



Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Programa de Posgrado en Manejo de Vida
Silvestre

Tesis de Maestría

**Selección de relictos de
bosque como lugares de valor
especial para conservación en la
Reserva Mar Chiquita, Córdoba,
Argentina**

Autor: **Biól. Erio D. Curto**

Director: **Dr. E. H. Bucher**

Diciembre de 2009

Tesis presentada por:

Biol. ERIO D. CURTO

Aprobada en estilo y contenido por:

Director: Dr. Enrique H. Bucher

Co-director: Dr. Ernesto G. Abril

Miembro de la Comisión Asesora: Dr. Gerardo Leynaud

Prof. Dra. Sonia Colantonio
Secretaria Académica de Investigación y Posgrado
Universidad Nacional de Córdoba

Centro de Zoología Aplicada
Universidad Nacional de Córdoba
C.C. 122 – 5000 Córdoba – Argentina
zoología@efn.uncor.edu

*A mis hijos, Irupé y Licán
A Lizi, mi esposa y compañera incondicional*

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todos los que de una u otra manera realizaron aportes para concretar este trabajo:

Al Dr. Enrique Bucher, por sus consejos, por la presión necesaria que no me permitió olvidar cuan importante es acometer esta empresa, y fundamentalmente por haber confiado en mi en una etapa de la vida en la que parecía que mi destino se alejaba irremediabilmente de la biología.

Al Dr. Ernesto Abril que más allá del apoyo técnico específico vinculado con la teledetección mostró siempre su sincero interés por la persona detrás del trabajo.

Al todo el personal del Centro de Zoología Aplicada que, aunque a veces deje de apreciarse por lo cotidiano, puso su mejor esfuerzo para poder formarnos en el manejo de la Vida Silvestre.

A mis compañeros de maestría, los que no pudieron seguir y los que llegaron a la meta, con los cuales nos hemos enriquecido mutuamente. Celi, Ro, Ceci, Juli, Seba, Ale, Jesús, Dami y Julieta.

Al CREAN (FCA-UNC) que proveyó las imágenes utilizadas en el trabajo y me permitió desarrollar tareas de procesamiento digital en sus instalaciones y al Lab. del Área de Geotecnia de la F.C.E.F. y N de la UNC por la asistencia en el desarrollo de este trabajo.

Al amigo Javier Vivas que con su conocimiento, su intuición y su paciencia fue un pilar fundamental a la hora de adentrarse en el análisis digital de imágenes satelitales y a los incondicionales Peter, Lourdes, Omar y tantos otros que seguramente olvido y que nunca pararon de alentarme y demostrar que a pesar de las dificultades siempre se puede.

Finalmente, un reconocimiento especial a mi invaluable familia, mis hijos Licán e Irupé y mi esposa Lizi que con tanto esfuerzo, sacrificio y estoicismo soportaron y siguen soportando las ausencias del hogar que esta profesión demanda. A “la Nedy”, mi vieja, que está para lo que sea sin preguntar nada.

Este trabajo fue realizado con financiación del Programa de Maestría en Manejo de Vida Silvestre, que cuenta con el apoyo del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos de América (US.F.W.S). Durante el transcurso de la carrera fui beneficiado con la exención del pago de la matrícula, con una beca del Programa y con ayuda económica para viajes de campo.

El Programa de Maestría en Manejo de Vida Silvestre apoya y contribuye a la implementación de la Convención del Hemisferio Occidental (1940) y a la Convención sobre los Humedales (Ramsar 1971) en América Latina y el Caribe.

RESUMEN

El proceso de deforestación en la provincia de Córdoba, que se ha acentuado en las últimas décadas, ha motivado el presente estudio, centrado en localizar áreas de valor especial de conservación, en este caso de bosque nativo, dentro de la Reserva provincial y sitio Ramsar Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita. Se evaluó además la pérdida de bosque chaqueño en el nor - noreste de la provincia de Córdoba. El trabajo permitió cuantificar la pérdida de bosques en los últimos treinta años y seleccionar fragmentos remanentes dentro del área de la Reserva Mar Chiquita para sugerir su inclusión en un régimen de protección especial. El estudio se efectuó aplicando técnicas de teledetección con análisis digital comparativo de imágenes satelitales LANDSAT. Se cubrió el período 1976 – 2006, generándose mapas de vegetación a partir de los cuales se midió una disminución de 434.588 ha de bosque. La tasa de deforestación fue de 4.77 para el área y el período considerados, siendo el *bosque alto* la cobertura más afectada durante ese lapso. Los fragmentos de bosque localizados se analizaron considerando la clase representada y su tamaño. De acuerdo con los criterios vigentes para conservación y mantenimiento de la biodiversidad, se consideraron tamaños mínimos de 400 ha (subregión oeste) y 100 ha (subregiones sur y este). El grado de fragmentación se describió y cuantificó utilizando indicadores de significado ecológico. La subregión este presenta menor número de fragmentos, más pequeños y más separados. Sólo se encontraron fragmentos de *bosque alto* de superficie mínima en la subregión oeste. Se destaca que el status de Reserva no disminuyó la deforestación, haciéndose necesario implementar un plan de manejo que contemple la protección especial de los últimos fragmentos de *bosque alto* que se extienda progresivamente al *bosque bajo*, mejor representado en toda el área de la Reserva.

Palabras clave: teledetección, LANDSAT, fragmentación, bosque chaqueño, deforestación, Ramsar, planificación, conservación

ABSTRACT

The process of deforestation in the province of Córdoba, which has increased in the last decades, has been the driver of the present study, which was focused on identifying areas of special conservation value –areas of native forest in this case– within Dulce River wetlands and Mar Chiquita Lake provincial reserve and Ramsar site. The loss of Chaco forest in the north-northeastern portion of the province of Córdoba was also evaluated. Forest loss over the last thirty years was quantified and remnant fragments within Mar Chiquita reserve were selected with the aim of proposing their inclusion in a special protection regime. The study was conducted using remote sensing techniques with comparative digital analysis of LANDSAT satellite imagery, covering the 1976-2006 period. Vegetation maps were generated, which revealed a 434,588 ha forest reduction. Deforestation rate was 4.77 for the period evaluated in the study area. The *tall forest* is the cover type that has been most affected. The remnant fragments identified were analyzed considering size and class. According to the current criteria for biodiversity conservation and maintenance, minimum sizes of 400 ha (western subregion) and 100 ha (southern and eastern subregions) were considered. The degree of fragmentation was described and quantified using indicators of ecological significance. The eastern subregion has a lower number of fragments, which are smaller and more distant from one another. Fragments of *tall forest* of minimum size were found only in the western subregion. It is important to point out that the status of reserve of the area did not contribute to reduction of deforestation; therefore, a management plan that includes special protection of the remnant fragments of *tall forest* should be extended gradually onto the *low forest*, which at present is better represented than the *tall forest* in the entire reserve area.

Key words: remote sensing, LANDSAT, fragmentation, Chaco forest, deforestation, Ramsar, planning, conservation

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA.....	7
Área de estudio.....	7
Características generales.....	7
Clima.....	8
Vegetación.....	9
Métodos.....	10
1) Cambios en la superficie boscosa en el periodo 1976-2006.....	10
<i>Recursos utilizados</i>	10
<i>Determinación de las áreas para análisis</i>	11
<i>Determinación y análisis de los tipos de cobertura boscosa</i>	12
<i>Coberturas</i>	13
<i>Determinación de valores de radiancia</i>	15
<i>Tasa de deforestación</i>	15
2) Identificación de los fragmentos de bosque remanentes en el área de la Reserva Mar Chiquita.....	16
<i>Recursos utilizados</i>	16
<i>Determinación de las áreas para análisis</i>	16
<i>Procesamiento de la información</i>	17
<i>Análisis del paisaje</i>	18
3) Determinación de prioridades y recomendaciones.....	18
RESULTADOS.....	19
1. Estimación de valores de radiancia para las coberturas seleccionadas.....	19
2. Mapas de ubicación de fragmentos.....	19

3. Estimación de la tasa anual y nivel de deforestación actual para el periodo 1976-2006	24
4. Identificación y ordenamiento de los fragmentos en el área de la Reserva Mar Chiquita	24
DISCUSIÓN.....	29
El proceso de deforestación en el área de estudio	29
Selección de fragmentos dentro de la Reserva Mar Chiquita	29
Alternativas de manejo dentro de la Reserva Mar Chiquita	29
Importancia del <i>bosque bajo</i>	31
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA.....	34

INTRODUCCIÓN

La población humana en permanente crecimiento, está modificando la estructura de la biósfera a un ritmo sin precedentes en la historia del planeta. Las alteraciones antrópicas a gran escala han venido ocurriendo desde el advenimiento de la agricultura, sin embargo, en la última mitad del siglo XX las actividades humanas han alcanzado las más remotas regiones del planeta y han tenido una repercusión global. El cambio climático, la pérdida de especies y de hábitats y la contaminación, son impactos ambientales con participación humana nunca antes vistos (Bierregaard & Dale, 1996).

