

**E**n 1989 un grupo de investigadores del CIBNOR, bajo la coordinación del Dr. Alfredo Ortega Rubio, publicó uno de los libros más completos que se han hecho en México para apoyar con bases científicas la creación de un área protegida. En este caso la reserva de la biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur. Principalmente como resultado de las gestiones del mismo grupo, la reserva se crea por Decreto Federal en 1994. Por primera vez en México, la misma institución y el mismo coordinador (Alfredo Ortega Rubio) que propusieron e impulsaron la creación de la reserva, se plantean ahora analizar si este acto conservacionista ha tenido los efectos que se esperaban.

Este libro es un ejercicio por demás interesante y oportuno que debería repetirse en otras áreas naturales protegidas. Para lograr una conservación efectiva de nuestros recursos bióticos, además del discurso y de la propuesta es necesario tener un conocimiento asentado en bases sólidas que permita juzgar si los esfuerzos conservacionistas tal y como los está realizando el país, han tenido los resultados propuestos, tanto en sus aspectos biológicos, como ambientales o sociales.

Como se puede ver y como a detalle se discute en el libro, la creación de la reserva de la biosfera Sierra La Laguna ha sido un éxito.

Gonzalo Halffter  
Instituto de Ecología, A.C.  
Xalapa, Veracruz



EVALUACIÓN BIOLÓGICA Y ECOLÓGICA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA LA LAGUNA,

BAJA CALIFORNIA SUR: AVANCES Y RETOS

ALFREDO ORTEGA-RUBIO, MAGDALENA LAGUNAS-VÁZQUES Y LUIS FELIPE BELTRÁN-MORALES

Editores



# EVALUACIÓN BIOLÓGICA Y ECOLÓGICA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA LA LAGUNA, BAJA CALIFORNIA SUR: AVANCES Y RETOS



ALFREDO ORTEGA-RUBIO  
MAGDALENA LAGUNAS-VÁZQUES  
LUIS FELIPE BELTRÁN-MORALES

Editores

**Evaluación Biológica y Ecológica de  
la Reserva de la Biosfera  
Sierra La Laguna, Baja California Sur:  
Avances y Retos**



**Evaluación Biológica y Ecológica de  
la Reserva de la Biosfera  
Sierra La Laguna, Baja California Sur:  
Avances y Retos**

ALFREDO ORTEGA-RUBIO  
MAGDALENA LAGUNAS-VÁZQUES  
LUIS FELIPE BELTRÁN-MORALES

**Editores**

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C. (CIBNOR)  
LA PAZ, B.C.S, MÉXICO, 2012

IV

**Evaluación Biológica y Ecológica de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja**

**California Sur: Avances y Retos/** Ortega-Rubio Alfredo, Magdalena Lagunas-Vázquez y Luis

Felipe Beltrán-Morales (Editores). 2012.

422 pág.: il ; 23 cm

© Derechos Reservados

**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.**

Instituto Politécnico Nacional # 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur

CP 23096, La Paz, Baja California Sur, México.

Todos los derechos reservados. El contenido de esta publicación se puede reproducir únicamente con autorización previa por escrito de los autores de cada capítulo y siempre cuando se den los créditos correspondientes a los mismos y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Las opiniones expresadas por los autores (textos, figuras y fotos) no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Diseño Gráfico Editorial y Portada

D. G. Gerardo Hernández García

Revisión y cuidado de estilo

LAE. Tania Flores Azcárrega

Fotografías de Portada y contraportada

Ernesto Eliuth López Díaz

<http://www.ernestolopezphoto.com.mx/>

<http://www.facebook.com./ernestolopezphoto>

celular: (612) 1541766

Primera Edición: Enero 2013

ISBN:

Impreso en México

Printed in Mexico

**Preparación de este documento:**

La edición del libro **“Evaluación de la reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos”** estuvo a cargo del Dr. Alfredo Ortega Rubio, la Dra. Magdalena Lagunas-Vázquez, y el Dr. Luis Felipe-Beltrán-Morales. En este libro se integra la visión y conocimiento de especialistas de diversas disciplinas e instituciones, así como resultados de sus proyectos de investigación. Este libro nace como resultado del proyecto **“Evaluación de la efectividad en el manejo y administración de áreas naturales protegidas federales en Baja California Sur: generación de una metodología de aplicación nacional”** apoyado por el Fondo Sectorial **CONACYT-SEMARNAT-2008-107923**, y bajo la responsabilidad del Dr. Alfredo Ortega Rubio.

**CITA DE ESTE DOCUMENTO****Para citar el libro:**

Ortega-Rubio Alfredo, Magdalena Lagunas-Vázquez y Luis Felipe Beltrán-Morales (Editores). 2012. Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S., México. 422 pp.

## **Agradecimientos**

Con deferente gratitud ofrecemos ampliamente un profundo reconocimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de la presente obra. Con mayor respeto y admiración a los habitantes rurales de la Sierra La Laguna. A los integrantes de la Dirección de la reserva de la biosfera Sierra La Laguna. Al Comité Editorial del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., integrado por el Dr. Roberto Civera Cerecedo, Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda, Dr. Eduardo Francisco Balart Páez, Dra. Thelma Castellanos Cervantes y Lic. Ana María Talamantes Cota. Al Fondo Sectorial CONACyT-SEMARNAT-2008-107923 del cual la presente obra es fruto directo.

Al Dr. Sergio Hernández Vázquez, por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo. A los autores y co-autores de los diversos capítulos del libro. A la LAE. Tania Flores Azcárrega por la revisión y cuidado de estilo y muy especialmente al D. G. Gerardo Hernández García por el diseño editorial de todo este documento y su salida digital para impresión.

## Editores

### **ORTEGA-RUBIO ALFREDO**

Doctor en Ciencias con especialidad en ecología por el Instituto Politécnico Nacional. Ha sido galardonado en dos ocasiones con premios nacionales: Reconocimiento a la Conservación de la Naturaleza, 2003, y el Mérito Nacional Forestal y de la Vida Silvestre, 1993. Es autor de 154 artículos de investigación original y 51 capítulos de libros, además de editor de 14 libros. Galardonado con El Premio Estatal de Ciencia y Tecnología y La Medalla al Mérito Científico y Tecnológico de Baja California Sur, 2011. El Doctor Ortega Rubio dirigió los Proyectos que permitieron crear y desarrollar las Reservas de la Biosfera de: La Sierra La Laguna, El Desierto del Vizcaíno y Las Islas Revillagigedo. Investigador Titular “E” del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel III. Correo electrónico: aortega@cibnor.mx

### **LAGUNAS-VÁZQUES MAGDALENA**

Doctora en ciencias, por la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Autora o coautora de cinco artículos de investigación original y de cuatro capítulo de libro. Dirigido y participado en 9 proyectos de investigación, enfocados a investigación participativa, manejo de recursos y desarrollo rural. Perteneciente al Sistema Nacional de Investigadores a partir del 2012. Presidenta de Bonfil, Ambiente y Desarrollo A. C. y Fundadora de DECIDE A.C. Líneas de investigación actual: a) Investigación acción participación, enfocadas al desarrollo rural (enfoque de género, e igualdad humana). b) Estudios de Lingüística aplicada: sociolingüística y biolingüística. c) Aproximaciones filosóficas de las ciencias socioambientales con enfoque de desarrollo humano: etnografía, etnoecología, epistemológica, lingüística y complejidad ambiental. Correo electrónico: mlagunas@cibnor.mx

**BELTRÁN-MORALES LUIS FELIPE**

Doctor en Ciencias Ambientales por el Centro EULA de la Universidad de Concepción, Chile; Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR, S.C.); miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel II. Pertenece a la Asociación Latinoamericana de Economistas Ambientales; es profesor de la maestría en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Es autor o coautor de 45 artículos de investigación original; editor de 7 libros y autor de 23 capítulos de libros. Las líneas de investigación de trabaja son Economía de Recursos Naturales, Desarrollo Sustentable y Transferencia de Tecnología. Correo electrónico: lbeltran04@cibnor.mx

**AUTORES**

**AGUILERA-MILLER EDUARDO FELIPE.** Maestro en Ciencias del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Con especialidad en uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Línea de investigación: evolución de mamíferos. Estudiante de Doctorado en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: eaguilera@cibnor.mx

**ÁLVAREZ-CÁRDENAS SERGIO.** Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México con especialidad en biología. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Líneas de investigación: ecología, manejo y conservación de recursos naturales; ecología, uso y manejo de poblaciones y hábitat de fauna silvestre y especies invasoras. Correo electrónico: salvarez04@cibnor.mx

**ÁLVAREZ-CASTAÑEDA SERGIO TICUL.** Doctor en Ciencias de la Universidad Nacional de México, con especialidad en biología animal. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Línea de investigación: evolución de mamíferos. Correo electrónico: sticul@cibnor.mx

**ARNAUD-FRANCO GUSTAVO A.** Doctor en Ciencias, Universidad de Paris Nord (XIII), con especialidad en comportamiento animal. Líneas de investigación: aprovechamiento, manejo y conservación de fauna silvestre; conservación de islas; historia natural y conservación de serpientes de cascabel (*Crotalus spp*) del noroeste de

México. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Investigador Nacional Nivel I. Correo electrónico: garnaud04@cibnor.mx

**BALART EDUARDO F.** Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con especialidad en ecología acuática y pesca. Principales líneas de investigación: ecología de arrecifes, evaluación y biología de recursos pesqueros, taxonomía, sistemática y ecología de peces. Investigador Nacional Nivel I. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: ebalart04@cibnor.mx

**BERMÚDEZ-ALMADA BENITO.** Biólogo. Director Regional Península de Baja California y Pacífico Norte, adscrito a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Líneas de investigación: experiencia en temas de biología pesquera, manejo en áreas protegidas, turismo de naturaleza y participación comunitaria. Correo electrónico: bermudez@conanp.gob.mx

**BLÁZQUEZ-MORENO MARÍA DEL CARMEN.** Doctora en Ciencias Biológicas con especialidad en Zoología. Universidad de Sevilla (España). Principales líneas de investigación. estudios de ecología, ecología del comportamiento y biología de la conservación de vertebrados, especialmente de herpetofauna. Investigadora Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel II. Correo electrónico: blazquez@cibnor.mx

**BRECEDA SOLIS-CÁMARA AURORA.** Doctora en Ciencias con especialidad en Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Principales líneas de investigación: uso, manejo y conservación de recursos naturales, biología de la conservación y comunidades vegetales. Investigadora Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: abreceda@cibnor.mx

**BUNTIX-DIOS SILVIA ELENA.** Doctora en Ciencias por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, labora en la misma institución. sbuntinx@servidor.unam.mx

**CAMPOS-DÁVILA LUCIA.** Maestra en Ciencias por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, con especialidad en el manejo de recursos marinos. Principales líneas de investigación: taxonomía y ecología de peces. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: lcampos04@cibnor.mx

**CASTELLANOS-VERA ARADIT.** Doctor en Ciencias, con especialidad en uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Principales líneas de investigación: manejo

y conservación de aves, planificación ambiental. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel I. Correo electrónico: arcas04@cibnor.mx

**CHÁVEZ-LÓPEZ SAÚL.** Doctor en Ciencias del Mar de la Universidad Politécnica de Cataluña. Líneas de investigación: geomorfología, geohidrología, sedimentología y procesos costeros. Investigador Asociado B del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: schavez04@cibnor.mx.

