambiental (sendero ecológico) en donde se identifiquen objetivamente los fenómenos de erosión y la importancia de algunas especies vegetales y animales.

## Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Alfredo Ortega y al Biól. Aradit Castellanos Vera la invitación a participar en este libro. En forma especial agradecemos a Aradit Castellanos Vera y Roberto Torres Orozco sus aportaciones al manuscrito.

### Literatura citada

- Alcérreca A. C., J. J. Consejo, O. Flores, D. Gutiérrez, E. Hentschel, M. Herzig, R. Pérez-Gil, J.M. Reyes y V. Sánchez-Cordero. 1988. FAUNA SILVESTRE Y AREAS NATURALES PROTEGIDAS. Universo veintiuno. México. 193 pp.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1992. La situación del zenzontle de Socorro (Mimodes graysoni). CIENCIA Y DESARROLLO 64(104):64-75.
- Castellanos, A. y R. Rodríguez-Estrella. 1993. Current status of the Socorro Mockingbird. WILSON BULLETIN 105(1):167-171.
- González G., E. 1992. ELEMENTOS ESTRATEGICOS PARA EL DESARROLLO DE LA EDUCACION AMBIENTAL EN MEXICO. ACEA, WWF, SEDUE. México, 99p.
- Grosse A.P. y M. Ramos, 1990. MEXICO PROGRAM BULLETIN. World Wildlife-Found and Conservation Fundation. Washington, D.C. U.S.A. 16p.
- Hanna, G. D. 1926. Expedition to the Revillagigedo Island, Mexico, in 1925. General Reports. PROC. CALIF. ACAD. SCI., 4th ser., 15:1-113.
- Jehl, J. R. y K. C. Parkes. 1982. The status of the avifauna of the Revillagigedo Island, Mexico. WILSON BULLETIN 94(1):10-19.
- Jehl, J. R. y K. C. Parkes. 1983. "Replacements" of landbird species on Socorro Island, México. AUK 100: 551-559.
- Miranda, F. 1960. Vegetación. La Isla Socorro. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA, Univ. Nac. Autón. de Méx. 2:129-152.
- Ortega, A., A. Castellanos, G. Arnaud, Y. Maya, R. Rodríguez, J. León, J. Cancino, C. Jiménez, J. Ginas, S. Alvarez, P. Galina, A. Breceda, E. Troyo, F. Salinas, S. Díaz, R. Servín, H. Romero, A. Rodríguez y R. Coria. 1992. Recursos naturales de la Isla Socorro, Revillagigedo, México. CIENCIA 45:175-184.
- Rodríguez-Estrella, R., G. Arnaud, S. Alvarez y A. Rodríguez. 1991. Predation by feral cats on birds at Isla Socorro. México. WESTERN BIRDS. 22:141-143.
- Villa, B. 1960. Vertebrados terrestres. In: La Isla Socorro, Archipiélago de las Revillagigedo. MONOGRAFÍAS DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA. UNAM, México.
- Wood, D.S. y D.W. Wood. 1990. CÓMO PLANIFICAR UN PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL. FWS y WRI. USA. 46p.



## CAPITULO 18

**EL PROYECTO DE RECUPERACION DE  
LA PALOMA DE SOCORRO**

*Luis F. Baptista, Helen Horblit y Hartmut S. Walter*

*Resumen*

La endémica Paloma de Socorro (*Zenayda graysoni*) ha sido erradicada en su forma silvestre, pero existe en aviarios en Europa y E.U. de N.A.. Un programa ha sido iniciado para reproducir y eventualmente repatriar a esta paloma única a su tierra natal. Se están llevando a cabo censos de aves cautivas y estudios de secuenciación de DNA para identificar parentesco entre linajes cautivos para evitar la excesiva endogamia por apareamientos selectivos. Las aves serán puestas en cuarentena antes de su reintroducción. Entre tanto las aves terrestres de la Isla Socorro serán muestreadas para detectar la existencia de patógenos. Los borregos y gatos de la isla tendrán que ser erradicados antes de la reintroducción de la paloma. Un programa de "liberación gradual" será iniciado utilizando un aviario y por medio de radio-seguimiento se monitoreará el éxito de los esfuerzos iniciales de liberación.

**Abstract**

The endemic Socorro Island Dove (*Zenaida graysoni*) has been extirpated in the wild, but exists in aviaries in Europa and the U.S.A.. A program has been initiated to breed and eventually repatriate this unique dove to its ancestral home. Census of captive birds are being conducted and DNA-fingerprinting studies utilized to identify relatedness among captive stock to prevent excessive inbreeding by selective pairing. Birds will be quarantined prior to reintroduction. Meanwhile land-birds on Socorro Island will be sampled for possible extant pathogens. Cats

and sheep on the island will have to be removed prior to reintroduction of the doves. A "soft-release" programa will be initiated using a "hacking" aviary and radio-tracking will be utilized to monitor success of initial release efforts.

## Introducción

En 1978, varios ornitólogos incluyendo a Jon Barlow (del Royal Hontario Museum, Canadá), a Joseph Jehl (del Hubbs Sea World, San Diego, California) y a Kenneth Parkes (del Carnegie Institute, Pittsburg), visitaron la Isla Socorro y se vieron consternados al encontrar que la Paloma de Socorro (*Zenaida graysoni*) no estaba ahí para ser vista. En otra visita a la isla en 1981, tampoco se encontraron palomas. Ellos reportaron a esta especie como presumiblemente extinta en su forma silvestre por los gatos asilvestrados y llamaron la atención sobre la difícil situación de las otras especies de aves terrestres (Jehl y Parkes, 1982).

Nuestras propias visitas a la isla entre julio de 1988 y el presente tampoco han producido ningun avistamiento de palomas. Nosotros debemos presumir que esta especie está verdaderamente extinta en su forma silvestre. Afortunadamente esta paloma todavía existe en las manos de avicultores privados y un programa está en desarrollo para reproducirlas y devolver esta paloma única a su tierra original.

Los primeros visitantes de la isla han comentado sobre la abundancia y mansedumbre de esta paloma (Baptista, 1978). Por ejemplo Andrew Jackson Grayson registró en sus notas de campo que las palomas parecían no darse cuenta del peligro e incluso se posaban sobre su mesa cuando él estaba preparando especímenes. El Dr. Sterling Bunnell, un miembro de la expedición de la Academia de Ciencias de California a Socorro en 1903, anotó en su diario que las palomas en cuanto veían a visitantes humanos de inmediato se apresuraban a encontrarlos y podían acercarseles como a un metro para examinar a los intrusos. Bunnell incluso reportó haber alcanzado y tocado las patas de una paloma perchada en el campo. C. Dallas Hanna, un miembro de la expedición de 1926 reportó como los científicos de la Academia capturaron a estas palomas con redes de pescar atadas a los extremos de unos postes. Estas palomas fueron llevadas vivas y criadas en los aviarios de Edward Gifford en Berkeley, California (Gifford, 1927). Su mansedumbre natural fue probablemente un factor contribuyente a su declinación.