Todas las sociedades dependen de los bosques y tienen responsabilidades en la conservación de la biodiversidad, el aire limpio, la preservación del suelo y el agua, la seguridad alimentaria y los servicios de energía, entre otros. Esto comprende también concretamente los productos madereros y los valores biológicos y culturales que estos significan (FAO, 2004).

La pérdida permanente de los bosques y su degradación, en gran medida debido a actividades externas al sector forestal, continúan produciéndose a niveles alarmantes y, de persistir el actual nivel de amenazas al bosque, la humanidad sufrirá las consecuencias. Son particularmente vulnerables en este sentido las personas que viven en países con escasa cubierta forestal, los pueblos indígenas y las comunidades locales. Existe la necesidad de abordar la creciente brecha entre las presentes tendencias y el potencial de los bosques como contribución a la agenda social, aumentando la demanda de los servicios y productos forestales (FAO, 2004).

La transformación más drástica del ambiente es la conversión de un hábitat de bosque continuo en un mosaico de fragmentos de bosque remanentes rodeados por un ambiente diferente de la vegetación climax de la región (Bierregaard & Dale, 1996). Esta matriz compleja de bosque inmerso en áreas deforestadas es a menudo el paso previo a su completa eliminación (Bucher et al., 2001). Estos cambios son por lo general tan rápidos que resulta difícil predecir de qué manera las especies de plantas y animales se verán afectadas (Bierregaard & Dale, 1996).

La situación se complica aún más si consideramos que los fragmentos están situados en diferentes posiciones en el paisaje, sobre variados tipos de suelos, poseen distintos tipos de vegetación, varían en su tamaño, forma, grado de aislamiento y aún de propietario. En gran parte del mundo la conservación de las biotas a nivel regional depende enteramente del

cuidado y manejo de estos remanentes. En tal sentido, los responsables del manejo deben primero determinar el valor de conservación de cada fragmento y, si lo tiene, decidir cómo deben ser manejados para retener dicho valor (Saunders et al., 1987)

Nuestro país y la provincia de Córdoba no escapan a esta realidad mundial y sus recursos naturales se encuentran seriamente comprometidos. La vegetación natural de la provincia de Córdoba se encuentra en la actualidad en una situación de retroceso alarmante. No contamos al presente con un buen relevamiento de nuestros recursos naturales y, a pesar de que sabemos que los sistemas ecológicos se encuentran amenazados, los estudios destinados a cuantificar las pérdidas no se traducen en medidas concretas para paliar esta situación.

De acuerdo a la Ley Nacional 26.331 (Poder Legislativo de la Nación Argentina, 2007) se consideran *bosques nativos* a los ecosistemas forestales naturales compuestos predominantemente por especies arbóreas nativas maduras, con diversas especies de flora y fauna asociadas, en conjunto con el medio que las rodea -suelo, subsuelo, atmósfera, clima, recursos hídricos-, conformando una trama interdependiente con características propias y múltiples funciones que, en su estado natural, le otorgan al sistema una condición de equilibrio dinámico y que brinda diversos servicios ambientales a la sociedad, además de recursos naturales con posibilidad de utilización económica. Se encuentran comprendidos en la definición tanto los bosques nativos de origen primario, donde no intervino el hombre, los de origen secundario, formados luego de un desmonte, y aquellos resultantes de una recomposición o restauración voluntarias.

La actividad humana crea los fragmentos de bosque y continúa interactuando con ellos de muchas maneras. Los cambios en la estructura del ecosistema y el funcionamiento de estos remanentes dependen a menudo de lo que sucede afuera de ellos más que de lo que sucede en su interior. Estas actividades en la vecindad son muy dinámicas y están usualmente determinadas por factores socioeconómicos, por lo que resulta indispensable estudiar de qué manera se produce esta variación conjunta (Bierregaard & Dale, 1996).

Algunos investigadores del siglo XX (Kanter, 1935, Sayago, 1969) realizaron descripciones pioneras del norte de Córdoba. En años recientes, la vegetación del norte de Córdoba ha sido evaluada en detalle por Cabido y Zak (Cabido & Zak, 1999). No obstante, se precisa información más detallada para ciertos aspectos del manejo forestal, como por ejemplo la selección de fragmentos de valor para proceder a su conservación dentro de áreas protegidas. Como se ha mencionado previamente, la cuantificación de las pérdidas de masa

forestal es necesaria pero, dada la magnitud y la velocidad de transformación del uso de la tierra, es imperioso implementar medidas urgentes que resguarden las últimas representaciones de estos ecosistemas.

La vegetación de la planicie ubicada al oriente de las sierras de Córdoba representa el límite más austral de la provincia fitogeográfica del Chaco. El reemplazo de vegetación nativa por áreas de cultivo o ganadería no es un proceso nuevo en la región. Ya a principios del siglo XX se describe a la zona como cubierta casi en su totalidad por un bosque seco y denso de 8-10 m de altura interrumpido por campos más o menos extensos de pastos sobre los cuales se encuentran árboles aislados, excepto en las áreas de suelos salinos (Kanter, 1935). Este paisaje, no obstante, estaba ya alterado en la parte oriental del Borde de los Altos, resalto de falla de dirección norte-sur que forma un dique natural al este de la laguna Mar Chiquita, y al sur del río Segundo, producto de la actividad agrícola, con una importante reducción en la superficie boscosa (Kanter, 1935).

En el nor-este de la provincia de Córdoba, limitando con Santiago del Estero, se encuentra la Reserva Mar Chiquita, designación abreviada y válida de la Reserva Provincial de Uso Múltiple Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Poder Ejecutivo de Córdoba, 1994). Esta región, a pesar de tener protección legal, está incluida en la tendencia general y en ella la agricultura avanza de manera inexorable allí donde los suelos no tienen restricciones en cuanto a su contenido salino.

La Reserva representa un lugar de características poco comunes que se destaca por su enorme extensión, por una alta variabilidad ambiental y por su elevada biodiversidad. La laguna Mar Chiquita es el colector final de una cuenca sin salida al mar, alimentada por los ríos Primero y Segundo, provenientes de las Sierras de Córdoba, y por el río Dulce, que se origina en la Sierra de Aconquija en Tucumán. La superficie que ocupa el espejo de agua sufre permanentes cambios debido a variaciones de volumen relacionadas con las precipitaciones pluviales en su extensa cuenca. Debido a este fenómeno, luego de la década de 1970 triplicó su superficie, pasando de unas 200.000 ha a casi 700.000 ha. La consecuencia de este crecimiento inusitado, que se ha mantenido por más de 30 años, fue la inundación de parte de la única localidad ribereña, Miramar y el anegamiento de miles de hectáreas de tierras agrícolas y áreas boscosas. Con el nivel actual, Mar Chiquita es el lago salado de mayor superficie de Sudamérica y el quinto en el mundo.