**CORDERO-TAPIA AMAURY.** Doctor en Ciencias en: uso, manejo y preservación de los recursos naturales, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, con especialidad en patología veterinaria. Principales líneas de investigación: patología; repercusión del cambio del hábitat en la salud de fauna silvestre; interacción de las enfermedades infectocontagiosas entre animales y humanos. Técnico Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: acordero@cibnor.mx

**CORTÉS-CALVA PATRICIA.** Doctora en Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México con especialidad en biología. Principales líneas de investigación: conservación y mastozoología (ecología y reproducción de mamíferos pequeños). Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Investigador Nacional Nivel I. Correo electrónico: pcortes04@cibnor.mx

**CRUZ-FALCÓN ARTURO.** Doctor en Ciencias del Instituto Politécnico Nacional con especialidad en ciencias marinas. Principales líneas de investigación: oceanografía geológica; geofísica y geohidrología en cuencas y acuíferos. Técnico Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo Electrónico: afalcon04@cibnor.mx.

**DE LA TOBA MANUEL SAMIR.** Geólogo de la UABCS. Principales líneas de investigación: geología de cuencas; análisis de información geohidrológica. Asistente el área técnica en la Delegación Local Baja California Sur de la CONAGUA. Correo electrónico: manuel.latoba@conagua.gob.mx

**DOMÍNGUEZ-CADENA REYMUNDO.** Doctor en Ciencias Universidad Autónoma de Baja California Sur con especialidad manejo sustentable de zonas costeras. principales líneas de investigación: uso, manejo y conservación de recursos naturales, botánica. Técnico Titular “C” del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: rdoming04@cibnor.mx

**GALINA-TESSARO PATRICIA.** Doctora en Ciencias Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. con especialidad en uso, manejo y preservación de

los recursos naturales. Principales líneas de investigación: ecología y conservación de vertebrados. Investigadora Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel I. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Correo electrónico: pgalina04@cibnor.mx

**GARCÍA-VELAZCO HUMBERTO.** Maestro en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, con especialidad en el manejo de ecosistemas en zonas áridas. Principales líneas de investigación: sistemática y biología de crustáceos. Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 198, Baja California. Correo electrónico: humgarciaavel@hotmail.com

**HUATO-SOBERANIS LEONARDO.** Doctor en ciencias por la Universidad de Columbia Británica, con la especialidad en ecología pesquera y manejo de recursos renovables. Principales líneas de investigación: dinámica de poblaciones silvestres, ecología de comunidades marinas y ecología cuantitativa. Labora en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: lhuato@cibnor.mx

**JIMÉNEZ-JIMÉNEZ MARÍA LUISA.** Doctora en Ciencias (Biología) Universidad Nacional Autónoma de México. Principales líneas de investigación: taxonomía, sistemática y ecología de los arácnidos. Investigadora Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel II. Correo electrónico: ljimenez04@cibnor.mx

**LEÓN-DE LA LUZ JOSÉ LUIS.** Doctor en Ciencias por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste con especialidad en botánica y ecología vegetal. Las principales líneas de investigación comprenden la florística y la evaluación de recursos Vegetales de la península de Baja California. Investigador Nacional Nivel II. Labora en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: jlleon04@cibnor.mx

**MAEDA-MARTÍNEZ ALEJANDRO M.** Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Gante, Bélgica, con especialidad en zoología. Principales líneas de investigación: sistemática y biología de crustáceos. Investigador Nacional Nivel II. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: almaeda04@cibnor.mx

**MAYA-DELGADO YOLANDA.** Doctora en Ciencias de la Facultad de Ciencias de la UNAM con especialidad en biología. Principales líneas de investigación: ciencias del suelo: conservación, clasificación, cartografía y microbiología de suelos. Investigadora Asociada del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: ymaya04@cibnor.mx

**MEDEL-NARVÁEZ ALFONSO.** Doctor en Ciencias de Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Principales líneas de investigación: uso manejo y preservación de recursos terrestres, botánica, ecología y genética poblacional en especies de larga vida. Técnico titular B. del Herbario y Laboratorio de Botánica del CIBNOR. Correo electrónico: amedel@cibnor.mx

**MEZA-TREJO JOSÉ LUIS.** Ing. Geofísico de la UNAM. Principales líneas de investigación: geohidrología de cuencas y acuíferos de zonas costeras; gestión y evaluación de proyectos geohidrológicos. Jefe del área técnica en la Delegación Local Baja California Sur de la CONAGUA. Correo electrónico: jose.meza@conagua.gob.mx

**MONTES-SÁNCHEZ JUAN JOSÉ.** Maestro en Ciencias por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste con especialidad en uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Su actividad profesional gira en torno a la nutrición de vertebrados domesticados. Laboró en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, actualmente es estudiante aceptado en la Universidad de Utah, USA. Correo electrónico: montesjujo@yahoo.com.mx

**MURUGAN GOPAL.** Doctor en Ciencias por la Universidad de Madrás, India, con especialidad en Zoología. Principales líneas de investigación: Sistemática Molecular y Filogenia de Crustáceos. Investigador Nacional Nivel I. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: murugan04@cibnor.mx

**NAVARRO-LOZANO JOSÉ OCTAVIO.** Doctor en Ciencias del CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional. Principales líneas de investigación: geohidrología de acuíferos; sistemas de información geográfica aplicados a la geohidrología. Subdirector del área técnica en la Delegación Local Baja California Sur de la CONAGUA. Correo electrónico: joseoctavio.navarro@gmail.com

**NIETO-GARIBAY ALEJANDRA.** Doctora en Ciencias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara con especialidad en ecología. Principales líneas de investigación: ecofisiología de cultivos, relaciones hídricas, agricultura orgánica, compostaje. Investigador Asociado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel I. Correo electrónico: anieto04@cibnor.mx.

**OBREGÓN-BARBOZA HORTENCIA.** Doctora en Ciencias por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con especialidad en manejo de vida silvestre y desarrollo sustentable. Principales líneas de investigación: sistemática y biología de crustáceos y peces. Investigadora Nacional Nivel I. Centro de

- Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: hobregon04@cibnor.mx
- PALACIOS-CARDIEL CARLOS.** Maestro en desarrollo agropecuario de zonas áridas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Principales líneas de investigación: taxonomía, sistemática y ecología de los arácnidos. Técnico Académico Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico: palacios04@cibnor.mx
- PEÑA-LIMÓN E. CARLOS.** Ph. D. de la Universidad de Arizona con especialidad en bioquímica de procesos. Principales líneas de investigación: calidad química del agua; tratamiento de efluentes y de aguas residuales. Ex-director fundador del CICTUS y del CIAD. Profesor-Investigador Titular del DICTUS, Universidad de Sonora, Campus Hermosillo. Correo Electrónico: cepe@correom.uson.mx.
- PÉREZ-NAVARRO JOSÉ JUAN.** Candidato a Doctor en cambio global y desarrollo sostenible de la Universidad de Alcalá de Henares. Líneas de investigación: florística, sistemática y gestión del territorio. Técnico Titular “C” del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico jnavarro04@cibnor.mx
- QUIÑÓNEZ-GÓMEZ JESÚS ELEAZAR.** Ingeniero Forestal con especialidad en sistemas de producción, con diplomados en restauración ecológica y sistemas de información geográfica. Principal actividad: planeación estratégica, manejo y administración de áreas naturales protegidas terrestres (cuya trayectoria destaca 21 años de trabajo ininterrumpido en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna). Servidor Público de Carrera Titular en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Director de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna. Correo electrónico: jquinonez@conanp.gob.mx
- RUIZ-CAMPOS GORGONIO.** Doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, con especialidad en ecología acuática y pesca. Principales líneas de investigación: taxonomía, ecología y biogeografía de peces. Investigador Nacional Nivel II. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias. Correo electrónico: gruiz@uabc.edu.mx
- SANTIAGO-LEÓN FAUSTO RAFAEL.** Doctor en Ciencias Marinas y Costeras de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Principales líneas de investigación: planificación ambiental, evaluación de recursos naturales, sensores remotos y sistemas de información geográfica, modelación y análisis de contaminantes, aplicación de soluciones de eco-ingenierías en vegetación y suelo. Consultor ambiental independiente. Correo electrónico: fausto.santiago@gmail.com

**SEGURA-TRUJILLO A. CINTYA.** Bióloga de la Universidad de Guadalajara. Línea de investigación: ecología de murciélagos. Estudiante de Maestría en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Correo electrónico:quemdivus@hotmail.com

**SOLÍS-GARZA GILBERTO.** Maestro en Ciencias de la Universidad Autónoma Chapingo con especialidad en ecología de zonas áridas. principales líneas de investigación: uso, manejo y conservación de los recursos naturales en zonas áridas; evaluación de impacto ambiental. Profesor-Investigador Titular del DICTUS, Universidad de Sonora, Campus Hermosillo. Correo electrónico: gsolis@guayacan.uson.mx

**TROYO-DIÉGUEZ ENRIQUE.** Doctor en Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México con especialidad en ecología. Principales líneas de investigación: hidrología ambiental; uso y conservación del agua y suelo; agroecología. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Investigador Nacional Nivel II. Correo electrónico: etroyo04@cibnor.mx

## Evaluación Biológica y Ecológica de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos

### CONTENIDO

	<b>PRÓLOGO</b>	1
	GONZALO HALFFTER	
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
	MAGDALENA LAGUNAS-VÁZQUES, LUIS FELIPE BELTRÁN- MORALES Y ALFREDO ORTEGA-RUBIO	
CAPÍTULO I	<b>PANORAMA GENERAL DE LA REGIÓN SERRANA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA CONANP</b>	5
	BENITO BERMÚDEZ-ALMADA Y JESÚS QUIÑÓNEZ-GÓMEZ	
<b>Sección 1</b>	<b>EL AMBIENTE BIOLÓGICO</b>	21
CAPÍTULO II	<b>FLORA DE VEGETALES SUPERIORES</b>	23
	JOSÉ LUIS LEÓN-DE LA LUZ, REYMUNDO DOMÍNGUEZ- CADENA Y ALFONSO MEDEL-NARVÁEZ	
CAPÍTULO III	<b>VEGETACIÓN</b>	41
	AURORA BRECEDA SOLÍS-CÁMARA, JESÚS QUIÑÓNEZ- GÓMEZ Y JOSÉ JUAN PÉREZ-NAVARRO	
CAPÍTULO IV	<b>LA DISTRIBUCIÓN DE LOS VEGETALES ENDÉMICOS EN LOS HÁBITATS DE LA RESERVA</b>	55
	JOSÉ LUIS LEÓN-DE LA LUZ, REYMUNDO DOMÍNGUEZ CADENA Y ALFONSO MEDEL-NARVÁEZ	
CAPÍTULO V	<b>ARTRÓPODOS NO INSECTOS DE LA SIERRA DE LA LAGUNA</b>	73
	MARÍA LUISA JIMÉNEZ-JIMÉNEZ Y CARLOS PALACIOS- CARDIEL	