## La Paloma

La Paloma de Socorro pesa de 165 a 200 gramos y es así cerca de un 40% más pesada que la Huilota (*Zenaida macroura*) la cual pesa aproximadamente 135 gramos (Baptista, 1987). La Paloma de Socorro es más oscura en su coloración general que la Huilota: la primera es café rojizo mientras que la última tiende hacia sombras de color gamuza. Las rectorices tienden a ser cuadradas en las puntas para la Paloma de Socorro comparadas con aquellas de las Huilotas y la cola es menos aguda en la primera (Baptista *et al.*, 1983). Típicamente como muchas especies isleñas la Paloma de Socorro tiene proporcionalmente pico y tarso más largos que su pariente de tierra firme la Huilota. Las coxerterales inferiores de la Paloma de Socorro son cafés como el vientre, mientras que aquellas en la Huilota son café muy claro. Las partes distales de las rectorices 4 a 7 son grises en la Paloma de Socorro y blancas en la Huilota y la vaina externa de la rectoriz 7 es negra en la Paloma de Socorro en tanto que blanca en la Huilota (Fig. 1).

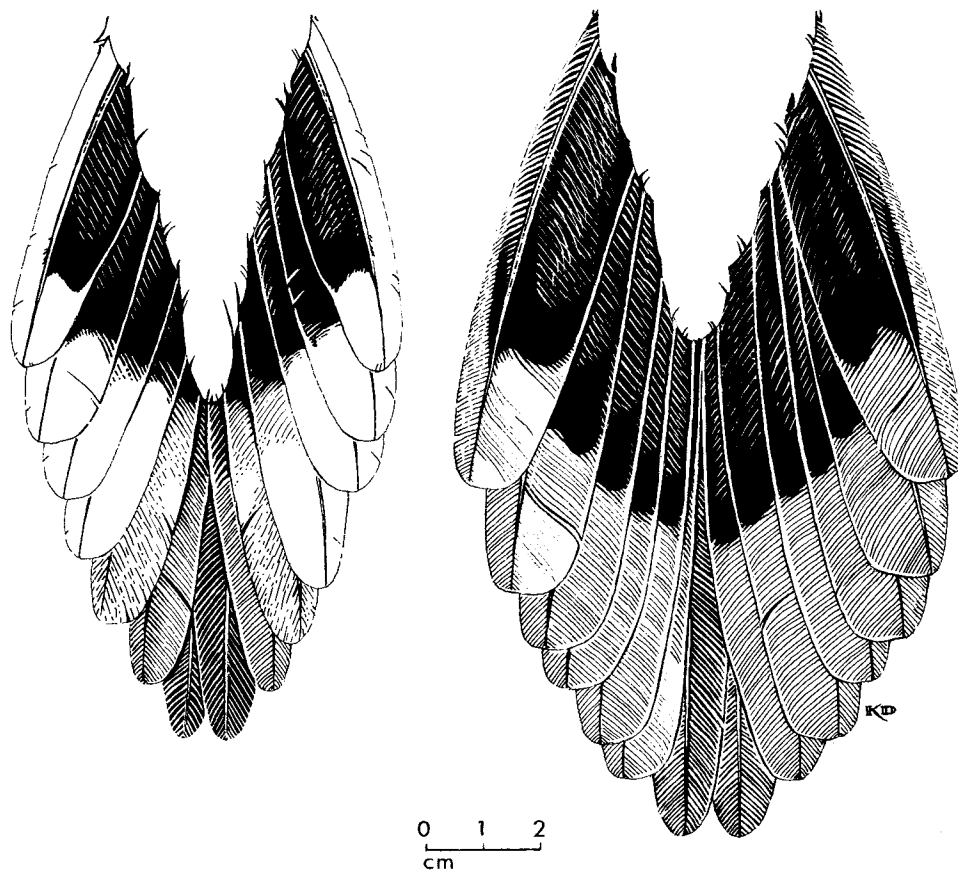
Todas las vocalizaciones de la Paloma de Socorro son bajas en frecuencia y de sonido más aspero que aquellas de la Huilota. El canto territorial en la Paloma de Socorro consiste típicamente de cinco notas mientras que en la Huilota consiste de cuatro. La duración de la tercera y cuarta notas difiere significativamente de aquellas de la Huilota como lo hacen el segundo y tercer intervalo de silencio entre las notas (Baptista *et al.*, 1983; Fig. 2).

Durante el canto territorial la Paloma de Socorro adopta una postura más encorvada que la Huilota. Durante la ceremonia de construcción del nido ambas especies inclinan sus cabezas al cantar, sin embargo, a más altas intensidades la Paloma de Socorro realiza esta exhibición con la cola ampliamente abierta mientras que la Huilota la realiza con la cola cerrada (Baptista *et al.*, 1983; Fig. 2).

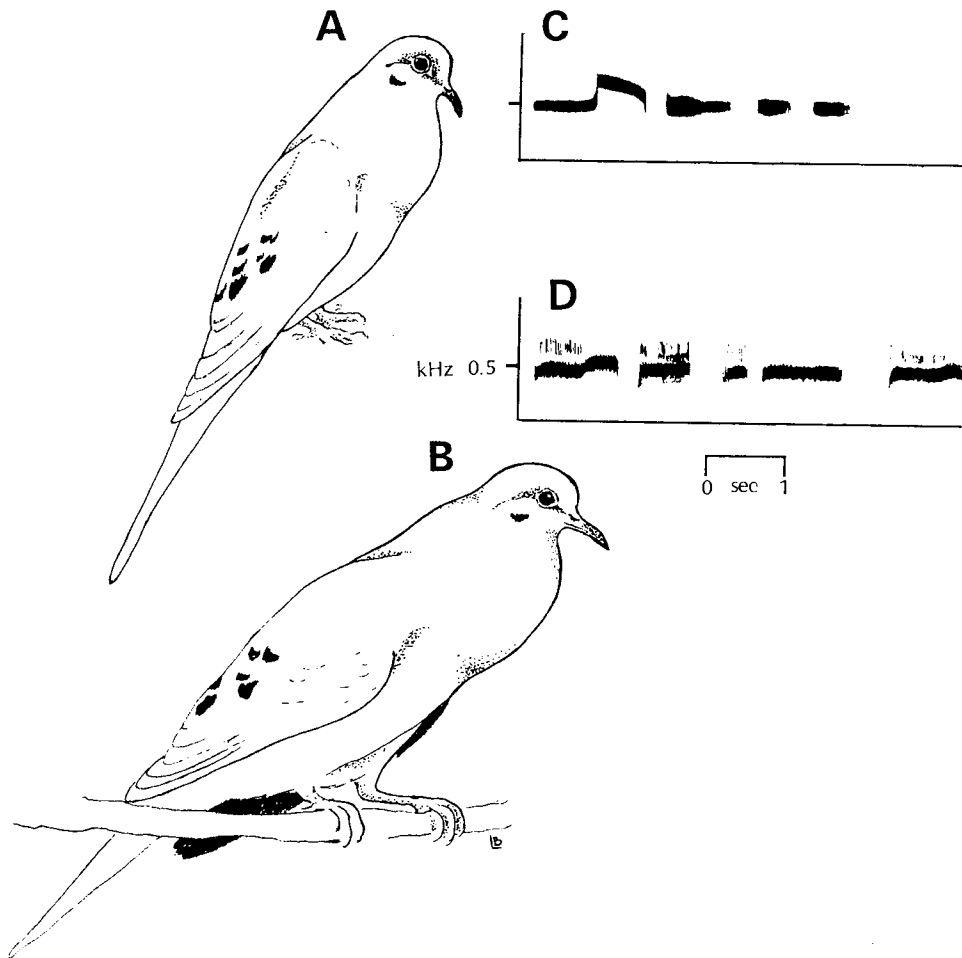
## Hibridización con las Huilotas.