La importancia de Mar Chiquita y de los Bañados del Río Dulce en términos ecológicos, botánicos, zoológicos, limnológicos e hidrológicos determina su reconocimiento a

nivel nacional e internacional. Así, a la ya mencionada creación de la Reserva de Uso Múltiple por la provincia de Córdoba en el año 1994 (Poder Ejecutivo de Córdoba, 1994) se suma su designación como el undécimo sitio Ramsar de la república Argentina por la Convención para los Humedales (Ramsar - Convention on Wetlands, 2002).

La situación legal de conservación de Mar Chiquita genera obligaciones implícitas para las autoridades. Un área natural bajo la denominación Reserva de Uso Múltiple, tiene como objetivo central la búsqueda de un uso sustentable del ambiente y sus recursos, desde una perspectiva social, ecológica y económica, sin desmedro de las acciones de preservación, educación ambiental y de recreación que pudieran desarrollarse persiguiendo la conservación del equilibrio de sus ambientes, mediante el uso regulado de sus recursos naturales, respetuoso de sus características, estado ecológico, particularidades de la vida silvestre y potencialidad de sus fuentes productivas (Poder Ejecutivo de Córdoba, 1983, 1994).

El decreto de creación prevé la planificación, zonificación y uso de la Reserva, además de proveer financiamiento y supervisar la implementación de los planes (Poder Ejecutivo de Córdoba, 1994). Argentina, en el año 1991, por medio de la Ley Nacional 23.919 ha ratificado la firma de la Convención de Ramsar, con lo que el compromiso internacional queda incorporado en nuestra legislación. Según el artículo 43 de la Constitución Nacional, los Tratados Internacionales, luego de ser ratificados por el Congreso Nacional, tienen jerarquía constitucional y están por encima de todas las leyes, nacionales o provinciales y solamente por debajo de la Constitución Nacional. Esto implica que en el caso de la Convención de Ramsar, cada Parte Contratante (país signatario) deberá elaborar su planificación de tal forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la lista (Ramsar - Convention on Wetlands, 2002).

Considerando la enorme extensión del área de estudio, la escasez de caminos de acceso en buena parte de las costas y la amplia dispersión de los sitios de interés para este estudio, el uso de imágenes satelitales se presenta como una herramienta poderosa y práctica, de efectividad ya probada en casos semejantes, muy útil para alcanzar los objetivos perseguidos en este trabajo. Entre las ventajas de la observación espacial aplicables a este trabajo, podemos destacar la cobertura repetitiva y exhaustiva de la superficie terrestre por diferentes satélites de observación. La perspectiva panorámica, la observación a múltiples escalas y en distintas fechas, y la información en regiones no visibles del espectro electromagnético (Chuvieco, 2004) permiten considerar el recurso como la herramienta ideal para evaluar espacial y temporalmente la calidad y superficie de la masa boscosa y monitorear la aparición

de diferentes escenarios, en función de las frecuentes variaciones en el nivel de la laguna. Al mismo tiempo, la información se genera con la finalidad de integrarse a un sistema de información geográfica (SIG), herramienta muy útil para investigadores y autoridades que deban actuar en una planificación para el desarrollo regional.

Este trabajo pretende aportar información aplicable en la planificación estratégica, determinando cuales son los fragmentos de mayor valor para la conservación para dotarlos de un régimen de protección especial más allá del vigente en la actualidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo del presente estudio es evaluar la pérdida de bosques en un período de treinta años en el norte de la provincia de Córdoba, hacia el este de las sierras y, sobre esa base, realizar una propuesta para la conservación de fragmentos de bosque remanentes dentro de la Reserva Mar Chiquita que presenten mayor valor para la conservación, en el marco del Plan de Manejo de sitios Ramsar.

Objetivos específicos

1. Estimar la pérdida de superficie boscosa en el período 1976 – 2006 en el área nor-noreste de la provincia de Córdoba;
2. Detectar e identificar los fragmentos de bosque remanentes en el área de la Reserva que presenten mayor valor de conservación;
3. Elaborar un listado de prioridades y recomendaciones específicas para futuras áreas boscosas protegidas en la Reserva Mar Chiquita.

ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

Área de estudio

Características generales

El área de estudio se ubica al nor-noreste de la provincia de Córdoba y ocupa parte de los departamentos Tulumba, Río Seco, Río Primero y San Justo (Figura 1). En esta región, pueden distinguirse dos áreas fisiográficas bien definidas, morfológica y ecológicamente diferentes: la *llanura extra-serrana oriental* y la *cuenca cerrada de Mar Chiquita* (Sayago, 1969, Vázquez, 1979, Bucher et al., 2006).

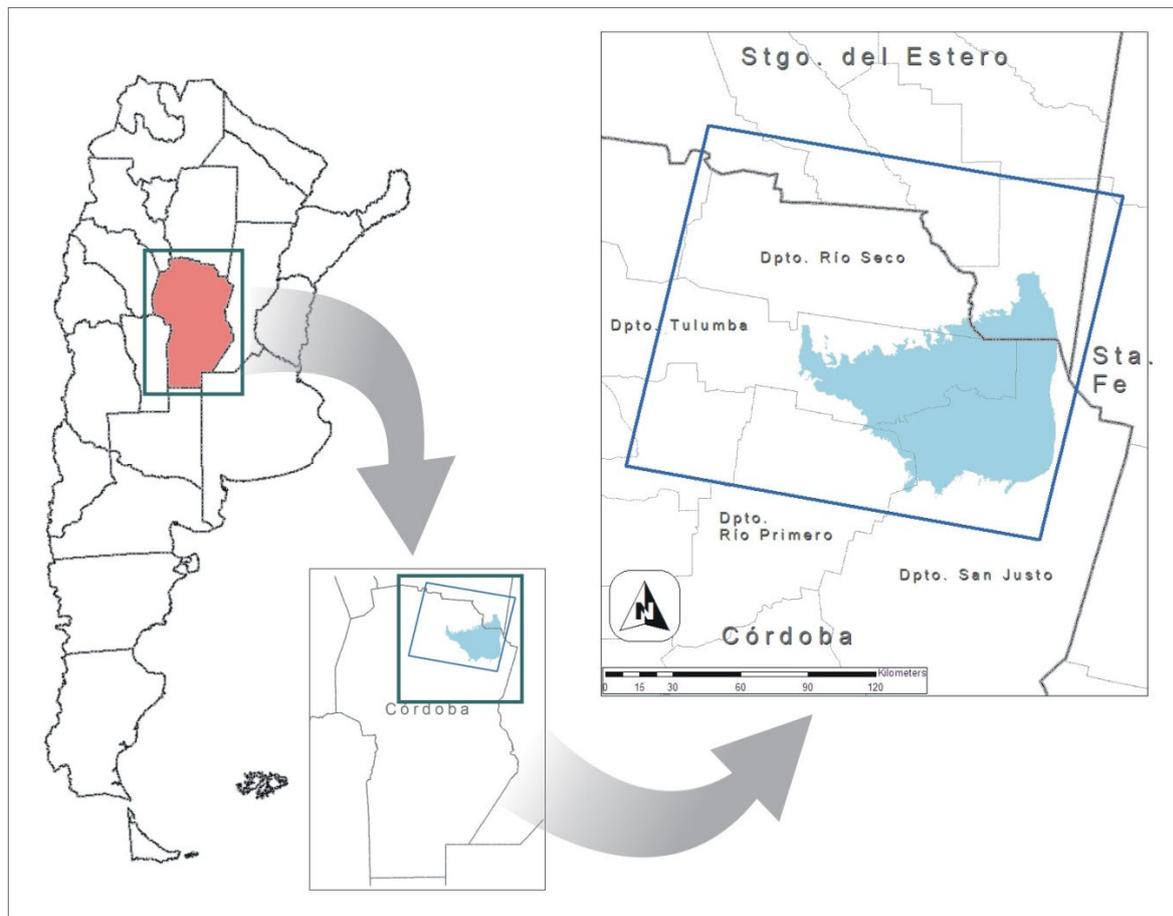


Fig. 1: Ubicación del área de estudio

La *llanura extra serrana* es una planicie de escasa pendiente, de 27 a 40 km de ancho, que se extiende entre el pie de la Sierra Norte de Córdoba y termina en el barranco que forma el límite occidental de la cuenca cerrada de Mar Chiquita. Su suelo es limo-arenoso, con elementos más gruesos hacia el oeste, con frecuentes áreas completamente arenosas, de extensión variable.