CAPÍTULO VI	<b>FAUNA ACUÁTICA</b> ALEJANDRO M. MAEDA-MARTÍNEZ, HORTENCIA OREGÓN-BARBOZA, EDUARDO F. BALART, GOPAL MURUGAN, GORGONIO RUIZ-CAMPOS, LUCÍA CAMPOS- DÁVILA Y HUMBERTO GARCÍA-VELAZCO	89
CAPÍTULO VII	<b>HERPETOFAUNA</b> MARÍA DEL CARMEN BLÁZQUEZ-MORENO, PATRICIA GALINA-TESSARO Y ALFREDO ORTEGA-RUBIO	107
CAPÍTULO VIII	<b>AVIFAUNA</b> PATRICIA GALINA-TESSARO Y ARADIT CASTELLANOS VERA	129
CAPÍTULO IX	<b>MAMÍFEROS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA LA LAGUNA</b> GUSTAVO ARNAUD-FRANCO, SERGIO ÁLVAREZ-CÁRDENAS Y PATRICIA CORTÉS-CALVA	145
CAPÍTULO X	<b>IMPORTANCIA DE LA MASTOFAUNA DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA LA LAGUNA: IMPLICACIONES EN SU CONSERVACIÓN Y LA RELACIÓN CON OTRAS ANPs DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA</b> PATRICIA CORTÉS-CALVA	163
CAPÍTULO XI	<b>DIETA, CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DEL CERDO ASILVESTRADO <i>SUS SCROFA</i> EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA LA LAGUNA</b> JOSÉ JUAN MONTES-SÁNCHEZ, JOSÉ LUIS LEÓN-DE LA LUZ, SILVIA ELENA BUNTINX-DIOS, LEONARDO HUATO- SOBERANIS Y MARÍA DEL CARMEN BLÁZQUEZ-MORENO	183
CAPÍTULO XII	<b>IMPLICACIONES DE LA PRESENCIA DEL CERDO ASILVESTRADO (<i>SUS SCROFA</i>) EN LA SIERRA LA LAGUNA</b> GUSTAVO ARNAUD-FRANCO, AURORA BRECEDA SOLÍS- CÁMARA, SERGIO ÁLVAREZ-CÁRDENAS Y AMAURY CORDERO-TAPIA	205

CAPÍTULO XIII	<b>DIVERSIDAD GENÉTICA EN SIERRA DE LA LAGUNA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO</b>	221
	CINTYA A. SEGURA-TRUJILLO, EDUARDO FELIPE AGUILERA- MILLER Y SERGIO TICUL ÁLVAREZ-CASTAÑEDA	
<b>SECCIÓN 2</b>	<b>EL AMBIENTE ABIÓTICO</b>	249
CAPÍTULO XIV	<b>RECURSOS GEOHIDROLÓGICOS</b>	251
	SAÚL CHÁVEZ LÓPEZ	
CAPÍTULO XV	<b>RECURSOS HÍDRICOS</b>	269
	ENRIQUE TROYO-DIÉGUEZ, GILBERTO SOLÍS-GARZA, ARTURO CRUZ-FALCÓN, CARLOS E. PEÑA-LIMÓN, JOSÉ OCTAVIO NAVARRO-LOZANO, ALEJANDRA NIETO- GARIBAY, MANUEL SAMIR DE LA TOBA, JOSÉ LUIS Meza- Trejo	
CAPÍTULO XVI	<b>SUELO Y EROSIÓN</b>	295
	YOLANDA MAYA-DELGADO	
CAPÍTULO XVII	<b>RECURSOS MINERALES, RECURSOS PÉTREOS</b>	303
	SAÚL CHÁVEZ-LÓPEZ	
<b>SECCIÓN 3</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	329
CAPÍTULO XVIII	<b>DIAGNOSIS DE LA DEFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN</b>	331
	FAUSTO SANTIAGO-LEÓN, MAGDALENA LAGUNAS- VÁZQUES Y ALFREDO ORTEGA-RUBIO	
CAPÍTULO XIX	<b>CONCLUSIONES</b>	353
	ALFREDO ORTEGA-RUBIO, MAGDALENA LAGUNAS- VÁZQUES Y FELIPE BELTRÁN-MORALES	
APÉNDICE I	LISTADO ACTUAL PARA LA FLORA DE LA REBIOSLA	357
APÉNDICE II	LISTADO DE ESPECIES VEGETALES ENDÉMICAS DE LA REBIOSLA	395

## XVIII

APÉNDICE III	LISTADO DE ESPECIES ARTRÓPODOS NO INSECTOS EN LA SIERRA DE LA LAGUNA (REBIOSLA)	399
APÉNDICE IV	LISTADO ACTUALIZADO DE AVES REPORTADAS EN LA SIERRA LA LAGUNA (REBIOSLA)	409
GLOSARIO		419

## Prólogo

**E**n 1989 un grupo de investigadores del CIBNOR, bajo la coordinación del Dr. Alfredo Ortega Rubio, publicó uno de los libros más completos que se han hecho en México para apoyar con bases científicas la creación de un área protegida. En este caso la reserva de la biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur. Principalmente como resultado de las gestiones del mismo grupo, la reserva se crea por Decreto Federal en 1994. Por primera vez en México, la misma institución y el mismo coordinador (Alfredo Ortega Rubio) que propusieron e impulsaron la creación de la reserva, se plantean ahora analizar si este acto conservacionista ha tenido los efectos que se esperaban.

Este libro es un ejercicio por demás interesante y oportuno que debería repetirse en otras áreas naturales protegidas. Para lograr una conservación efectiva de nuestros recursos bióticos, además del discurso y de la propuesta es necesario tener un conocimiento asentado en bases sólidas que permita juzgar si los esfuerzos conservacionistas tal y como los está realizando el país, han tenido los resultados propuestos, tanto en sus aspectos biológicos, como ambientales o sociales. Este libro, complementario al publicado en 1989, es una muy importante fuente de información para juzgar la calidad de los resultados obtenidos. Trata la situación de distintos grupos de plantas y animales, así como aspectos de la geología, la hidrología, suelos y erosión. Cada capítulo incluye reflexiones independientes de los autores, sobre cómo la creación de la reserva ha favorecido o no la protección y/o el manejo del recurso tratado. Al final, se incluyen unos comentarios generales.

La Sierra de La Laguna es un lugar excepcional, no sólo en la península de Baja California, si no en general dentro de los ecosistemas áridos del norte de México. Su aislamiento biogeográfico hace que toda su biota contenga un porcentaje de endemismo realmente excepcional, como se señala capítulo por capítulo en el libro. Nos gustaría incluir un caso muy marcado de endemismo. En la Sierra de La Laguna vive el escarabajo (*Scarabaeinae*)

*Canthon obliquus* Horn, el único escarabajo copronecrófago estrictamente endémico de una zona árida en Norteamérica y la Zona de Transición Mexicana. En este escarabajo las características de endemismo llegan incluso a la pérdida total de las alas, fenómeno que casi en exclusiva está limitado dentro del grupo a especies insulares o de desierto de área de distribución muy reducida.

A la riqueza biológica excepcional, que sería ya en sí un argumento irrefutable para proteger la Sierra de La Laguna, se une el hecho de que esta es la zona de recarga del acuífero que provee de agua a La Paz y a la zona de Los Cabos, o sea un seguro indispensable para el mantenimiento, y crecimiento futuro, de las comunidades humanas asentadas en esta Región y que concentran el 90 % de la población Estatal.

Las conclusiones a las que llegan los autores de los distintos capítulos y los coordinadores son positivas y optimistas. Desde su puesta en funcionamiento las pérdidas de cobertura vegetal en la reserva son realmente bajas (1,000 ha entre 2001 y 2004).

Se ha mantenido la calidad de los acuíferos y su capacidad de recarga.

La actividad de vigilancia y control del personal de CONANP es positiva.

Como se puede ver y como a detalle se discute en el libro, la creación de la reserva de la biosfera Sierra La Laguna ha sido un éxito

**Gonzalo Halffter**

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, Veracruz

## CAPÍTULO XVIII

# Diagnóstico de la Deforestación y Restauración de la Vegetación

Fausto Santiago-León, Magdalena Lagunas-Vázquez  
y Alfredo Ortega-Rubio

### Resumen

La utilización de sensores remotos en conjunto con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen un medio eficiente, y fiable, de recopilación de la información para áreas específicas, con el fin de cartografiar y analizar los cambios en las zonas naturales. Además de proporcionar una visión de conjunto, la percepción remota puede proporcionar información sobre la salud de la vegetación. Con el sensor multi espectral Landsat TM y ETM para el período comprendido entre 1990 y 2004, y el uso de las bandas espectrales correlacionadas con la vegetación se derivan del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN), que se utiliza para identificar los cambios ocurridos en la vegetación. Los resultados del IVDN fueron aplicados para detectar las diferencias para el período comprendido entre 1990 a 2004 en el Área Natural Protegida (ANP) Reserva de la Biosfera Sierra de La Laguna (REBIOSLA) en Baja California Sur. Los resultados de los análisis de los cambios de IVDN detectados en la REBIOSLA indican que del año 1990 al año 2001 la pérdida de cobertura vegetal en la REBIOSLA fue de prácticamente 14,000 hectáreas. La REBIOSLA fue decretada oficialmente en 1994, sin embargo, en sus inicios no contó con personal suficiente para implementar los límites de vigilancia y protección requerida en una ANP. De 2001 al 2004 la pérdida de la cobertura de vegetación fue de tan sólo, en números redondos, de 1,000 hectáreas. Existe entonces una muy significativa reducción en la tendencia de la tasa de pérdida de cobertura de vegetación en la REBIOSLA, a partir de la implementación de las

acciones de vigilancia y protección en esta Reserva de la Biosfera. Asimismo a resaltar es que de 2001 al 2004 la cobertura vegetal en la REBIOSLA tuvo cambios positivos acumulando en un 56% de su superficie, lo cual, asimismo, refuerza las bondades de su decreto como Reserva de la Biosfera.

**Palabras Clave:** *Sensores Remotos. SIG. Deforestación. Restauración.*

### **Abstract**

Remote sensing coupled with the Geographic Information Systems (GIS) offers an efficient and reliable means of collecting the information for specific areas, in order to map natural and non-natural areas. Besides providing a synoptic view, remote sensing can provide information about the health of the vegetation. With the multispectral sensor Landsat TM and ETM for the period from 1990 to 2004, and using the spectral bands correlated to vegetation derive the NDVI (Normalized difference vegetation index) are used to identify the changes in vegetation. The NDVI results are useful for detect the differences for the period from 1990 to 2004 in the Natural Protected Area (NPA) Sierra de La Laguna in Baja California Sur. The results of the changes of NDVI detected in the NPA, changes in the vegetation coverage estimate in an 8.58% for a total surface 15,008.1 hectares. The results are relevant to apply recommendations and focuses adjust the environmental program management existent for this ANP.

**Key words:** *Remote Sensing, GIS, NDVI, Natural Protected Areas.*

### **Introducción**

La importancia de conocer el estado y condiciones del ambiente de manera rápida y que se soporte con información cuantitativa, radica en la necesidad de poder contar con elementos de soporte para tomar decisiones enfocados a su estado, condición, su uso, su potencial. En el caso de los cambios en la cobertura vegetal, este tipo de análisis son fundamentales con el fin de aplicar medidas específicas a prevenir y mitigar los cambios negativos en su condición. Derivados de estos análisis las recomendaciones resultantes deberán cumplir los objetivos de minimizar, detener, mejorar las tendencias de afectación o en su caso enfocar medidas de restauración.