No obstante que es posible hibridizar a las dos palomas en aviarios, cada taxón tiende a aparearse azarosamente en cautiverio. Un macho F1 híbrido apareado a su hermana completa produjo huevos infértiles mayormente. Sin embargo, el macho retrocruzado con la Paloma de Socorro produjo pollos viables. Esto sugiere que los híbridos son relativamente estériles *inter se* pero fértiles *inter alia*. Estas observaciones además de las diferencias en morfología y en comportamiento descritas para las dos taxa, indican que *Z. graysoni* es una especie completa, distinta de *Z. macroura*.





**Figura 1.** Colas de Huihota (izquierda) y de la Paloma de Socorro (derecha). Note que las plumas de la cola de la Paloma de Socorro son más cuadradas en el ápice que aquellas de la Huihota. Note también que la vena externa de la rectriz siete es negra en la Paloma de Socorro y blanca en la Huihota.



**Figura 2.** A. La Postura (del Canto) territorial de la Huijota. B. La postura territorial de la Paloma de Socorro. C. Canto territorial de la Huijota. D. Canto territorial de la Paloma de Socorro. Note la postura más erecta de la Huijota comparada con la Paloma de Socorro. Note también las cuatro notas en el canto de la Huijota versus las cinco notas en aquel de la Paloma de Socorro.

Estudios sanguíneos recientes (Lawson *et al.*, en prep.) de proteínas sanguíneas sometidas a análisis por electrofóresis de gel de almidón indican que la deshidrogenasa láctica de los dos taxa difiere en movilidad electroforética y que los híbridos F1 pueden ser detectados examinando geles de esta proteína. Esta puede ser una técnica adecuada para asegurar que todas las aves utilizadas en el programa de crianza sean de un linaje "puro".

## El Programa de Crianza-Recuperación

Esta especie no es difícil de reproducir en cautiverio aunque diferentes parejas exhiben diferente nivel de éxito reproductivo. Cuando se han aclimatado pueden estar bien en aviarios abiertos y pueden tolerar temperaturas exteriores tan bajas como 15<sup>o</sup>C grados centígrados bajo cero (Gebhard Sewing, com. pers.). No obstante que es mansa y atractiva la Paloma de Socorro puede ser muy agresiva a si misma y a otras especies. Una Paloma de Socorro en la colección del finado Jean Delacour's (1959 y com. pers.) mató a un ejemplar de un periquito de Australia (*Platycercus elegans*). Otros avicultores han observado Palomas de Socorro atacando a faisanes mantenidos en el mismo aviario. Ellas son incluso dadas a atacar a sus propios polluelos (Nicolai, 1991). Esta agresividad las ha transformado en un sujeto impopular entre los avicultores que mantienen colecciones mixtas de palomas. Es así imperativo que un programa de conservación dirija sus esfuerzos a reproducir y salvar a esta especie, para que no siga a su pariente cercano, el Pichón Viajero (*Ectopistes migratorius*) hacia la extinción. El programa descrito abajo está guiado por los principios señalados por Black (1991).

1. Realizar un censo de aves reproductoras bajo cuidado de avicultores tanto en los Estados Unidos de Norte América como en Alemania. Un registro genealógico podrá entonces ser iniciado. El programa en Alemania esta siendo encabezado por el Zoológico de Colonia y por la Universidad de Bielefeld. El programa en los Estados Unidos está siendo dirigido por la Fundación de Endémicos Isleños, una organización fundada por nosotros en California cuyo principal objetivo es la crianza y el retorno de la Paloma de Socorro a su tierra original.

2. Cincuenta parejas reproductoras serán llevadas juntas al centro de reproducción de la Fundación de Endémicos Isleños en Petaluma, California. Estos individuos proveerán no sólo una progenie para liberación, sino que nos permitirán realizar estudios de historias de vida los cuales serán vitales para su sobrevivencia.

Por ejemplo, necesitamos determinar la edad a la cual estas aves se reproducen por primera vez. Necesitamos conocer la fecundidad por edad, experiencia y estación. Necesitamos realizar estudios de fisiología del compor-

tamiento, por ejemplo para determinar la "zona de neutralidad térmica" o los requerimientos de agua. Los avicultores actuarán como "reservas" para proveernos con aves adicionales para eventuales liberaciones y también para asegurar que no todos los individuos están en un sólo centro, puesto que existe la posibilidad de que enfermedades puedan acabar con una colonia entera de reproducción.

3. Estudios piloto utilizando electrofóresis de gel de almidón indican que las proteínas sanguíneas en estas palomas son relativamente estables y no llevan ellas mismas a un estudio de variabilidad genética. Nosostros estamos ahora iniciando un estudio utilizando secuencias de DNA para determinar el grado de parentesco entre varios grupos de palomas de linajes en cautiverio. Esto nos permitirá seleccionar individuos reproductores para apareamiento asegurando un máximo de exogamia.

Los efectos de la endogamia difieren marcadamente entre especies. Por ejemplo, el Elefante Marino del Norte (*Mirounga angustirostris*) el cual alcanza ahora millares, desciende de unos pocos animales (Bonnell y Selander, 1974). En contraste, la fertilidad en las Palomas de las Galápagos (*Zenaida galapagoensis*) cautiva en los Estados Unidos ha decrecido precipitadamente, un fenómeno atribuible a la endogamia. Así pues, no podemos tomar riesgos con la Paloma de Socorro. Los resultados de nuestros estudios bioquímicos esperamos nos permitirán manipular el programa de reproducción para asegurar heterocigocidad máxima en la colonia cautiva.