La *cuenca cerrada de Mar Chiquita*, en tanto, es una depresión de unos 100 km de ancho, limitada al oeste por la Barranca del Saladillo y al este por el Borde de los Altos, resalto topográfico de dirección norte-sur originado por la falla geológica Tostado-Selva-Melincué (Piovano et al., 2006). La laguna Mar Chiquita, ubicada en el sector más austral de una extensa cuenca, ocupa la parte más baja de la depresión. Desde allí, el terreno se eleva suavemente hacia el norte, hasta perderse en las llanuras de Santiago del Estero.

En la parte norte de la laguna, que corresponde al valle de inundación del río Dulce, el suelo es franco-salino, particularmente en áreas bajas, donde aparecen eflorescencias salinas, a veces de gran extensión, sobre todo cuando escasean las lluvias (Sayago, 1969). Al este del Borde de los Altos hay suelos de buena calidad que soportan una importante actividad agrícola-ganadera. La costa sur de la laguna es deprimida e inundable, excepto entre Miramar y La Para, donde el terreno es más elevado, con áreas medanosas generadas en períodos secos de la laguna. Hacia el sur, las áreas de buena aptitud agrícola alternan con suelos de inferior calidad generados por la impronta de antiguos cauces del río Primero. Una situación similar se observa en la costa oeste, aunque las áreas con eflorescencias salinas son más comunes que en la parte sur (Bucher et al., 2006).

El sistema de la laguna Mar Chiquita está integrado por las cuencas de los ríos Primero (Suquía), Segundo (Xanaes) y Salí-Dulce. Las cuencas de los ríos Primero y Segundo abarcan los sectores sur y sur-oeste del sistema y tienen sus cabeceras en las Sierras Pampeanas de Córdoba.

Las nacientes de algunos afluentes del río Salí-Dulce, por su parte, se encuentran en las Sierras Calchaquías y los Nevados del Aconquija, a 5500 msnm, mientras que otro sector de la cuenca se alimenta de una serie de cursos de agua generados en la llanura. Este sistema, antes de desaguar en la laguna Mar Chiquita, origina una vasta planicie de inundación ocupada por extensos pastizales que se inundan anualmente (Piovano et al., 2006).

Clima

El clima de la región es subtropical semiárido monzónico. Presenta temperaturas templadas a cálidas, con lluvias relativamente escasas y concentradas en la primavera y el verano (octubre a marzo). La temperatura máxima media es de 24°C (enero) y la mínima media es de 7°C (julio). El período de heladas se extiende entre mayo y septiembre. Los valores que componen el climograma de Mar Chiquita (Figura 2) son un promedio para el área de la laguna, ya que existe un gradiente decreciente de temperaturas de dirección norte-sur y de precipitaciones de dirección este-oeste. Por ser una región llana, los vientos son significativos. Predominan los

vientos de los cuadrantes este-noreste y este-sudeste en verano, en tanto que durante el invierno, dominan los del sur y el sur-oeste (Bucher et al., 2006).

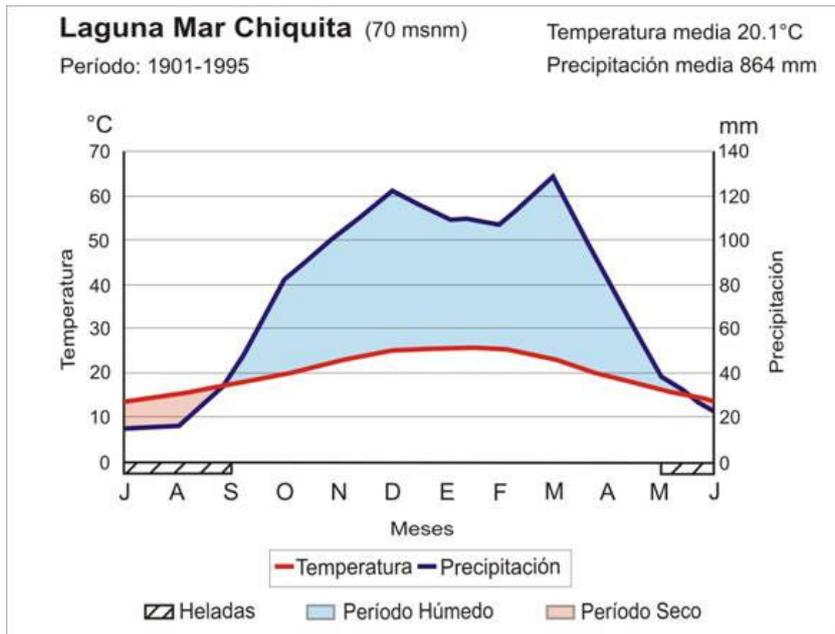


Fig. 2: Climograma de la laguna Mar Chiquita. Las temperaturas se indican en línea roja y las lluvias en línea azul. El área roja indica un período con déficit hídrico mientras que la azul corresponde a meses con exceso hídrico. El período de heladas se indica mediante el área rayada, sobre el borde inferior del diagrama. Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change, Naciones Unidas (<http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>)

Vegetación

El norte de Córdoba pertenece a la provincia fitogeográfica del Chaco (Cabrera, 1976). Salvo en sitios donde las características edáficas no lo permiten, la vegetación original de la zona estaba dominada por bosques de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) y quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*), este último más abundante hacia el norte, a medida que nos acercamos a la provincia de Santiago del Estero. El estrato arbóreo inferior está representado por algarrobo (*Prosopis sp*), espinillo (*Acacia caven*), barba de tigre (*Prosopis kuntzei*), chañar (*Geoffroea decorticans*), mistol (*Zizyphus mistol*) y brea (*Cercidium australe*) (Sayago, 1969).

La transición de la vegetación desde la periferia hacia la depresión de Mar Chiquita presenta un gradiente influido por el relieve y la hidrología del suelo. Esta transición varía según el área considerada, creando asociaciones propias. Así, la planicie oeste está dominada por un matorral bajo de especies halófitas, con árboles de 4 a 6 m de altura, sobre un estrato herbáceo. Predominan los jumes (*Allenrolfea spp.*), tusca (*Acacia aroma*), chañar (*Geoffroea*

decorticans), pata (*Grabowskia duplicata*), carne gorda (*Maytenus vitis-idaea*) y mastuerzo (*Prosopis strombulifera*). En algunos sectores, son frecuentes los bosques con palmeras de campo (*Trithrinax campestris*). El cardón ucle (*Cereus validus*) y el quimilo (*Opuntia quimilo*) aparecen en áreas de suelos elevados, no expuestos a inundaciones y con eflorescencias salinas (Menghi, 2006).

El este de la laguna muestra una transición más brusca, debido al resalto topográfico por la falla que produce el Borde de los Altos. Es un bosque chaqueño menos xerófilo y más arbolado, debido a la combinación de un suelo menos salino y mayor pluviosidad. Aparecen las palmeras de campo (*Trithrinax campestris*), ñandubay (*Prosopis Algarrobilla*), cardón ucle (*C. validus*), quimilo (*O. quimilo*) y varias especies del género *Acacia* que se conocen en conjunto como “churquis”. El sotobosque es denso y el suelo está cubierto por gramíneas y herbáceas (Menghi, 2006).

El área al sur de Mar Chiquita, originalmente cubierta por bosques dominados por quebracho blanco (*A. quebracho-blanco*) y algarrobos (*Prosopis spp.*) en las áreas altas y por vegetación halófila en áreas bajas, presenta en la actualidad un elevado grado de fragmentación. Cercanos a las desembocaduras de los ríos Primero y Segundo hay bosques de tala (*Celtis spinosa*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*) y lecherón (*Sapium haemospermum*). En las riberas de los ríos, es común la presencia del tamarisco (*Tamarix gallica*), especie introducida (Menghi, 2006).