Aplicar herramientas tecnológicas de soporte, como son los sensores remotos y procesos en sistemas de información geográfica, con el fin de derivar información cuantitativa, permite obtener un mejor entendimiento de las características y dinámica de la vegetación de un área

específica sea de tipo natural e inducida. Obteniendo índices de vegetación derivados de sensores remotos aplicando algoritmos matemáticos, permite el poder realizar análisis de bajo costo en términos de superficie analizada, lo cual redundará en eficiencia considerando sus características del sensor remoto a utilizar como puede ser AVHRR<sup>1</sup>, LANDSAT TM y ETM (Rouse *et al.*, 1974; Holben, 1986; Santiago, 2003).

Resulta relevante el mencionar que las tasas de deforestación y pérdida de cobertura de vegetación para México en el periodo 1993-2000 se estimaron en un promedio anual de 1, 076, 423 hectáreas (SEMARNAT, 2010). En la mayoría de los casos debido a los efectos de actividades productivas no sustentables que inciden directamente sobre la vegetación.

La pérdida de la cobertura vegetal afecta asimismo las interacciones existentes de flora y fauna, ocasionando efectos sinérgicos aún mayores. Es por lo anterior que específicamente para las ANP sería sumamente importante realizar evaluaciones de las coberturas vegetales para periodos mayores a cinco años, lo cual permitiría el que se conozca su dinámica en el tiempo, su condición y procesos de cambio; permitiendo el detectar los efectos potenciales que inciden sobre estas áreas y poder incidir vía recomendaciones específicas en las mejoras de los planes de manejo en lo concerniente a las políticas ambientales de conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable.

## Metodología

### *La selección de imágenes de satélite*

Considerando la disponibilidad y bajo costo de las imágenes de tipo Landsat y su periodicidad existente, así como su calidad de no contener nubosidad que afecte a la imagen y directamente a la información necesaria para el análisis, se seleccionaron las imágenes de los años de 1990, 2001 y 2004. Todas correspondieron al mismo mes, considerando que las características fisiológicas de la vegetación no estuvieran alteradas por efectos exógenos como es el clima.

Para el año de 1990 se obtuvo la imagen de tipo LANDSAT TM<sup>2</sup> completa, con pixel de resolución de 30 metros, de las cuales también se obtuvieron las bandas correspondientes a rojo e infrarrojo. Para el año 2001 y 2004 utilizaron un total de 2 imágenes disponibles de Landsat ETM<sup>3</sup> completas, con resolución de 30 metros, de las cuales también se obtuvieron las bandas correspondientes a rojo e infrarrojo. En la tabla 1, se presentan las características radiométricas de estas imágenes.

<sup>1</sup> AVHRR, Advanced Very High Resolution Radiometer.

<sup>2</sup> TM, Thematic Mapper.

<sup>3</sup> ETM, Enhanced Thematic Mapper.

El proceso del análisis de información de las imágenes. LANDSAT TM y ETM.

Del total de las bandas que proporciona el satélite LANDSAT TM-ETM, dos de estas proporcionan información importante para poder llevar a cabo la obtención del Índice de Vegetación (IV), considerando la respuesta de la vegetación a los rangos espectrales en rojo e infrarrojo (Gates, 1970; Tucker, 1979).

**Tabla 1.** Características de la bandas de información de las imágenes Landsat TM y ETM.

Banda.	Espectro Electromagnético (Longitud de onda).	Resolución en metros.	Satélite Landsat.
1	Visible (0.45 – 0.52µm)	30	TM, ETM
2	Visible (0.52 – 0.60µm)	30	TM, ETM
3	Visible (0.63 – 0.69µm)	30	TM, ETM
4	Infrarrojo cercano(0.76 – 0.90µm)	30	TM, ETM
5	Infrarrojo (1.55 – 1.75µm)	30	TM, ETM
6	Térmico (10.40 – 12.50µm)	120	TM
6*	Térmico (10.40 – 12.50µm) baja y alta ganancia	60	ETM
7	Infrarrojo Medio (2.08 – 2.35µm)	30	TM, ETM
8	Pancromática (PAN) (0.52 - 0.90µm)	15	ETM

La banda 3 con rango espectral de 0.58-0.68um, permite estimar la absorción de la clorofila. En el caso de la banda 4 con rango espectral de 0.725-.900 um, permite estimar la información de reflectancia de la vegetación. Considerando las dos bandas se obtiene el NDVI, aplicando la ecuación (1):

Ecuación 1. Proceso para obtener el índice de vegetación de las imágenes LANDSAT.

$$NDVI = \frac{\text{Infrarrojo} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo} + \text{Rojo}} = \frac{\text{Banda 4} - \text{Banda 3}}{\text{Banda 4} + \text{Banda 3}}$$

Para las bandas espectrales del sensor remoto Landsat, es importante resaltar que para estas imágenes y la derivación de la información se considera que los factores que pueden afectar el resultado del índice de vegetación son, la degradación de la señal que capta el sensor por efecto de clima, contaminación por nubosidad, condiciones atmosféricas como son los

aerosoles, vapor de agua; ángulo de toma de la imagen y el efecto del suelo por su condición de suelo desnudo o sin vegetación.

*Análisis de Detección de Cambios y Clasificación*

El análisis de detección de cambios está basado en los resultados obtenidos de las imágenes de satélite utilizadas para el periodo de 1990 a 2004. En análisis se enfocó con las variables de cambio definidas como el antes (estado inicial) y el después (estado final) para el periodo mencionado. Con lo anterior se obtiene un mapa de diferencias con datos de ingreso normalizados a los valores de NDVI. Los resultados corresponden a los valores limites estandarizados que van de -1 (menor actividad clorofila / reflectancia representando la vegetación seca o su ausencia) a +1(mayor actividad clorofila/ reflectancia representando la vegetación verde) (Gates, 1970). La clasificación resultante se presenta con un análisis de cambios a través de una distribución normalizada de valores distribuidos en 11 clases, 5 de cambios positivos, 1 sin cambio y 5 de cambios negativos (Fig. 1).

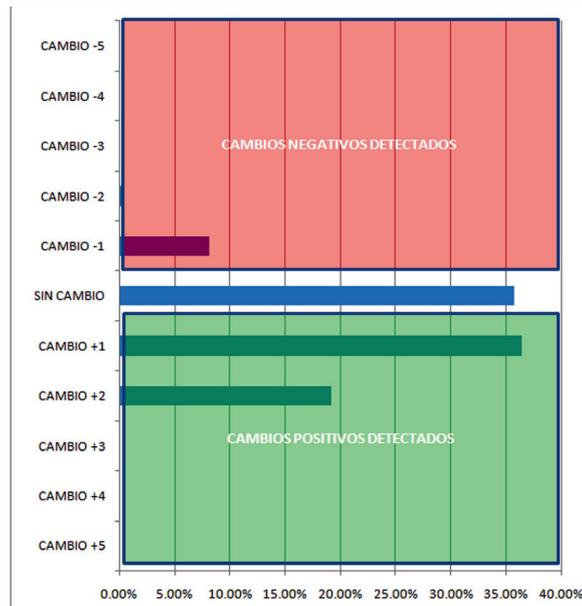
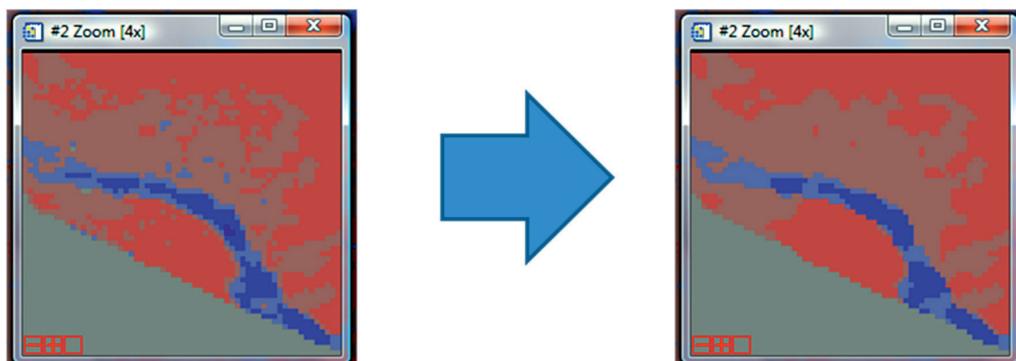


Figura 1. Clasificación de cambios a aplicar a los resultados a obtener.

### **Análisis de patrones de información.**

Durante el proceso de análisis de los resultados clasificados obtenidos, se procedió a realizar la integración de la información en clases que permitieran tener límites definidos y homogéneos. El análisis de mayoría considerado, integra el análisis aplicando en el proceso distancia y contigüidad vía núcleos de información (kernel). Permitiendo la reducción de la presencia de píxeles de clasificación aislados y dispersos, los cuales se integraron definiéndose en una agrupación de clases por mayoría y agrupándose por distancia y contigüidad (Shawe-Taylor y Cristianini, 2004). Con lo anterior se obtuvo una clasificación homogénea y coherente, lo cual permite tener como información adicional la detección de las magnitudes y direcciones de los cambios influenciado por actividades en sus colindancias (fig. 2).



**Figura 2.** Análisis de cambios, clasificación obtenida aplicando núcleos (Kernel) de mayoría.

### *Cartografía Temática: Información de soporte*

La importancia de contar con información de soporte como son las fuentes oficiales, permitió el mantener enfocado el análisis a la ANP e la Sierra de la Laguna. Como ya se menciono anteriormente la información de la CONANP correspondiente a los límites de la ANP y sus áreas específicas del plan de manejo; la información de usos de suelo de INEGI-SEMARNAT, la información temática de hidrología superficial de INEGI y CONABIO, así como la información de aspectos socioeconómicos de localidades y los límites geopolíticos del estado a nivel estatal y municipal de INEGI.

### **Resultados**

#### *Sensores Remotos: Imágenes Landsat*

El proceso de cálculo del índice de vegetación de las imágenes Landsat se obtuvieron valores

que van de -1 a +1 observándose en tono de grises, para fines del análisis de las imágenes se utilizaron solamente los valores positivos mayores a cero para hacer un manejo y proceso más eficiente, así como una mejor apreciación visual de los resultados. La representación del índice de vegetación en imágenes se apoya en la aplicación de una paleta de colores (falso color) para poder hacer más diferenciable los valores obtenidos de índice de vegetación.

Los resultados obtenidos de NDVI para la zona delimitada tomando de referencia la cartografía existente de las Áreas Naturales Protegidas de CONANP, se procedió a realizar una sobre posición cartográfica de los resultados obtenidos con los índices de vegetación y combinaciones de bandas de falso color (RGB)<sup>4</sup> de las imágenes de satélite Landsat TM y ETM de 1990 a 2004 (Fig. 3 y 4). Delimitada el área se realizó el análisis de áreas detectadas con cambios de acuerdo a la clasificación definida y a la superficie del polígono de la ANP. Sobre posición de información de Sensores Remotos sobre Cartografía Temática.

---

<sup>4</sup> RGB, red, green, blue.