4. Nosotros estableceremos un programa de cuarentena para asegurar que ningún patógeno extraño a Socorro será introducido. En el cálido clima del sur de California, existen mosquitos vectores de viruela aviar en grandes cantidades en los meses de verano. Sabemos por experiencia propia que las Palomas de Socorro son altamente susceptibles a esta enfermedad. Nosotros hemos prevenido una y otra vez a varios coleccionistas de aves en que únicamente la Paloma de Socorro a sido infectada de viruela. Como un endémico isleño, la Paloma de Socorro puede ser un producto de años de no padecer enfermedades provenientes de tierra firme, lo que ha resultado en la falta de resistencia a los patógenos como aquellos que portan la viruela aviar.

Patógenos extraños a la isla pueden causar la desaparición de una avifauna entera. Un riguroso programa de cuarentena es imperativo para asegurar que solamente linajes saludables van a ser introducidos a la isla. Este programa será dirigido por el Dr. James Michael Harris, un veterinario en el personal de la Fundación de Endémicos Isleños.

5. Como un corolario al programa anterior, nosotros debemos iniciar un programa de captura con redes para muestrear a las aves que habitan en la Isla Socorro para identificar posibles patógenos que actualmente existen en la isla. Las aves deben ser capturadas vivas y tomar muestras de sangre y fecales y llevadas a tierra firme para ser analizadas. Esto nos dará alguna indicación de

cuales patógenos existen actualmente en la isla, y nos permitirá compararlos con lo que hallemos en las colonias cautivas de Paloma de Socorro. Particular atención deberá darse a las dos especies de paloma que actualmente viven en la isla, la Tortolita de Socorro endémica (*Columbina passerina socorroensis*) y la recientemente establecida Huilota (*Zenaida macroura*). La población asilvestrada de pichones (*Columba livia*) actualmente viviendo en la Isla Socorro, deberá ser removida para eliminar cualquier posible transferencia de enfermedad a las poblaciones isleñas de palomas. El plan es tener en cuarentena las aves en California y después de que ellas hayan recibido una certificación de que están sanas, llevarlas por avión directamente a la Isla Socorro.

6. Una estación de "hacking" será establecida en la Isla Socorro para la "liberación gradual" de las palomas. Este método ha funcionado exitosamente, con los Pichones Rosa de Mauritius (*Columba mayeri*) en los que las aves liberadas en su tierra natal eventualmente aprendieron a alimentarse por sí mismas.

Las Palomas de Socorro cautivas son alimentadas principalmente con una dieta de varias semillas (por ejemplo, *Panicum* spp.). Sin embargo los avicultores han notado que muchos individuos también se alimentan de la vegetación. Esto las hace sujetos ideales para "enseñarlas" a comer los alimentos isleños en California previamente a su liberación. Frutos de *Ficus cotinifolia*, *Prunus capuli* e *Ilex socorroensis* pueden ser propagados en viveros y proporcionados a estas aves. Esto asegurará que ellas reconocerán estos tipos de alimento cuando sean liberadas en Socorro. *Ficus cotinifolia* puede crecer de estacas de tallos maduros que tengan frutos (Richard Felger, com. pers.).

Las aves entrenadas podrán entonces ser transferidas a un gran aviario construido sobre árboles seleccionados en los bosques de la vertiente sur del volcán Evermann en la Isla Socorro. Las palomas serán aprovisionadas con semillas y agua en un principio, y observadas mientras aprenden a utilizar los alimentos nativos en el aviario. Presumiblemente ellas aprenderán a tomar frutos directamente de los árboles y no a esperar a que el alimento les sea proporcionado en bandejas. Ellas serán entonces liberadas, pero continuarán siendo aprovisionadas en sitios de alimentación hasta que puedan ser enteramente autosuficientes.

7. El seguimiento con radio-transmisores de las palomas está planeado durante la fase inicial de liberación. Esto nos dará una idea del tiempo, tasa y distancia de dispersión desde el sitio de liberación, y la tasa de supervivencia. Esto podría también permitirnos seguir a las aves a los sitios de anidamiento y monitorear los intentos de reproducción.

El seguimiento con radio transmisores nos permitirá determinar las habilidades de las Palomas de Socorro para evadir depredadores. Nosostros podríamos entonces tener que seleccionar sitios alternativos de liberación o incluso iniciar programas para enseñar habilidades de escape previos a la liberación (Black, 1991).

## Preparación del hábitat antes de la liberación.

1. Un programa de erradicación de gatos debe ser iniciado. Esto podría ser una combinación de trapeo, cacería y envenenamiento (Veitch, com. pers.). Es posible que los gatos no puedan ser extirpados totalmente pero su población puede ser reducida a un mínimo y monitoreada continuamente para mantenerla a un nivel reducido.

2. Un programa de erradicación del borrego debe ser puesto en marcha. Notas de campo y fotografías antiguas indican que una carpeta de hierbas y arbustos cubría grandes porciones del piso del bosque antes de la explosión de la población de borregos: el borrego ha reducido el sotobosque a un auténtico desierto. La vegetación del sotobosque proporcionó a las palomas protección contra los depredadores e incluso de algunos sitios de anidamiento (se ha sabido de algunas Palomas de Socorro en cautiverio que anidan en el suelo). Las semillas de los árboles cayeron en el piso del bosque y probablemente proveyeron de una fuente de alimento muy parecida a la forma en que la producción de bellotas en un bosque de encinos de California proporciona alimentos para una variedad de aves.

## Epílogo

Dos historias exitosas en programas de liberación son aquellas del Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) y el Pato Real (*Aix sponsa*). Ambos programas descansaban en la cooperación de avicultores privados. Las especies granívoras se adaptan bien a los programas de cautiverio liberación ya que sus requerimientos no son tan específicos como aquellos de insectívoros y carnívoros. Nosotros tenemos confianza en que este programa resultará exitoso y que la Paloma de Socorro regresará a su tierra original. La Isla Socorro está bastante alejada de la tierra firme, disminuyendo el peligro debido a cacería furtiva. Es un ecosistema isleño de tamaño manejable, así que una vez reintroducidas, las poblaciones de palomas podrían ser monitoreadas con relativa facilidad. Finalmente este proyecto ha recibido el apoyo entusiasta de varias organizaciones de conservación, de la Armada de México la cual administra la Isla Socorro, y del sector privado tanto en México como en otras partes.

Al preparar a la isla para la reintroducción de la Paloma de Socorro nosotros estaremos salvando una bióta isleña completa. Las islas del Archipiélago Revillagigedo son el hogar de una fauna y flora únicas. Varias otras especies de aves, por ejemplo, el Zenzontle de Socorro (*Mimodes graysoni*) y el Tecolote Enano (*Micrathene whitneyi*) están en peligro. La Paloma de Socorro servirá como una especie bandera de un programa de cooperación internacional en el

salvamento de una porción única de la biodiversidad terrestre.