Métodos

1) Cambios en la superficie boscosa en el periodo 1976-2006

Recursos utilizados

Se compararon las superficies ocupadas por las cubiertas vegetales al inicio y al final del período 1976-2006 en imágenes satelitales de la serie de satélites LANDSAT disponibles, provistas por CONAE¹ e INPE².

Se utilizaron una imagen LANDSAT 2 del 18 de noviembre de 1976 (INPE, 1976) y dos imágenes LANDSAT 5 adquiridas el 22 de octubre de 2006 (CONAE, 2006b) y el 15 de octubre de 2006 (CONAE, 2006a). Las fechas fueron seleccionadas dentro del período de primavera, considerando que en esa época el contraste entre las distintas cubiertas vegetales es muy marcado y permite una clasificación más precisa.

¹ CONAE: Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina

² INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Ministerio de Ciencia y Tecnología Brasil

Las imágenes producidas por CONAE fueron cedidas por el CREAM en virtud del convenio establecido entre dicho centro de investigación y el Centro de Zoología Aplicada. La imagen LANDSAT 2 se consiguió a través del catálogo *on line* a través del cual INPE distribuye sus imágenes satelitales.

Las tres escenas fueron georeferenciadas a partir de puntos de control en común entre las imágenes a corregir geoméricamente e imágenes de referencia, obtenidas a través del sitio WEB de la University of Maryland. Para lograr el ajuste de la imagen, se tuvieron en cuenta los tres aspectos básicos en la selección de los puntos de control: cantidad, localización y distribución. La precisión de la localización de los puntos de control fue algo menor en la imagen de 1976, debido a la diferencia de resolución básica del sistema en esa época (pixel de 80 x 80 m) con relación a la de las imágenes LANDSAT 5 (pixel de 30 x 30 m). No obstante, se considera que el error es despreciable para el tipo de trabajo desarrollado en esta tesis.

La interpretación visual y el procesamiento digital de las imágenes satelitales se realizó con el empleo del software Erdas Imagine 8.7 (Leica Geosystems GIS & Mapping LLC., 2003), mientras que la información generada como capas temáticas se integró en un Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante el programa ArcView GIS 3.2 (Environmental Systems Research Institute Inc., 1999).

El análisis de las relaciones espaciales entre fragmentos de bosque, para cuantificar la estructura del paisaje, se realizó mediante el módulo Patch Analyst (grid) 3.0 (Rempel, 1999) que se adiciona al programa ArcView GIS 3.2 y facilita el análisis espacial de los fragmentos de paisaje y el modelado de los atributos asociados a los fragmentos³.

Determinación de las áreas para análisis

El área a analizar se determinó a partir de la intersección de las tres escenas seleccionadas. La imagen de 1976 proveyó los límites este y oeste, la escena 228-081 el límite sur y la imagen 229-081 el límite norte. El área delimitada, que tiene una superficie aproximada de 2.800.000 ha, presenta una elevada heterogeneidad en cuanto a topografía y paisajes, por lo que fue necesario dividirla en subzonas y realizar el procesamiento digital dentro de cada una de ellas, para reducir la cantidad de información a procesar y evitar la asignación errónea de coberturas diferentes a una misma clase.

Las subzonas fueron tres y se definieron en base a interpretación visual de las imágenes de las diferentes épocas seleccionadas, utilizándose como orientación las curvas de nivel de

³ Existen dos versiones de Patch Analyst, una para *poligonos* y otra para *grid*, que es la que se usó en este trabajo. La misma está basada en el programa Fragstats de Análisis de Patrones Espaciales (MacGarigal, K. & Marks, B. J., 1995). FRAGSTATS: *Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*.

80 msnm y 500 msnm para dibujar los límites de las áreas de laguna y bañados por un lado, y las primeras estribaciones de las sierras por el otro. La red de rutas y caminos vecinales del Instituto Geográfico Militar (IGM-SIG 250: Cartas 2963-III, 2963-IV, 3163-I y 3163-II) sirvió como apoyo para hacer coincidir los límites, siempre que fue posible, con rutas o caminos vecinales.

Las subzonas resultantes se denominaron Oeste, Sur y Este y cuentan con 854.434, 206.792 y 265.259 ha respectivamente para conformar un total analizado de 1.326.425 ha (Figura 3).

Complementariamente a los trabajos de gabinete, se efectuaron trabajos de campo, realizándose observaciones y mediciones *in-situ*.

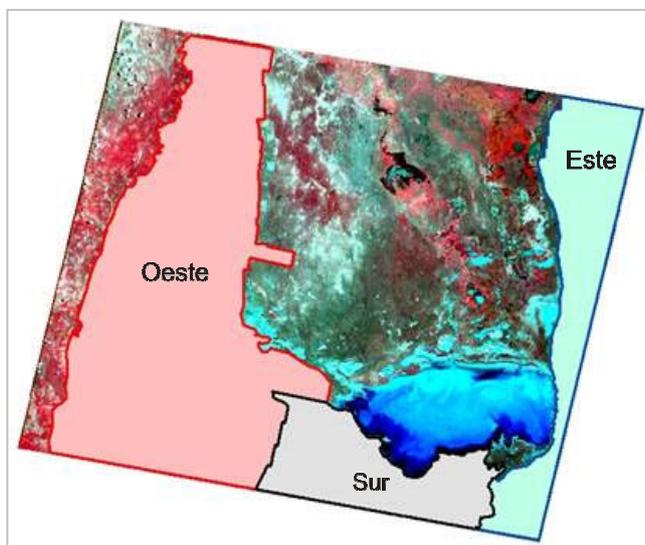


Fig. 3 Subzonas sobre imagen LANDSAT de 1976.

Determinación y análisis de los tipos de cobertura boscosa

La información contenida en las imágenes satelitales dentro de cada una de las subzonas se clasificó digitalmente. Este proceso implica categorizar una imagen multibanda, lo que en términos estadísticos supone transformar la escala de medida de una variable continua, representada por los Niveles Digitales (ND) detectados originalmente por el sensor del satélite, a una escala de categorías (clases de cobertura que representan distintos tipos de vegetación). Los métodos de clasificación aquí utilizados fueron del tipo mixto, combinando las bondades de los métodos *supervisado* y *no supervisado* (Chuvienco, 2004).

Para ir logrando sucesivas aproximaciones, el análisis se inició con una clasificación no supervisada (clasificación digital automática) que definió coberturas en 50 clases. Esta etapa, de carácter exploratorio, permitió utilizar las distintas categorías generadas como base para definir áreas de interés (AOI).

Cada una de esas áreas es una muestra de las diferentes coberturas y el valor de radiancia que presentan es el promedio de la radiancia de los píxeles que la componen. Esta combinación particular de radiancias, en cada una de las bandas de la imagen satelital, constituyen la “firma espectral” de la cubierta.

Además de utilizar la clasificación no supervisada, la selección de sitios representativos se efectuó sobre la base del conocimiento previo de la vegetación de la región. Esta se obtuvo a partir de la bibliografía existente (Kanter, 1935, Sayago, 1969, Cabido & Zak, 1999) y de datos propios, obtenidos mediante interpretación visual de las imágenes satelitales a través de su análisis en falso color compuesto (en este caso se empleó el derivado de las bandas 4-3-2).

Este método de clasificación mixta se aplicó a cada subzona, tanto en la imagen de 1976 como en las dos imágenes de 2006. Se eliminaron los polígonos resultantes de superficie menor a 0.5 ha por considerarse demasiado cercanos al límite de resolución, además de conformar áreas cuya extensión escapa al propósito de este trabajo. Se calculó finalmente la superficie ocupada por cada clase y se realizó el balance entre las situaciones inicial y final.