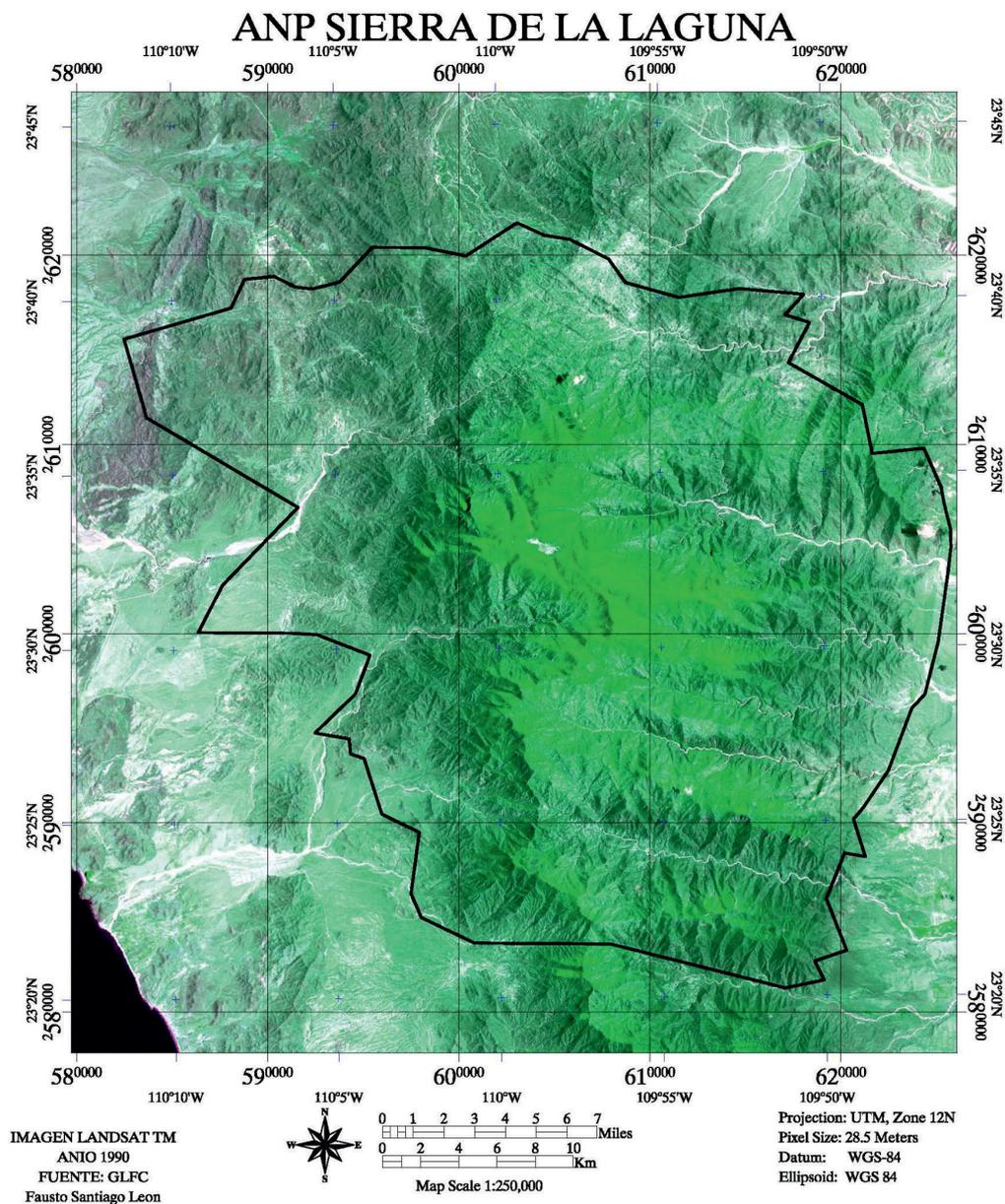


Figura 3. Límites de la ANP Sierra de La Laguna en falso color de 1990, tomando la banda verde (Fuente de polígono: CONANP).

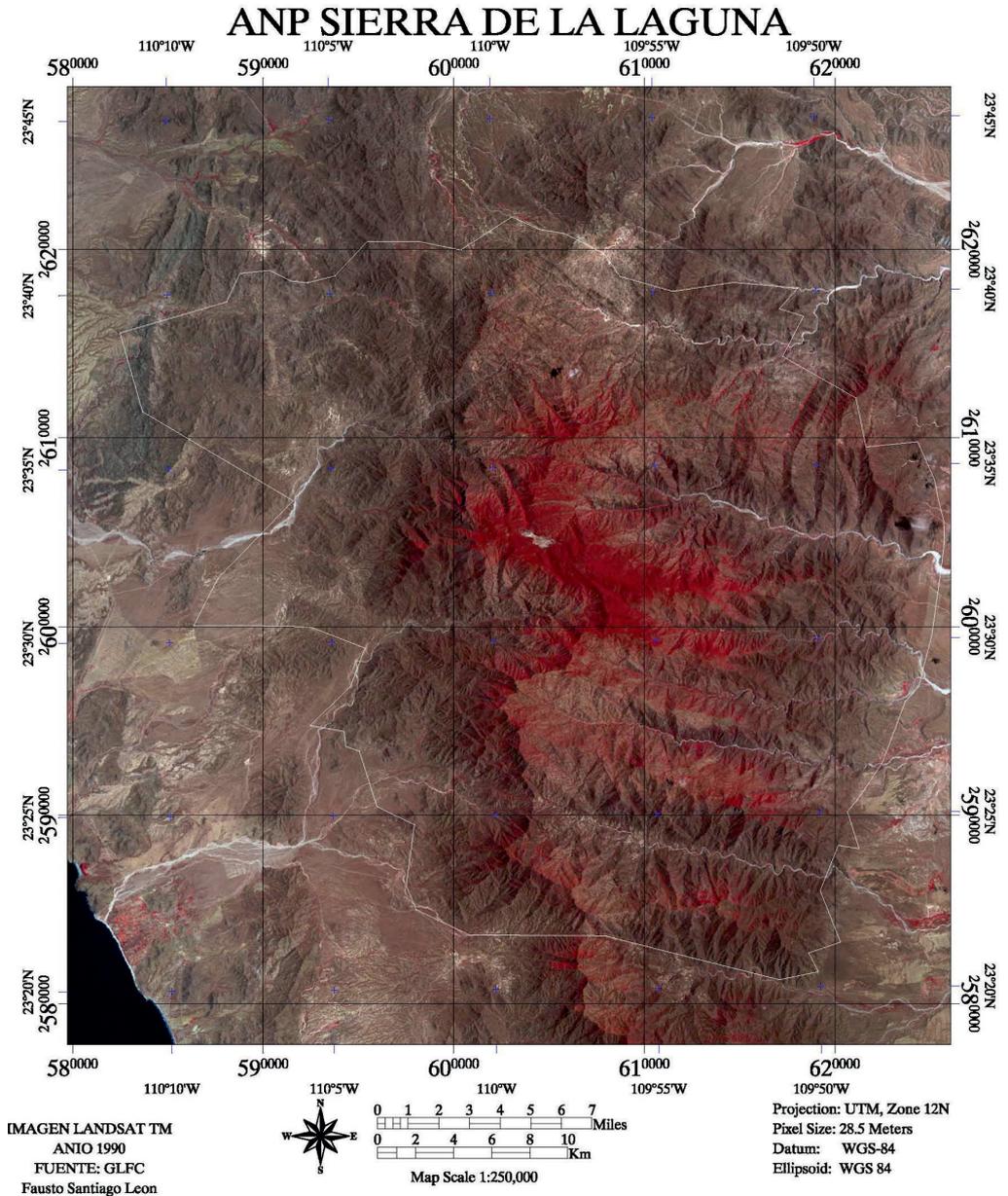


Figura 4. Límites de la ANP Sierra de La Laguna en rojo falso color de 1990, tomando la banda roja (Fuente del polígono: CONANP).

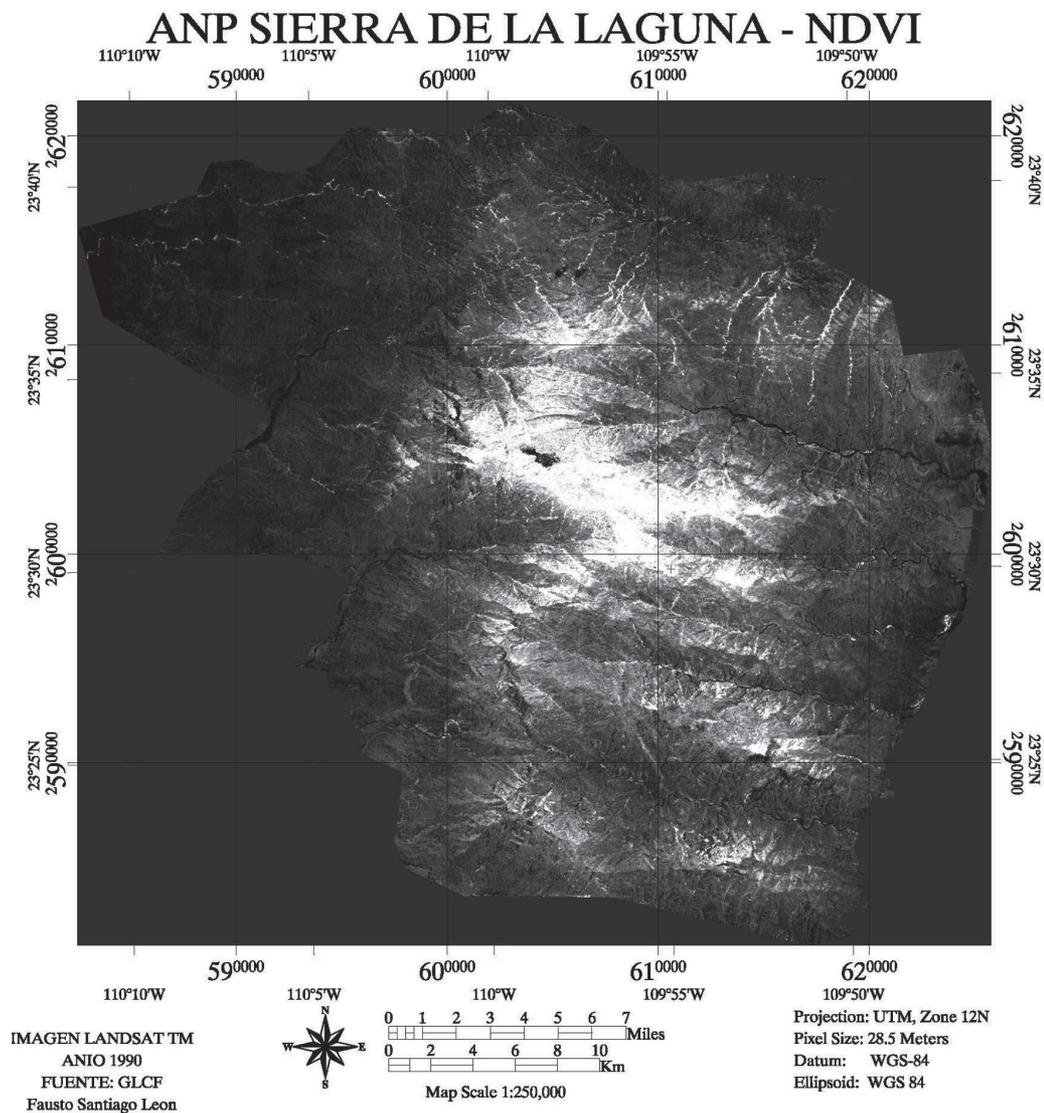


Figura 5. Índice de Vegetación para el año de 1990 delimitado a la ANP – Sierra de La Laguna.