### Literatura Citada

- Baptista, L. F., W. I. Boarman y P. Kandianidis. 1983. Behavior and taxonomic status of Grayson's Dove. *AUK* 100:907-010.
- Baptista, L. F. 1987. Andrew Jackson Grayson and the "Solitary Dove". *PACIFIC DISCOVERY* 40:30-37.
- Black, J. M. 1991. Reintroduction and restocking: guidelines for bird recovery programmes. *BIRD CONSERVATION INTERNATIONAL* 1:329-334.
- Bonnell, M. L. y R. K. Selander. 1974. Elephant seals: genetic variation and near extinction. *SCIENCE* 134:908-909.
- Gifford, E. W. 1927. Grayson's Pigeon (*Zenaidura graysoni*) in captivity. *AUK* 44:513-519.
- Jehl, J. R., Jr. y K. C. Parkes. 1982. The status of the avifauna of the Revillagigedo Islands, Mexico. *WILSON BULL.* 94:1-19.
- Jehl, J. R., Jr. y K. C. Parkes. 1983. "Replacements" of landbirds species on Socorro Island, Mexico. *AUK* 100:551-559.
- Nicolai, J. 1991. Letzte chance fur die Socorro-Taube. *TROPISCHE VOGEL* 12:39-74.

## CAPITULO 19

# LINEAMIENTOS PARA LA ADMINISTRACION DE LA RESERVA DE BIOSFERA, ARCHIPIELAGO DE REVILLAGIGEDO

*Alfredo Ortega-Rubio y Aradit Castellanos*

### Resumen

En este trabajo se proponen lineamientos para el manejo de esta reserva de biosfera. Se analiza la situación ambiental del Archipiélago Revillagigedo basicamente en términos de la condición de su flora y fauna nativas, y del habitat. Se sugiere que dados la ausencia histórica de una población humana nativa del Archipiélago, los niveles de endemismo de la flora y fauna, la amenaza creciente por la presencia de especies exóticas y la destrucción del hábitat de muchas especies únicas en el mundo, se justifica un enfoque en el manejo de esta reserva hacia la conservación. Se señalan estrategias de manejo, incluyendo: la definición de la política de uso del suelo y previsión del poblamiento de las islas, la promulgación de normas legales y su aplicación estricta para controlar accesos a las islas. Se analiza y discute que en las condiciones del Archipiélago, la legislación (apropiada y aplicada) y la investigación científica pueden ser utilizadas como dos instrumentos clave para el manejo efectivo del área.

### Abstract

Through this work we propose guidelines for the management of this biosphere reserve. The environmental aspects of the Revillagigedo Archipelago are analyzed, focused on the conservation status of native flora and fauna, as well as the habitat condition. Due to the lack of a native human population at the Archipelago, the high number of endemic species, the habitat loss and the declining rate



of native populations, we propose that the management of this reserve should be focused on conservation. Management strategies are analyzed, including: land use policies, human population immigration, legal protection and law enforcement. We discuss the key aspects for the management of the area: legal protection and law enforcement and scientific research.

## Introducción

En escala mundial, natural y culturalmente, México es excepcionalmente diverso (Flores-Villela y Geréz, 1989). Se estima que en el país se encuentran aproximadamente el 10% de todos los organismos de la tierra (Ceballos, 1993). Sin embargo, el desarrollo de la actividades humanas en nuestro país causa un severo deterioro ambiental, lo cual se refleja en el elevado número de especies de plantas y animales silvestres mexicanos que se encuentran en peligro de extinción (Ceballos, 1993; Flores-Villela y Geréz, 1989).

La conservación de la diversidad biológica, es fundamental para el futuro de la humanidad, y críticamente importante para mantener la integridad de los ecosistemas y la productividad biológica, y ello implica el desarrollo de estrategias para la conservación de hábitats y especies, el manejo de ecosistemas, y la creación y cuidado de áreas protegidas (Holgate y Giovannini, 1994). A nivel nacional, una acción clave en la protección de la biodiversidad, es la existencia de una red de áreas protegidas solidamente apoyadas y administradas (UNEP, 1993). Las áreas protegidas juegan un papel importante en el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de la diversidad genética, y contribuyen al uso sustentable de especies y hábitats (Talbot, 1984). Dentro de la áreas protegidas, especialmente las reservas de biósfera constituyen un instrumento más abierto y flexible para lograr la conjunción entre conservación y desarrollo (Halffter, 1991; IUCN, 1980; UNESCO, 1984).

Para alcanzar su papel como instrumentos importantes en las estrategias de conservación de la diversidad biológica, las áreas protegidas deben contar con un nivel de planificación que permita el manejo eficaz del área. Así resulta imperativo que las áreas protegidas cuenten con los planes de manejo y operativos que les permitan funcionar como una unidad (MacKinnon *et al.*, 1990). Por otro lado, debe evitarse el aislamiento de la reserva del público (Talbot, 1984) y su enfoque ecologista (Bojorquez-Tapia y Flores-Villela, 1991). Estas dos condiciones de las áreas protegidas, resultan fundamentales, toda vez que la conservación de la biodiversidad no puede lograrse excluyéndola artificialmente de las fuerzas económicas, y requiere de la preocupación, no sólo sobre las áreas protegidas y agencias gubernamentales, sino además de un mejor manejo del suelo y aguas afuera de las áreas protegidas (McNeely, 1990).

México, ha venido estructurando un Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas (SINAP) desde 1984 (Alcerreca *et al.*, 1988.). Actualmente el SINAP cuenta con poco más de 82 áreas protegidas, incluyendo varias reservas de

biosfera. Sin embargo a nivel del SINAP e individual (para cada reserva) prevalece aún la ausencia de planeación descrita para la áreas protegidas por Alcerreca *et al.* (1988) y Flores-Villela y Geréz (1988).

La creación de la Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo (Islas Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida) establecida en junio 6 de 1994 (Diario Oficial de la Federación, 6 de Junio de 1994) se ubica dentro de esta estrategia de conservación de los recursos del país. La importancia biológica, ecológica y socioeconómica de esta reserva para el país es de primer orden como se ha señalado en diversos capítulos de esta obra. Por ello la elaboración del Programa Integral de Desarrollo o Programa de Manejo, requisito establecido por el Decreto Presidencial que crea la reserva, resulta urgente para la conservación de los recursos de las Islas Revillagigedo.

Basados en los trabajos de investigación y conservación desarrollados por el CIBNOR en el Archipiélago y con el propósito de coadyuvar en la formulación de un Programa Integral de Desarrollo, proponemos algunos lineamientos para el manejo de la reserva. Se sugiere que el manejo de la reserva se oriente hacia la conservación, dando un papel clave a la legislación (y su aplicación), a la investigación científica y al eco-turismo como instrumentos de manejo.