Coberturas

Para el presente trabajo, se seleccionaron dos de las distintas coberturas presentes en el área de estudio, que se denominaron *bosque alto* y *bosque bajo*. Se define aquí como *bosque alto* al que está representado por un bosque más o menos abierto, con tres estratos principales bien definidos y una cobertura global casi siempre cercana al 100 %. El estrato arbóreo está dominado por emergentes de hasta 15 m de altura, el estrato arbustivo, de 1 m a 3 m de altura, tiene una cobertura variable entre el 40 % y el 80 %, mientras que el estrato herbáceo está dominado por gramíneas C₄ y su grado de cobertura está relacionado con la carga ganadera y con la cobertura de los estratos leñosos (Cabido & Zak, 1999). La composición florística es coincidente con la descrita dentro de las características del área de estudio (Figura 4).



Fig. 4: *Bosque alto*. Se observa la elevada cobertura de los estratos arbóreo y arbustivo

El *bosque bajo*, en tanto, tiene la fisonomía de un bosque más abierto. En ocasiones se encuentra reducido a un matorral cerrado o semi-cerrado. El estrato arbóreo ha sido reducido a escasos emergentes aislados de no más de 10 m de altura que, en algunas ocasiones, forman pequeñas agrupaciones, no superando en general una cobertura del 15 %. Predomina en este caso el estrato arbustivo de entre 1 m y 3 m de altura, con numerosas especies espinosas que en ocasiones impiden el tránsito de animales y el hombre. El estrato herbáceo tiene una composición similar a la del *bosque alto*, pero con una menor cobertura (Cabido & Zak, 1999), siendo frecuentes las áreas con suelo desnudo (Figuras 5 y 6).



Fig. 5: *Bosque bajo* con estrato arbustivo denso y escasos árboles emergentes aislados.



Fig. 6: Variante de *Bosque bajo* con áreas de suelo desnudo y presencia de cactáceas y emergentes aislados

Determinación de valores de radiancia

En función de su accesibilidad, se seleccionaron tres sitios representativos de cada una de las dos clases de bosque elegidas, realizándose mediciones de cobertura en el terreno. En cada sitio se realizó un transecta de 40 m, con mediciones a intervalos de 10 m. En cada punto de medición se estimó la cobertura de los estratos arbustivo y herbáceo y se midió la cobertura del dosel mediante un densiómetro esférico (Bullock, 1996).

Las firmas espectrales obtenidas en cada una de estas áreas de interés fueron utilizadas en el proceso de clasificación supervisada en el que, a partir de las muestras, se caracterizó cada clase en cada banda. Los pixeles de las imágenes a clasificar se asignaron a una de esas categorías, en función de la similitud estadística de sus ND con los ND de los pixeles de referencia.

Tasa de deforestación

La tasa de deforestación para el periodo 1976-2006 se calculó mediante la fórmula sugerida por Puyravaud (2003):

$$r = \frac{1}{(t^2 - t^1)} * \ln \frac{A^2}{A^1}$$

Donde

t^1 : Año de inicio del período

t^2 : Año final del período

A^2 : Superficie de bosque al final del período

A^1 : Superficie de bosque al inicio del período

Esta formula es equivalente a la usada para cálculos financieros de interés compuesto y es más intuitiva que las formulas usadas tradicionalmente para medir el cambio en la cobertura boscosa debido a que es un indicador de la magnitud del proceso de deforestación anual que permite que los resultados de distintos estudios sean comparables.

2) Identificación de los fragmentos de bosque remanentes en el área de la Reserva Mar Chiquita

Recursos utilizados

Para este fin se usaron las imágenes correspondientes a octubre de 2006 procesadas según la técnica descrita para el objetivo 1.

Determinación de las áreas para análisis

Los límites de la Reserva Mar Chiquita se superpusieron a las tres subzonas generadas para el primer objetivo del trabajo. De la intersección surgieron nuevas subregiones dentro de la Reserva denominadas Oeste, Sur y Este (Figura 7).

El límite de la Reserva Mar Chiquita corresponde solamente en parte a lo establecido en el decreto de creación correspondiente (Poder Ejecutivo de Córdoba, 1994) debido a que en algunos sectores de la parte sur y este, el mismo está definido por la curva de nivel de 72.5 msnm y no fue posible contar con cartografía precisa que permitiera su ubicación sobre las imágenes satelitales. Ante esta dificultad se utilizó parte del trazado de la ruta provincial N° 17 desde su intersección con el río Primero al oeste, hasta unos 2.5 km al este de la localidad de La Paquita, desde donde se dirige hacia el norte por caminos vecinales claramente identificables en las imágenes satelitales. En la figura 8 se observa la diferencia entre el trazado original de la Reserva Mar Chiquita y el límite definido durante el presente trabajo.

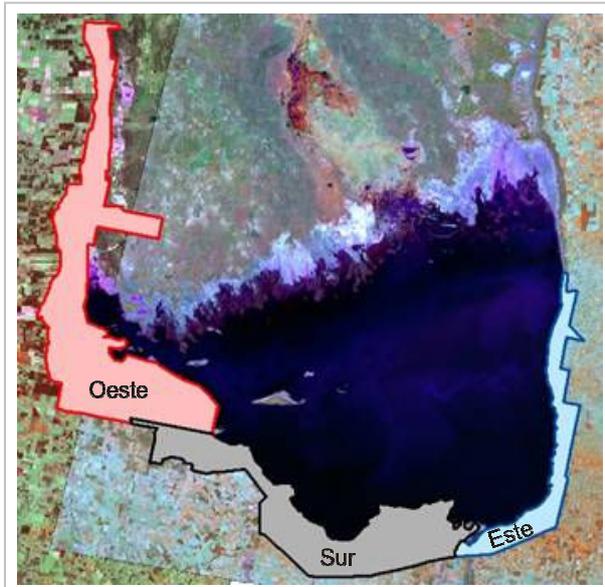


Fig. 7: Subregiones dentro de la Reserva Mar Chiquita (imágenes LANDSAT 5 de Octubre de 2006).

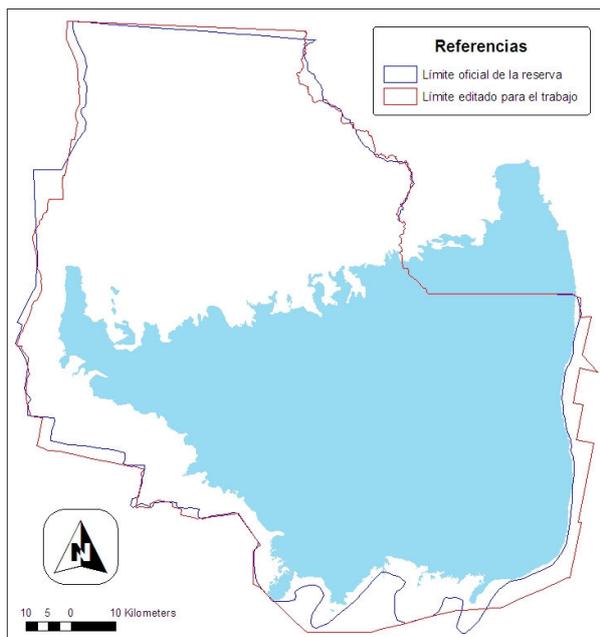


Fig. 8: Diferencia entre el trazado original de la Reserva Mar Chiquita y el límite definido durante el presente trabajo

Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, se siguió el mismo procedimiento general de análisis desarrollado inicialmente para toda la región. Una vez que se identificaron las clases *bosque alto* y *bosque bajo* se elaboró un mapa de cada subregión en la que se incluyeron los fragmentos con una superficie mayor o igual a 400 ha para la subregión Oeste, y mayores o

iguales a 100 ha para las subregiones Sur y Este. Esta diferencia de criterios se basó en el tamaño medio de los fragmentos remanentes en cada subregión.