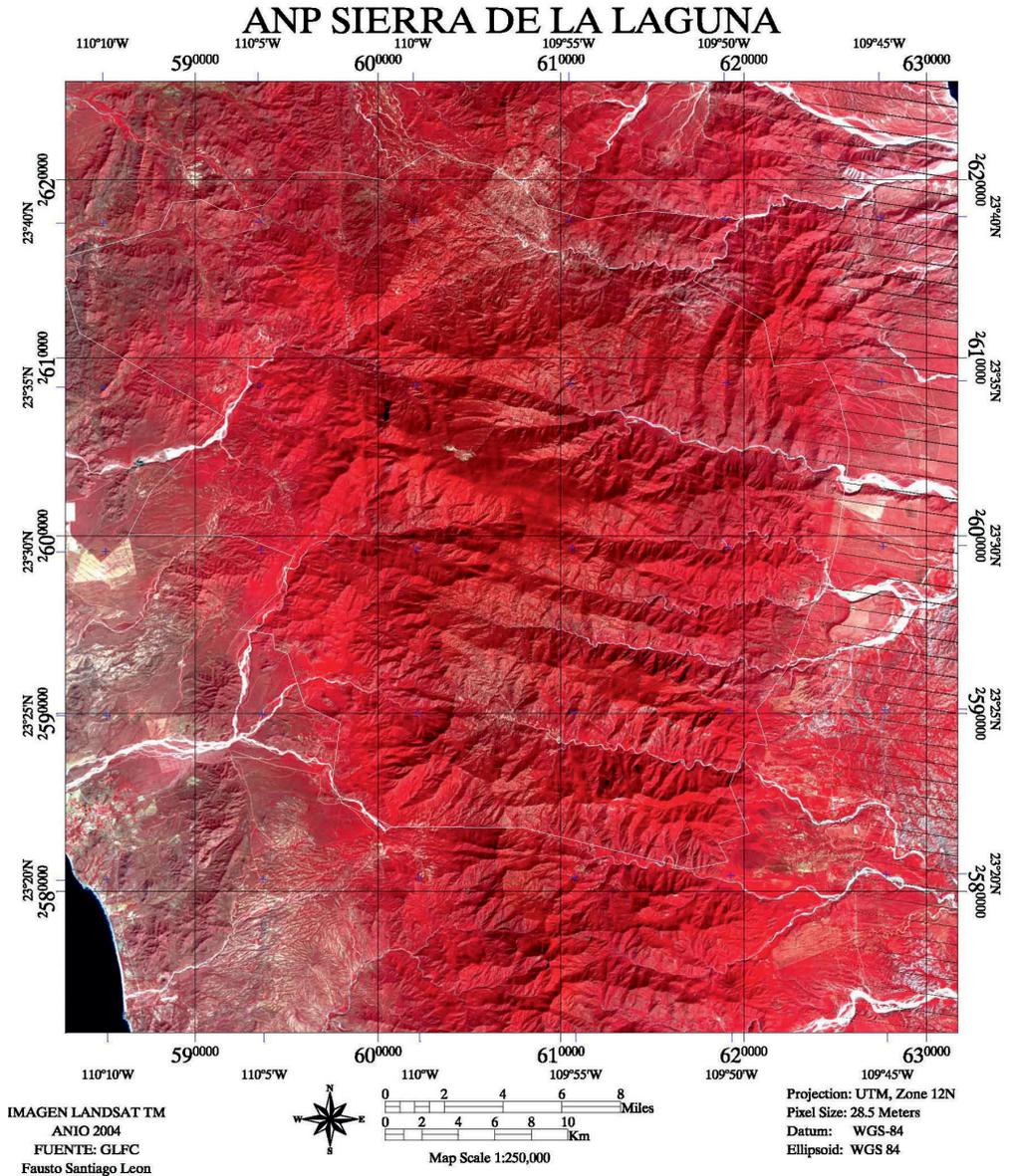


Figura 6. . Imagen Landsat TM en falso color rojo de 2004 de la ANP Sierra de La Laguna.

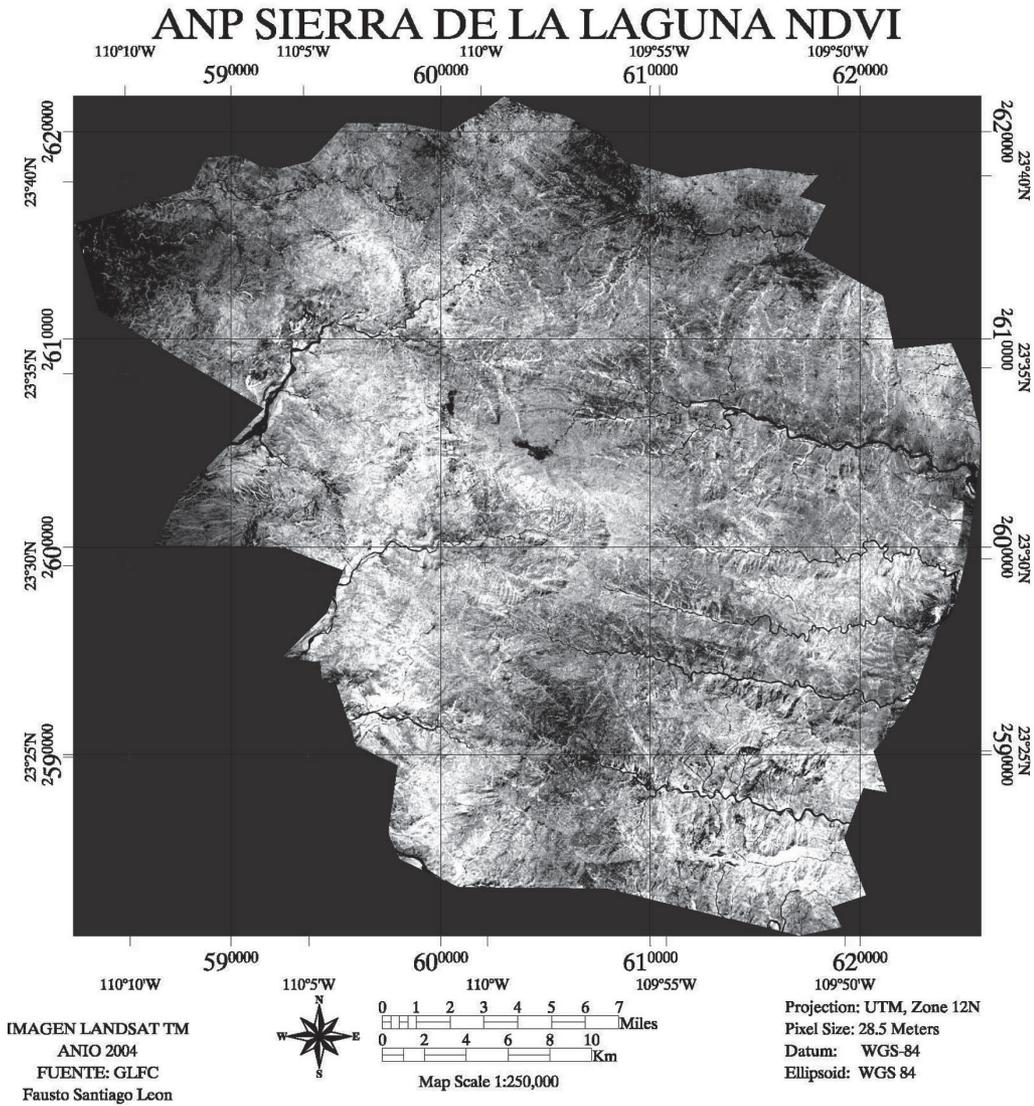
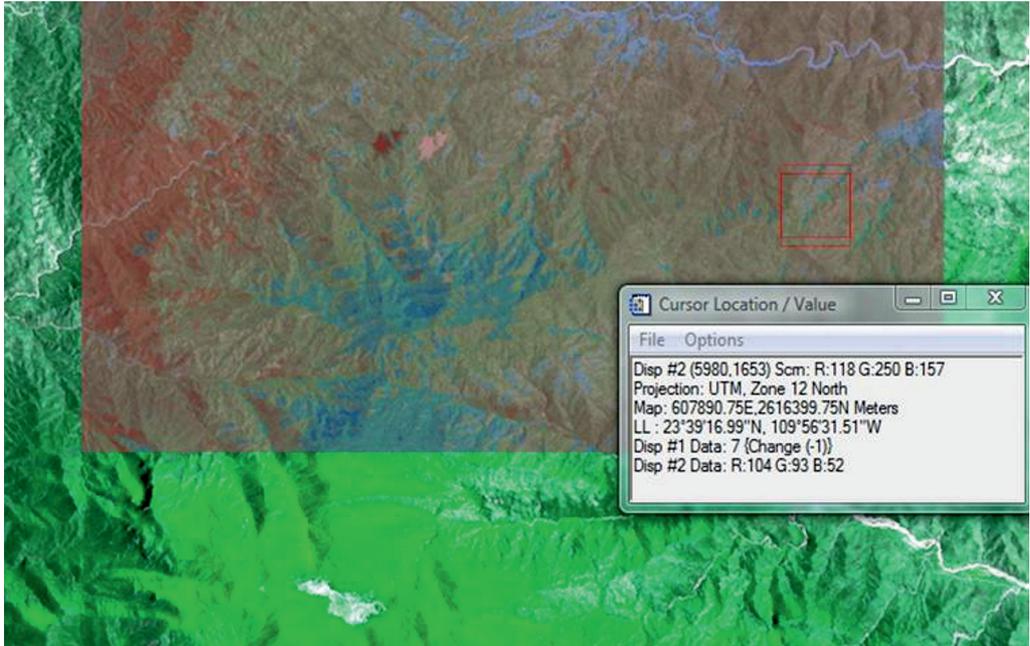


Figura 7. Índice de vegetación 2004 de la ANP Sierra de La Laguna.



**Figura 8.** Detección de cambios imagen base de 1990 vs diferencias del 2004, para el índice de vegetación de imágenes Landsat, los cambios detectados se representan en las tonalidades en azul resaltando las variaciones del IV en color azul<sup>5</sup> y el color rosa claro las áreas con baja o nula variación. Considerando para la escala de cambio del IV de -1 a 1.

Con los resultados de detección de cambios y la información temática disponible como fue la información de uso de suelo y vegetación, hidrología superficial de cuencas y subcuencas y de información socioeconómica de INEGI, fue posible conocer la vinculación de cómo los cambios que se están presentando están asociados a las actividades socioeconómicas que inciden sobre aspectos bióticos como es la vegetación y los físicos como es la hidrología superficial (Fig. .9).

<sup>5</sup> La variación significativa corresponde a las áreas que tienen valores negativos tomando de línea base la imagen más antigua a la más reciente. Con lo anterior la variación del índice de vegetación hace relevante la detección del área de cambio.