## Marco general y problemática

### Población

El Archipiélago de Revillagigedo, como se ha citado en el Capítulo uno, se constituye por cuatro islas oceánicas de pequeñas dimensiones, que van de la más pequeña a la más grande: Roca Partida, San Benedicto, Clarión y Socorro. Este Archipiélago está por otro lado muy alejado del territorio continental de México, e incluso entre algunas de las islas existe una considerable separación.

Las Islas Revillagigedo fueron descubiertas en los años 1533 (Socorro y Roca Partida), 1542 (Clarión) por expedicionarios españoles y 1779 (San Benedicto) por J. Camachol (Medina, 1978). Los intentos de poblar estas islas a lo largo de siglos no alcanzaron éxito, en parte por que carecen de agua dulce superficial y por su lejanía del continente. Sin embargo, en 1957, se estableció una guarnición naval (basicamente de personal militar y pocos familiares con alta tasa de rotación) en Isla Socorro y posteriormente otra en Isla Clarión. Así, históricamente las Islas Revillagigedo nunca han tenido una población nativa que se sustente de los recursos isleños.

Las Revillagigedo en general se caracterizan por una muy limitada presencia de recursos. Su diversidad biológica es baja, sus suelos son pobres y carecen de agua dulce superficial. Asimismo su actividad sísmológica es relativamente alta y riesgosa. Todos estos factores, aunados a su lejanía del continente, se constituyen en barreras naturales para su poblamiento.

### **Características de manejo**

La falta de población, su lejanía de tierra continental y su relativa pobreza han condicionado que las Islas Revillagigedo queden históricamente al margen del desarrollo socioeconómico moderno del país. No hay en ellas producción bienes y servicios, y tampoco una población nativa que los demande. Basados en estas características y en los criterios señalados por Salm y Clark (1984), definimos para fines de manejo a las Islas Revillagigedo como **islas pequeñas deshabitadas, pero regularmente visitadas por humanos.**

### **El marco legal y administrativo**

Las Islas Revillagigedo están bajo jurisdicción Federal (Medina 1978). Desde el establecimiento de la guarnición naval en 1957, el resguardo del Archipiélago, en términos más que nada de la soberanía y la seguridad nacionales, ha estado bajo la Armada de México. Sin embargo en cuanto a la administración e investigación de los recursos naturales no ha habido una institución directamente responsable de su manejo como un todo.

Así, muchas de las actividades humanas desarrolladas en las islas se condujeron sin una adecuada planeación y control, con muy poca o nula coordinación institucional e incluso sin autorización de instituciones competentes. Este accionar humano en el Archipiélago en muchas ocasiones a entrado en contradicción con principios, normas básicas y legales para la protección de los recursos isleños. Hay de esto varios ejemplos como: la introducción reciente de especies exóticas, la captura de especies en peligro de extinción, y la afluencia no regulada de visitantes.

Sin embargo recientemente, el 6 de junio de 1994, se decretó la reserva de la biosfera Archipiélago de Revillagigedo. Los términos del decreto confieren a la Secretaría de Desarrollo Social la responsabilidad para la administración y manejo de los recursos naturales. Este decreto abre una posibilidad de que las actividades de administración, investigación y recreativas en el Archipiélago sean efectivamente planificadas y controladas.

### **Problemática**

A lo largo de los Capítulos de este libro se ha identificado el principal problema de la Isla Socorro, que es básicamente el mismo para las restantes islas del Archipiélago: la reducción de poblaciones de fauna y flora nativas y la extinción de especies.

Las causas principales más probables de estos procesos son:

La pérdida de habitat.- La vegetación y el suelo de las Islas Socorro y Clarión presenta algún grado de destrucción y perturbación. Esto es atribuible al efecto del sobrepastoreo causado por el borrego doméstico en Socorro y a la introducción de cerdos y conejos en Clarión. En Socorro, es un proceso progresivo y aparentemente irreversible en buena parte de la isla.

La depredación.- Se considera como el agente principal en la extinción de la Paloma de Socorro, y uno muy importante en la reducción de otras poblaciones de aves endémicas. La depredación de la fauna nativa es atribuible a la presencia del gato doméstico.

La perturbación humana, captura y caza.- No se puede considerar una causa principal del proceso de reducción de poblaciones y extinción de especies, pero sí como un contribuyente. La presencia temporal de excursionistas, investigadores y residentes isleños, en áreas/sitios de anidación, y la caza y captura de especímenes con fines científicos, de colección y recreativos se presume pudo haber afectado a algunas especies como el Zenzontle de Socorro.

La competencia.- El arribo de especies inmigrantes aparentemente podría ser una de las causas contribuyentes a la reducción de algunas poblaciones de aves.

Las enfermedades.- La presencia de especies de aves exóticas, como pichones (*Columba livia*), puede ser causa de transmisión de enfermedades a la avifauna nativa y ser por tanto un contribuyente en la reducción de poblaciones nativas.

## Enfoque General

La UNESCO (1984) señaló la necesidad de fortalecer el funcionamiento múltiple de las reservas de biósfera, recomendando que cubrieran a). una función de conservación (conservar material genético y ecosistemas), b). una función logística (forman una red internacional de investigaciones y supervisión) y c) una función de desarrollo (buscan asociar el medio ambiente y el desarrollo).

Sin embargo, a luz de las experiencias mundiales la UNESCO reconoció en 1984 la existencia de la diversidad de condiciones geográficas, históricas, humanas y socioeconómicas concretas en que se establecen las reservas de biosfera en los distintos países y por tanto consideró que un principio de flexibilidad debía aplicarse tanto en su establecimiento como en la determinación de sus dimensiones, así como en la definición de la importancia relativa de las funciones. Sin soslayar funciones, las reservas podrían estar enfocadas al desarrollo, a la conservación o a la investigación, dependiendo de los objetivos y de las condiciones concretas en que se establecen.

Así, basados en la importancia biológica y ecológica de las Islas Revillagigedo para el país y el mundo, en las circunstancias prevalecientes en el Archipiélago

en cuanto a la ausencia de una población nativa, de creciente pérdida de habitat y de extinción de especies y subespecies únicas en el mundo, proponemos que su manejo se enfoque a la conservación y a la investigación científica, es decir, dar especial atención a la conservación del material genético y de los ecosistemas del Archipiélago.

## Lineamientos

Para lograr este objetivo la aplicación de los siguientes lineamientos resulta importante:

### Generales:

- 1). Prevenir el poblamiento de las islas y regular el acceso de visitantes.
- 2). Regular y controlar la introducción de plantas y animales silvestres y domésticos.
- 3). Elaborar e instrumentar reglamentos y normas jurídicas y administrativas.
- 4). Elaborar e instrumentar un plan general de manejo y planes específicos para sitios y especies. Con enfoque en la preservación, investigación científica y ecoturismo como alternativa socioeconómica.