Análisis del paisaje

Para analizar las relaciones espaciales entre fragmentos y cuantificar la estructura del paisaje, los archivos vectoriales fueron transformados de formato (formato *grid*⁴) para ser procesados mediante el módulo *Patch Analyst (grid)* del programa ArcView GIS 3.2 (Rempel, 1999). Se seleccionaron los parámetros de interpretación más simple e intuitiva y de mayor implicancia ecológica, considerando que este trabajo es una primera aproximación:

- **Número de fragmentos (NumP):** total de fragmentos por clase analizada.
- **Tamaño medio de fragmentos (MPS):** promedio de la superficie de los fragmentos.
- **Distancia media al vecino más cercano (MNN):** grado de aislamiento de los fragmentos. Es la media de la distancia mas corta entre fragmentos.
- **Índice de diversidad de Shannon (SDI):** mide la diversidad relativa de fragmentos. Se aplica a nivel de paisaje (MacGarigal & Marks, 1995).

3) Determinación de prioridades y recomendaciones

La prioridad para conservación de los fragmentos identificados permitió ordenarlos de acuerdo con los siguientes criterios: 1) clase representada: prioridad a la categoría *bosque alto*, y 2) superficie: prioridad a los de área mayor.

⁴ Al momento de transformar los archivos *shape* al formato *grid* se eligió un tamaño de grilla de 100 m para lograr una reducción de la cantidad de datos a procesar, debido a que el módulo *Patch Analyst*, basado en el *software Fragstats*, está limitado por el tamaño de los archivos de datos *raster* de entrada.

RESULTADOS

1. Estimación de valores de radiancia para las coberturas seleccionadas

Los valores de radiancia absoluta que fueron usados para detectar los fragmentos y realizar el análisis digital de las imágenes, medidos en sitios representativos de cada cobertura seleccionada, se indican en la tabla 1.

Tabla 1: Valores promedio de radiancia absoluta medida en los sitios de muestra correspondientes a *bosque alto* y *bosque bajo*.

Banda	Bosque alto			Bosque bajo		
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
1	82.0491	86.2847	90.9307	91.3536	96.5066	103.1957
2	80.4940	85.6357	93.4128	95.4003	104.0937	111.3004
3	45.2211	48.7560	57.5541	61.0778	67.7388	75.1727
4	148.3994	156.6459	168.1234	161.5487	173.8358	197.2397
5	41.7773	46.0919	56.3558	60.2724	67.8567	77.6796
6	427.8764	432.5296	449.2168	447.0828	454.0046	460.9541
7	12.1292	13.8037	17.4542	19.0813	22.4446	26.7729

2. Mapas de ubicación de fragmentos

En cada subzona se calculó la superficie ocupada por las dos clases agrupadas y por cada clase de manera separada (Tabla 2).

La superficie ocupada por cada clase y el porcentaje que representa en relación al área total de cada subzona y para todas las subzonas agrupadas se muestra en la figura 9.

El agrupamiento de las clases generadas por el proceso de clasificación mixta de las imágenes satelitales de 1976 y 2006 dio como resultado mapas con la ubicación de los fragmentos de bosque asignados a las clases *bosque alto* y *bosque bajo* en cada una de las tres subzonas (Figuras 10, 11 y 12).

Tabla 2: Superficie ocupada por las clases *bosque alto*, *bosque bajo* y *bosque total* para cada una de las subzonas en 1976 y en 2006

Subzonas	Superficie boscosa en 1976 ha			Superficie boscosa en 2006 ha		
	B. alto	B. bajo	B. total	B. alto	B. bajo	B. total
Oeste	338.920	135.346	474.266	42.583	65.476	108.059
Sur	18.422	49.187	67.609	4.929	13.614	18.543
Este	9.504	19.987	29.491	2.388	7.788	10.176
Total	366.846	204.520	571.366	49.900	86.878	136.778

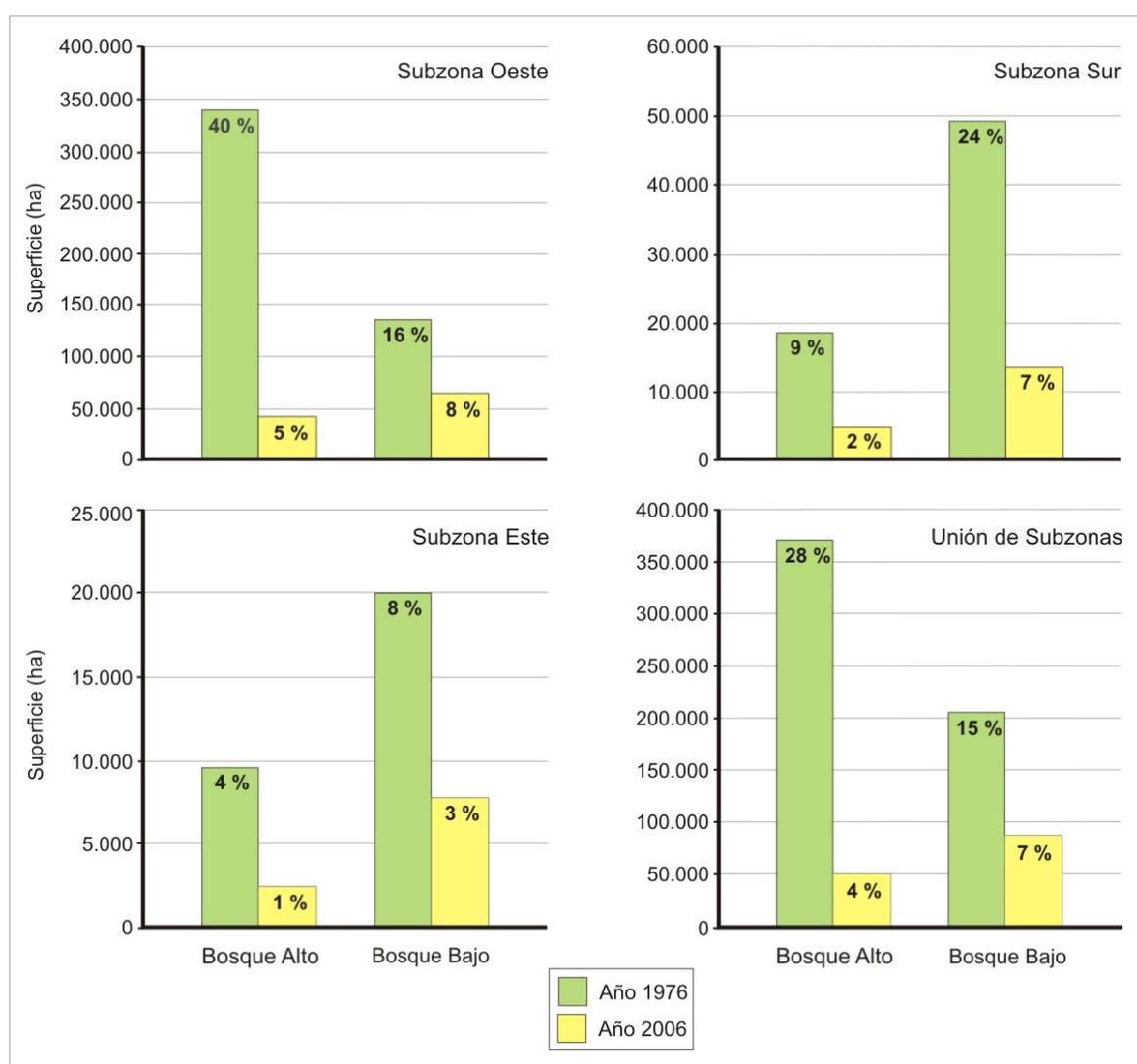


Fig. 9: Superficie (ha) y porcentaje de cada subzona ocupada por las clases *bosque alto* y *bosque bajo* en 1976 y 2006.