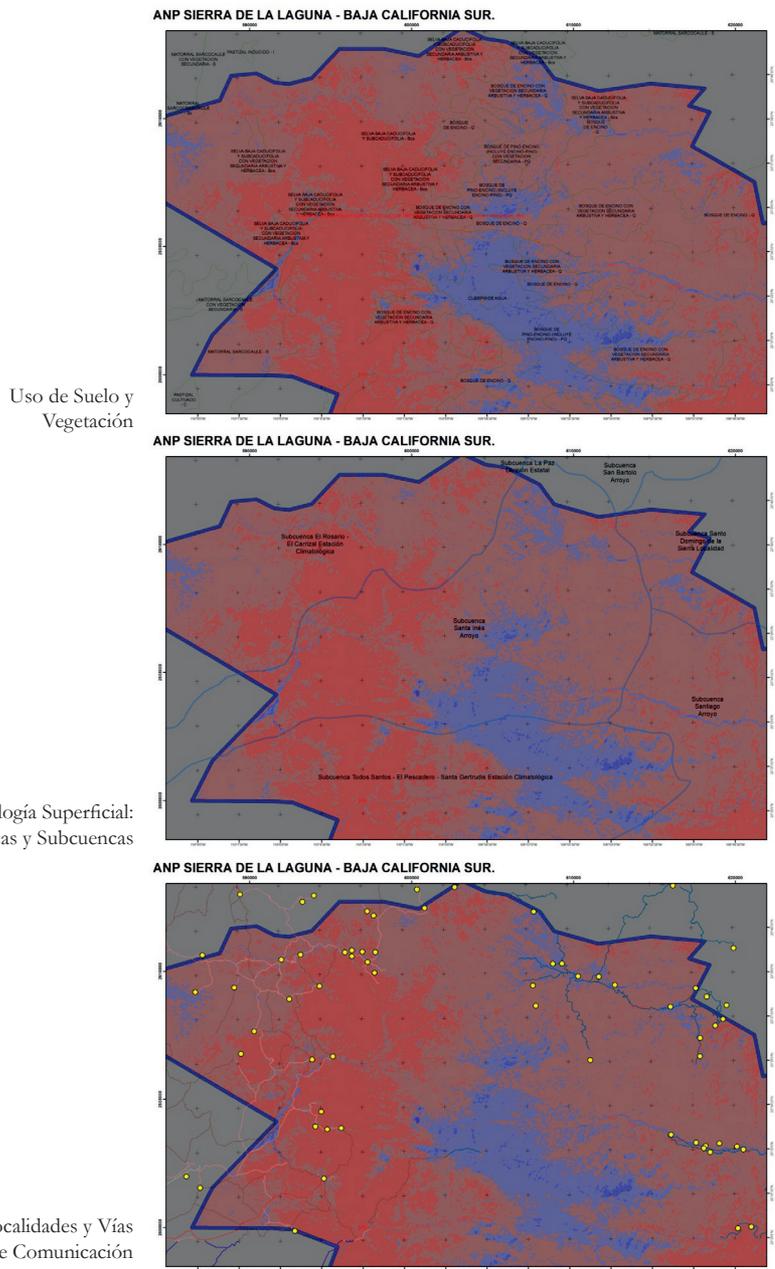
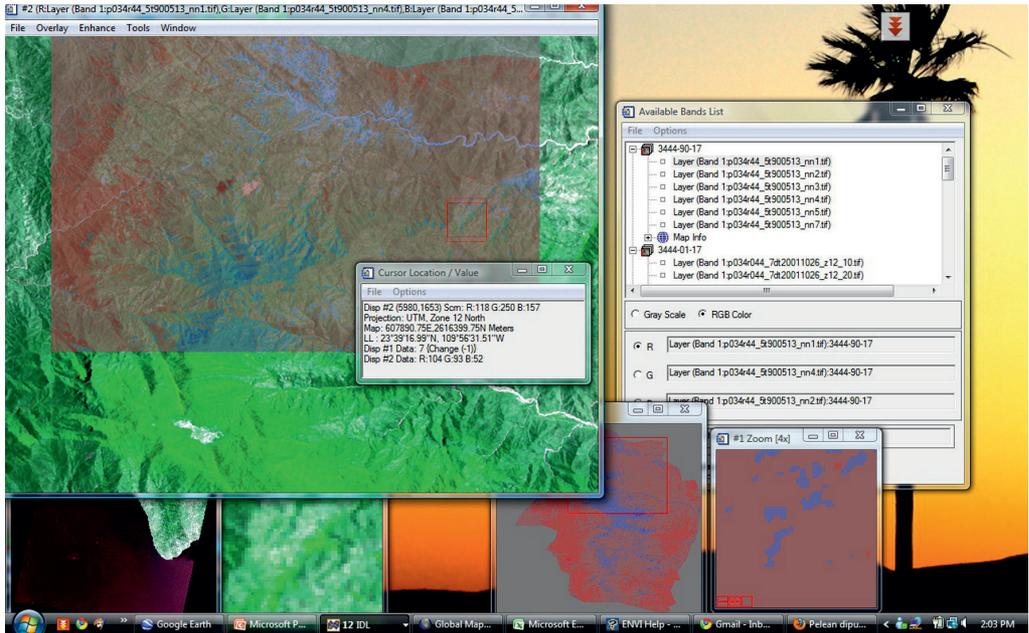


Figura 9. Información geográfica temática de soporte a los resultados obtenidos de índice de vegetación.



## Síntesis de resultados

Resultados de 1990-2001 La cobertura vegetal en la REBIOSLA presento cambios positivos y negativos detectados para el periodo de 1990 – 2001. Se obtuvo que para dicho periodo en el 35.715% de la ANP no se detectaran cambios. Respecto a cambios positivos acumulados detectados correspondieron a un 56.474% de la superficie de la ANP. En cambios negativos detectados se obtuvo de manera acumulada el 7.811% (Tabla 2).

Considerando el periodo de 1990 a 2001, la REBIOSLA presentó un cambio total de 7.811% negativo de su superficie. Lo anterior corresponde a una pérdida de la calidad de cobertura vegetal de 13,657.42 hectáreas.

### *Resultados de 2001-2004 ANP Sierra de La Laguna*

La cobertura de la vegetación en la REBIOSLA presenta cambios positivos y negativos detectados para el periodo de 2001 – 2004. Se obtuvo que para dicho periodo no se detectaron cambios en un 45.97%. En cambios positivos acumulados detectados correspondieron a un 53.261% de la superficie de la ANP. En cambios negativos detectados se obtuvo de manera acumulada de 0.77% de la superficie (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis de cambios obtenido para el periodo de 1990 – 2001.

1990-2001					
Clase	Conteo	Área ha	% de Cambio	Cambio	Acumulado
CAMBIO +5	-	-	0.000%		0.000%
CAMBIO +4	26.00	2.11	0.001%		0.001%
CAMBIO +3	31,405.00	2,550.87	1.459%		1.460%
CAMBIO +2	641,580.00	52,112.34	29.806%		31.266%
CAMBIO +1	542,598.00	44,072.52	25.208%	56.474%	56.474%
SIN CAMBIO	768,772.00	62,443.51	35.715%	35.715%	92.189%
CAMBIO -1	156,212.00	12,688.32	7.257%	7.811%	99.446%
CAMBIO -2	11,558.00	938.80	0.537%		99.983%
CAMBIO -3	321.00	26.07	0.015%		99.998%
CAMBIO -4	49.00	3.98	0.002%		100.000%
CAMBIO -5	3.00	0.24	0.000%		100.000%

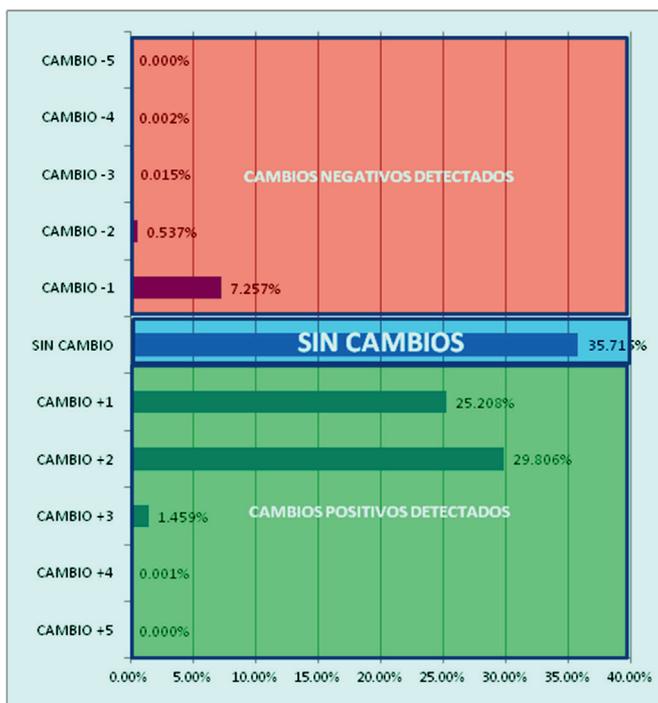
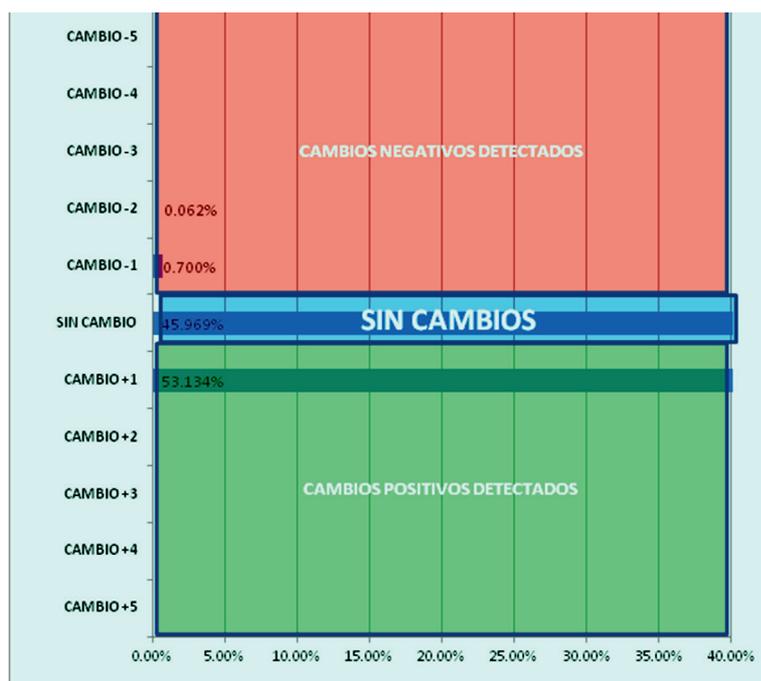


Figura 11. Clasificación de cambios obtenidos para el periodo 1990-2001.