**Específicos** (adaptado de Salm y Clark, 1984).

### Infraestructura:

1. Controlar el desarrollo de toda infraestructura de manejo, investigación y para visitantes en las islas.
2. Delimitar la ubicación de la infraestructura específicamente a la actual zona ocupada por el Sector Naval que está alejada de los recursos sensitivos. Excepción de aquella indispensable para fines estrictos y directos de manejo, que podrá ser ubicada en otras zonas.
3. Regular el diseño de toda la infraestructura en las islas. Esta deberá armonizarse con el paisaje y ocupar materiales locales principalmente.

### Suministro de agua y disposición final de aguas residuales y basura doméstica:

4. Debe evitarse la disposición superficial de aguas domésticas. Los sistemas de letrinas y fosas séptica deben ser mantenidos regularmente para asegurar su eficiencia. Las descargas de aguas residuales al océano se deben hacer en sitios donde las corrientes marinas y mareas lo permitan. La basura deberá separarse en orgánica y no orgánica. La disposición de las primeras podrá hacerse en el océano en función de las corrientes y mareas. La ba-

sura no orgánica deberá ser incinerada.

#### Acceso a las islas:

5. El acceso aéreo (aviones y helicópteros) debe planearse y restringirse a la aeropista actual o a temporadas no sensitivas para otras áreas. Debe considerarse que algunas áreas de anidación de aves pueden ser perturbadas por el tráfico de aeronaves.
6. No deberá permitirse la apertura de caminos, brechas o carreteras. El acceso del borrego a algunas partes del norte de la isla aparentemente se ha visto detenida por lo intrincado de la vegetación y lo agreste del terreno. Así, la apertura de nuevos caminos podría representar una vía para su expansión. En general los caminos y senderos deben quedar claramente definidos y siempre procurando fuera de áreas sensitivas.
7. En temporadas y habitats críticos o sensitivos, el acceso de residentes, visitantes e investigadores debe quedar estrictamente regulado o no permitido. Por ejemplo a las zonas terrestres de anidación de aves o de desove de tortugas marinas.

#### Colectas y capturas

8. Colecta de especímenes y muestras. La colecta de plantas y animales nativos y de sus derivados y productos, así como de otras muestras biológicas, geológicas y minerales debe quedar estrictamente regulada y controlada. No deberá permitirse la captura, colecta y extracción de ningún espécimen y/o muestra sin una autorización previa de la autoridad competente.

#### Planes y programas de manejo

Dentro del Programa de Manejo de la reserva, se recomienda dar especial atención a lo siguiente:

9. Instrumentar un programa de erradicación del borrego y del gato domésticos.
10. Instrumentar un programa de protección (y restauración) de habitat de zonas confinadas por medio de exclusiones, en la vertiente sur del Monte Evermann. Las áreas seleccionadas serán hábitat de valor para el Zenzontle de Socorro y otras aves nativas.
11. Elaborar una reglamentación jurídica y administrativa amplia para el control de uso del suelo, inmigración y acceso, desarrollo de la investigación científica y del ecoturismo en las islas y estructurar un sistema efectivo de

inspección y vigilancia para su aplicación.

12. Desarrollar un sólido programa cooperativo de investigación científica y de monitoreo ambiental, integrando a diversas instituciones nacionales e internacionales, desarrollando en la Isla Socorro la infraestructura científica necesaria.
13. Desarrollar un programa ecoturístico como un mecanismo para despertar el interés y preocupación públicos nacional e internacional sobre el Archipiélago y sus recursos.

### Conclusiones

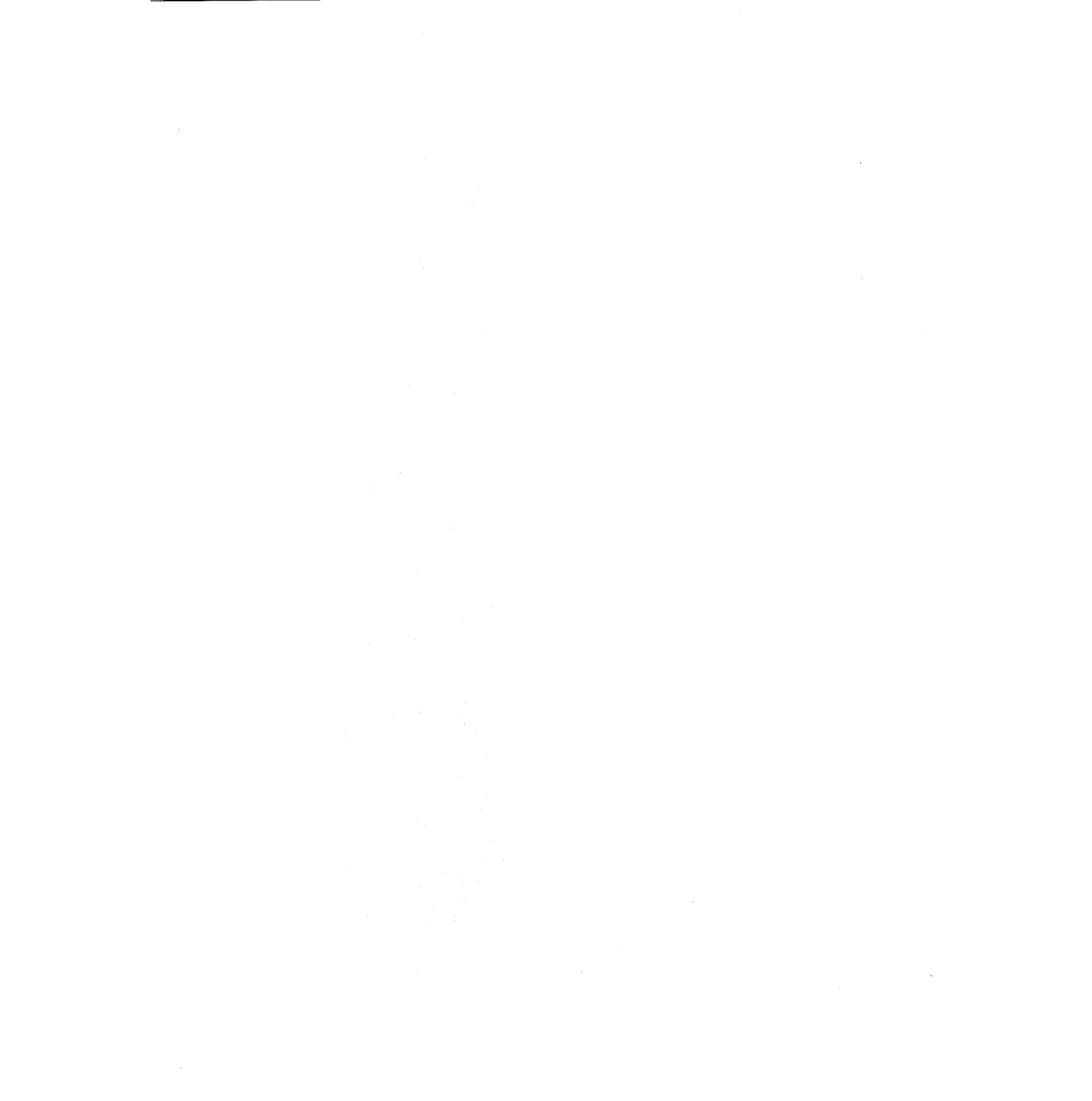
La situación de los recursos isleños, principalmente de plantas y animales nativos y de su hábitat, demanda un plan claro de acciones para asegurar su protección y recuperación. La creación de la Reserva de Biosfera abre una opción para ello. Sin embargo pasos adicionales se tendrán que dar para lograrlo. Bajo las condiciones prevalecientes en el país en cuanto al manejo de las áreas protegidas y la protección de los recursos de vida silvestre, es importante evaluar y conocer cuales son las posibilidades más inmediatas. Los escasos recursos económicos que se destinan a las áreas protegidas nos lleva a creer que desarrollar un programa de restauración del hábitat de las Islas Revillagigedo resulta poco probable en el corto plazo. La restauración del hábitat es un proceso largo y costoso. Así, las medidas más urgentes y viables son aquellas destinadas a evitar un empeoramiento de la situación del Archipiélago y ello pasa primero por prevenir el poblamiento y controlar nuevas introducciones de especies exóticas. La protección del hábitat y su recuperación sólo podría ser viable en áreas muy precisas, reducidas y confinadas, p. ej. para proteger el área de mayor abundancia y presumiblemente de reproducción del Zenzontle de Socorro. Sólo despues de controlados o erradicados los borregos y gatos, lo que abriría un oportunidad a la recuperación del hábitat, se podría instrumentar un programa de reintroducción de la Paloma de Socorro.