**Tabla 3.** Análisis de cambios obtenidos para el periodo de 2001-2004.

2001-2004				
Clase	Conteo	Area ha	% de Cambio	Cambio
CAMBIO +5	73.00	6.57	0.004%	
CAMBIO +4	239.00	28.08	0.016%	
CAMBIO +3	36.00	31.32	0.018%	
CAMBIO +2	1,389.00	156.33	0.089%	
CAMBIO +1	333,378.00	92953.89	53.134%	53.261%
SIN CAMBIO	697,706.00	80419.69	45.969%	45.969%
CAMBIO -1	864,173.00	1224.60	0.700%	0.770%
CAMBIO -2	46,517.00	109.16	0.062%	
CAMBIO -3	289.00	14.00	0.008%	
CAMBIO -4	15.00	0.00	0.000%	
CAMBIO -5	1.00	0.00	0.000%	

**Figura 12.** Clasificación de cambios obtenidos para el periodo 2001-2004.

Considerando el periodo de 2001 a 2004, la ANP Sierra de La Laguna ha presentado un cambio total estimado de 0.77% negativo de su superficie. Lo anterior corresponde a una superficie de total para el periodo de 1,347.77 hectáreas.

### Resultados integrados de 1990-2004 ANP Sierra de La Laguna.

La cobertura de la Vegetación en la REBIOSLA presento cambios positivos y negativos detectados para el periodo de 1990 – 2004. Se obtuvo que para dicho periodo el 35.70% de la ANP no presento cambios. En cambios positivos acumulados detectados correspondieron a un total de 55.72% de la superficie de la ANP. En cambios negativos detectados se obtuvo de manera acumulada un 8.58% de la superficie (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de cambios obtenidos para el periodo de 1990-2004.

1990 - 2004

Clase	Conteo	Área ha	% de Cambio	Cambio
CAMBIO +5	4.00	0.3249	0.000%	
CAMBIO +4	-	0	0.000%	
CAMBIO +3	1,173.00	95.2769	0.054%	
CAMBIO +2	412,916.00	33539.1021	19.183%	
CAMBIO +1	785,235.00	63780.7129	36.480%	55.72%
SIN CAMBIO	768,423.00	62415.1582	35.699%	35.70%
CAMBIO -1	175,470.00	14252.5508	8.152%	8.58%
CAMBIO -2	9,144.00	742.7214	0.425%	
CAMBIO -3	110.00	8.9348	0.005%	
CAMBIO -4	49.00	3.98	0.002%	
CAMBIO -5	-	0	0.000%	

Considerando el periodo de 1990 a 2004, la ANP Sierra de La Laguna ha presentado un cambio total de 8.58% negativo de su superficie. Dicho cambio estimado corresponde a 0.613% anual. Lo anterior corresponde a una pérdida de la calidad de la cobertura vegetal de 15,008.1 hectáreas. Lo anterior corresponde también a un mejoramiento en la condición de calidad de la cobertura vegetal de 97,415.42 hectáreas.

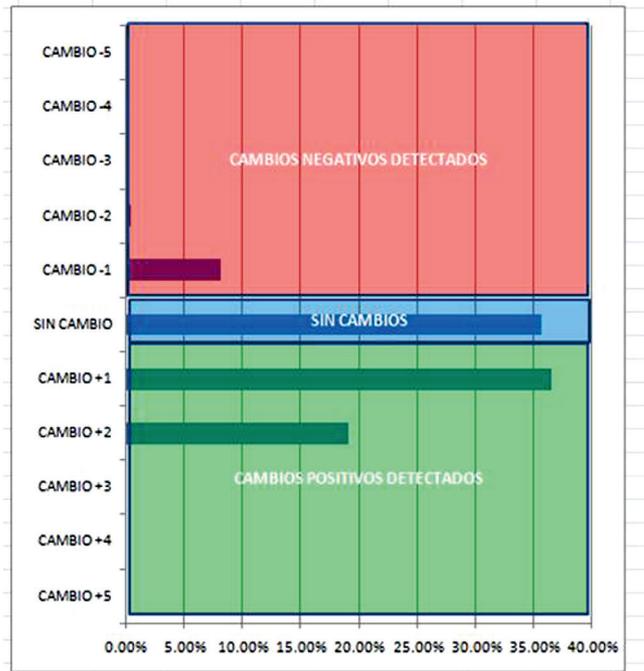


Figura 12. Clasificación de cambios obtenidos para el periodo 1990-2004.

Con el análisis comparativo de los índices de vegetación derivados y obtenidos de Landsat para La ANP- Sierra de La Laguna de los años 1990- 2004 (fig. 13) ya se pueden apreciar los cambios moderados en la porción norte, centro y sur en color Azul).

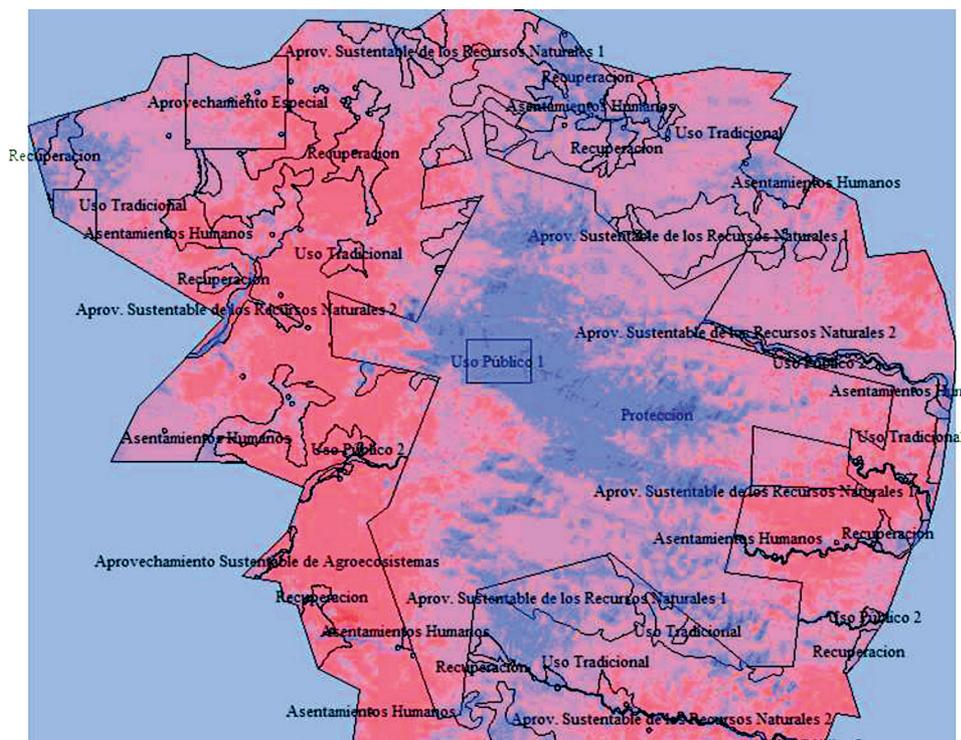


Figura 13. Resultados de los cambios detectados de 1990-2004 y zonificación de la ANP Sierra de La Laguna.

## Conclusión

Es importante resaltar que las características de vegetación y geología para esta zona hacen que la información proporcionada por los índices de vegetación se vea afectada por la alta reflectancia (rocas y suelo desnudo) y por tanto en la pérdida de una señal de mayor calidad que se representa en los índices. Sin embargo, nuestros análisis procuraron reducir al mínimo tales afectaciones.

El análisis estuvo realizado para las imágenes de satélite Landsat en resolución espacial de 30m de tamaño de pixel.

La zona de análisis presenta la estimación de área afectada o en deterioro considerando en suma los procesos naturales y antropogénicos. Donde los antropogénicos son recurrentes y de manera permanente. Los antropogénicos son principalmente la ganadería extensiva, así como vías de comunicación como son los caminos vecinales que resultan en elementos de fragmentación de comunidades de vegetación previamente en estado natural.

La relación estrecha existente entre las actividades productivas con la vegetación determinan que por las características de vegetación desértica del Estado de Baja California Sur y sus atributos geológicos, hacen de la zona de análisis una zona crítica con procesos de deterioro ambiental.

A lo anterior es importante resaltar que la visión de análisis de cuencas hidrológicas permite, el guiar con los resultados obtenidos recomendaciones y propuestas de manejo enfocado a la vegetación presente.

Los resultados de este estudio, pueden ayudar a los tomadores de decisión a determinar en qué zonas geográficas ha existido el mayor cambio negativo en la calidad de la cobertura vegetal y por tanto enfatizar las medidas de protección, manejo y restauración en estas zonas.

Algunas de estas recomendaciones generales, serían por ejemplo:

- A). Restricciones de intensidad a uso agropecuario
- B). Restricción de intensidad de uso forestal.
- C). Restringir la intensidad y capacidad de carga de la ganadería extensiva a sólo los niveles permitidos en función de la capacidad de porte del medio, en Unidades Animal.
- D). Realizar, promover y organizar un programa de manejo integral de vegetación realizando reforestación con especies nativas.

Habría que enfatizar que este trabajo fue desarrollado utilizando información disponible con el mínimo costo y atendiendo la realización de un análisis aplicable en cualquier región del país considerando que se cuenta con la cobertura nacional de la información base utilizada.

Es muy importante enfatizar en que los resultados de este análisis indican que el año 1990 al año 2001 la pérdida de cobertura vegetal en la REBIOSLA fue de prácticamente 14,000 hectáreas.

La REBIOSLA fue decretada oficialmente en 1994, sin embargo, en sus inicios no contó con personal suficiente para implementar los límites de vigilancia y protección requerida en una ANP.

De 2001 al 2004 la pérdida de la cobertura de vegetación fue de tan sólo, en números redondos, de 1,000 hectáreas.

Existe entonces una muy significativa reducción en la tendencia de la tasa de pérdida de cobertura de vegetación en la REBIOSLA, a partir de la implementación de las acciones de vigilancia y protección en esta Reserva de la Biosfera.

Asimismo a resaltar es que de 2001 al 2004 la cobertura vegetal en la REBIOSLA tuvo cambios positivos acumulando en un 56% de su superficie, lo cual, asimismo, refuerza las bondades de su decreto como Reserva de la Biosfera.

## Agradecimientos

A la Lic. Tania Flores por la recopilación del material para edición, al D.G. Gerardo Hernández García por la maquetación y edición final de este capítulo.

## Literatura citada

- Gates, D. M. 1970. Physical and physiological properties of plants. In National Research Council, Committee on Remote Sensing for Agricultural Purposes, Remote sensing with special reference to agriculture and forestry, 224-252. National Academy of Sciences. USA.
- Holben, B. N., 1986. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data: The International Journal of Remote Sensing, 7: 1417.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, D. W. Deering y J. A. Sehell. 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. Final Report. Remote Sensing Center, Texas A&M University. USA.
- Santiago-León, F. R. 2003. Estimación de biomasa en pastizales utilizando sensores remotos (NOAA-AVHRR y SPOT-VGT) en la cuenca del Río San Pedro, Sonora México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Compendio de estadísticas ambientales. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). México.
- Shawe-Taylor, J. y N. Cristianini. 2004. Kernel methods for pattern analysis. Cambridge University Press. UK. .
- Tucker, C. J. 1979. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. Remote Sensing of the Environment, 8: 127-150.

Para citar esta obra:

Santiago León, F., Lagunas-Vázquez, M. y A. Ortega-Rubio. 2012. Diagnósis de la de forestación y restauración de la cobertura de la vegetación de la reserva de la biosfera posterior a su decreto. En: A. Ortega-Rubio., M. Lagunas-Vázquez y L. F. Beltrán-Morales (Editores). Evaluación de la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur: Avances y Retos. (pp. 331-352). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. 422 pp.