Todas estas tareas, sin embargo, reclaman de un amplio esfuerzo de cooperación interinstitucional a nivel del país e internacional. Así, creemos que dependencias gubernamentales de manejo y protección de recursos naturales, instituciones de investigación científica y asociaciones privadas de conservación deben unir sus esfuerzos cooperativos para lograr la protección y recuperación del Archipiélago.

## Literatura Citada

- Alcérreca, C., J. J. Consejo, O. Flores, D. Gutierrez, E. Hentschel, M. Herzing, R. Pérez-Gil, J. M. Reyes y V. Sánchez Cordero. 1988. FAUNA SILVESTRE Y ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. Universo Veintiuno, A. C. Mexico D. F. 193 pp.
- Bojorquez-Tapia, L. y O. Flores-Villela. 1991. Aspectos legales y metodológicos de la bioconservación en México. MEMORIAS DEL SEMINARIO SOBRE CONSERVACION DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MEXICO. UNAM-Facultad de Ciencias. México, D. F. 23 pp.
- Ceballos, G. 1993. Especies en peligro de extinción. CIENCIAS 7:5-10.
- Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1988. CONSERVACION EN MEXICO: SINTESIS SOBRE VERTEBRADOS TERRESTRES, VEGETACION Y USO DEL SUELO. INIREB. Jalapa, Ver. 302 pp.
- Flores, O. y P. Gerez. 1989. PATRIMONIO VIVO DE MEXICO: UN DIAGNOSTICO DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. CI/INIREB. 51 pp.
- Halffter, G. 1991. El concepto de reserva de biosfera. MEMORIA DEL SEMINARIO SOBRE LA CONSERVACION DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MEXICO NO. 1. Coord. De Serv. Edit. Facultad de Ciencias UNAM. 24 PP.
- Holdgate, M. and B. Giovannini. 1994. Biodiversity conservation foundations for the 21st Century. pp. 3-5. IN: WIDINING PERSPECTIVE ON BIODIVERSITY. KRATTIGER, MCNEELLY, LESSER, MILLER, HILL AND SENANAYAKE (EDS.). IUCN, Gland, Switzerland and International Acad. of the Envir. Suiza. 473 pp.
- ICBP. 1992. PUTTING BIODIVERSITY ON THE MAP: PRIORITY AREAS FOR GLOBAL CONSERVATION. International Council for Bird Preservation, Cambridge, UK. 6 pp.
- IUCN. 1980. ESTRATEGIA MUNDIAL PARA LA CONSERVACION. IUCN-PNUMA-WWF. Morges, Suiza 42 pp. + 5 mapas.
- MacKinnon, J., K. MacKinnon, O. Child y J. Thorsell. 1990. MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS EN LOS TRÓPICOS. IUCN, Gland, Suiza 314 pp.
- McNelly, J. 1994. Critical issues in the implementation of the Convention on Biological Biodiversity. pp. 7-10. IN: WIDINING PERSPECTIVE ON BIODIVERSITY. KRATTIGER, MCNEELLY, LESSER, MILLER, HILL AND SENANAYAKE (EDS.). IUCN, Gland, Switzerland and International Acad. of the Envir. Suiza. 473 pp.
- Medina, M. G. 1978. MEMORIA DE LA EXPEDICION CIENTIFICA A LAS ISLAS REVILLAGIGEDO. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 333 pp.
- Salm, R. V. y J. R. Clark. 1984. MARINE AND PROTECTED AREAS: A GUIDE FOR PLANNERS AND MANAGERS. IUCN Gland, Suiza. 302 pp.
- Talbot, M. L. 1984. The role of protected areas in the implementation of world conservation strategy. pp. 15-16. IN: NATIONAL PARKS, CONSERVATION, AND DEVELOPMENT: THE ROLE OF PROTECTED AREAS IN SUSTAINING SOCIETY. J. F. MCNELLY AND K. R. MILLER (EDS.). Smithsonian Inst. Press, Washington, D.C. 825 pp.
- UNESCO. 1984. Plan de acción para las reservas de la biosfera. LA NATURALEZA Y SUS RECURSOS 20(4):1-12.
- UNEP. 1993. GLOBAL BIODIVERSITY. UNEP/GEMS Environmental Library No. 11, Nairobi, Kenya. 40 pp.





El libro  
La Isla Socorro, Reserva de la Biósfera,  
Archipiélago de Revillagigedo, México  
Se terminó de imprimir en los  
talleres gráficos del  
**Centro de Investigaciones Biológicas  
del Noroeste, S.C.**  
en el mes de junio de 1995.  
Su tiraje fue de 1,000 ejemplares.



TALLER DE IMPRESIONES