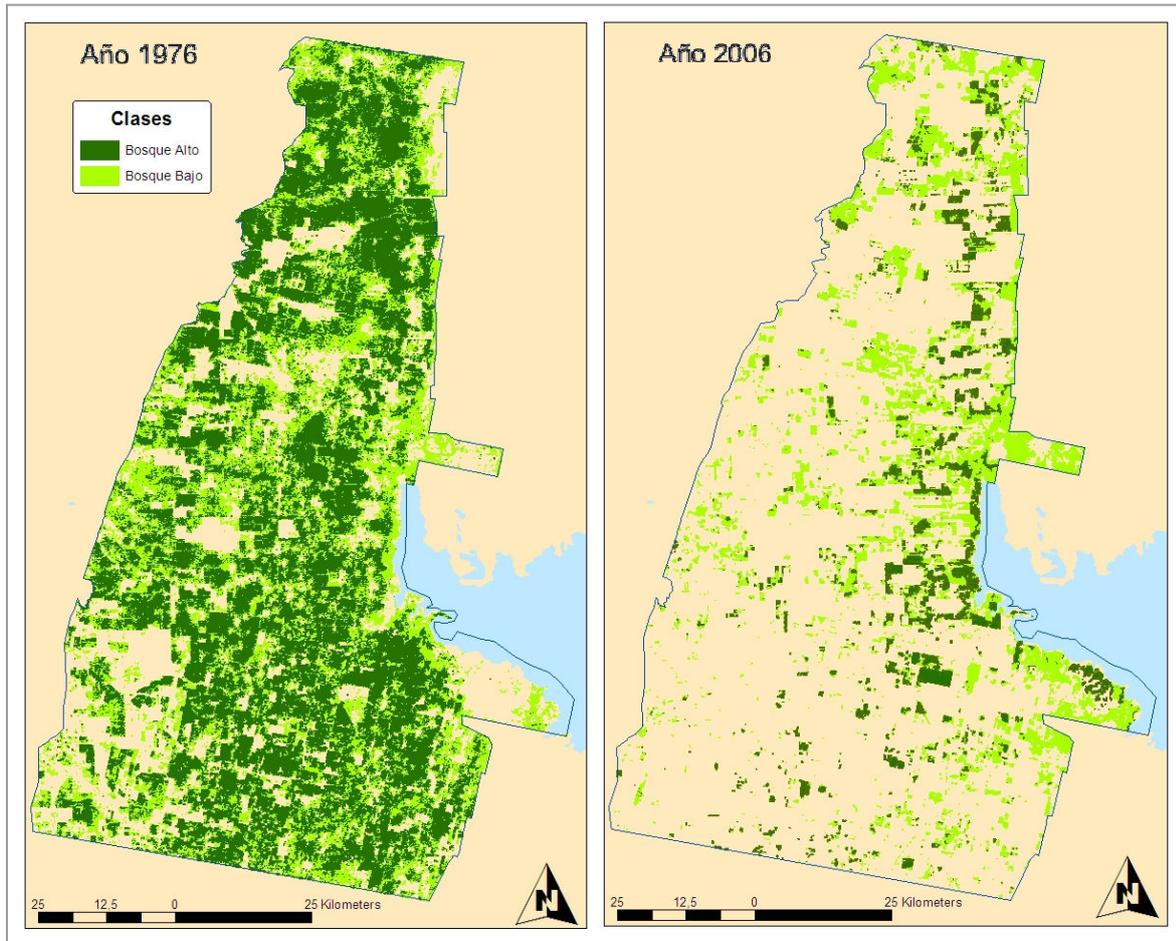


Fig. 10: Mapas de distribución de las clases *bosque alto* y *bosque bajo* de la subzona Oeste en los años 1976 y 2006.

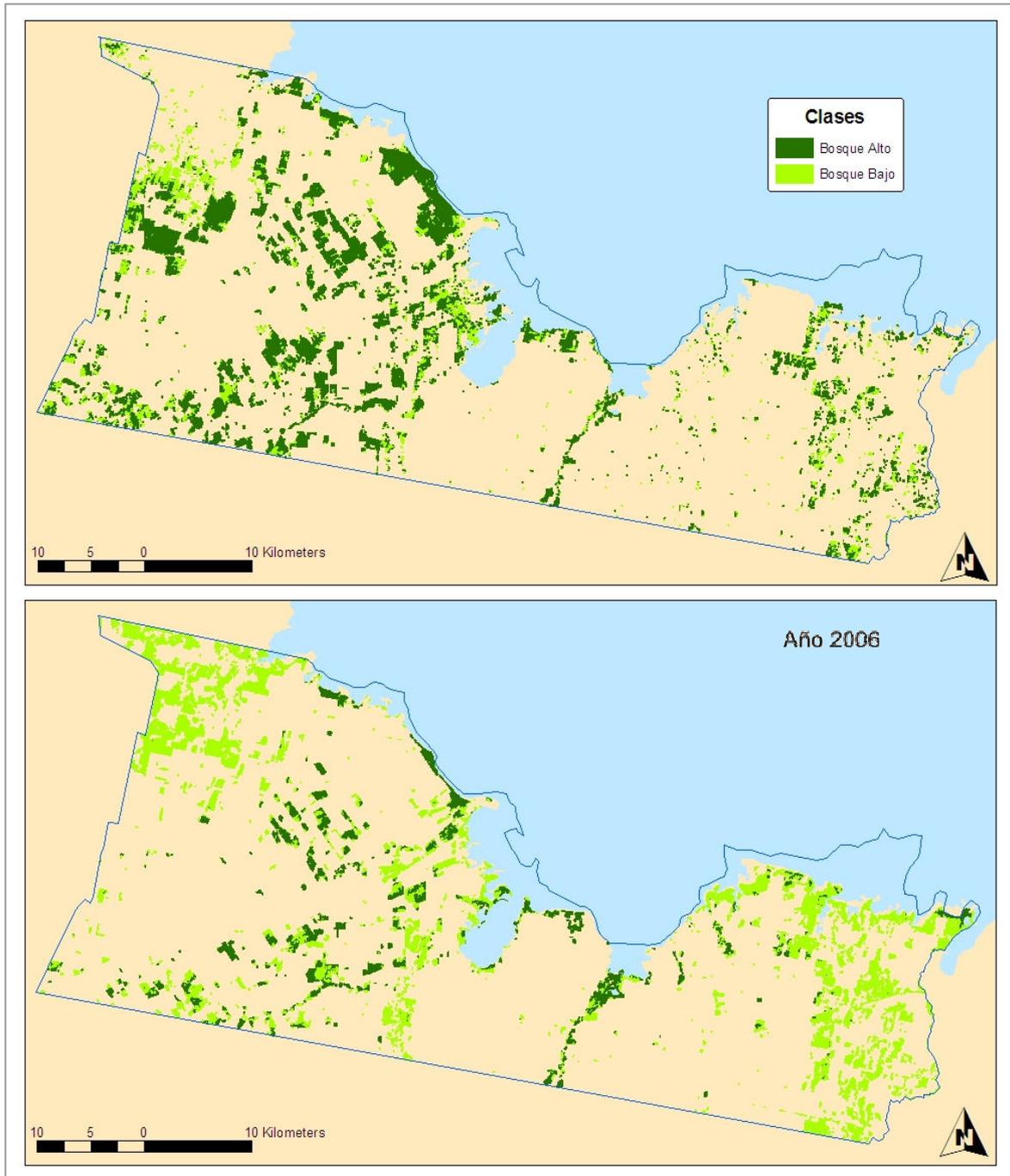


Fig. 11: Mapas de distribución de las clases *bosque alto* y *bosque bajo* de la subzona Sur en los años 1976 y 2006.



Fig. 12: Mapas de distribución de las clases *bosque alto* y *bosque bajo* de la subzona Este en los años 1976 y 2006.

3. Estimación de la tasa anual y nivel de deforestación actual para el periodo 1976-2006

Los valores de deforestación en el periodo analizado fueron relativamente similares para cada región, con un máximo en la subzona Oeste y un mínimo en la subzona Este (Tabla 3).

Los parámetros indicadores del grado de fragmentación actual en las distintas regiones (**NumP**: Número de fragmentos; **MPS**: Tamaño medio de fragmentos; **MNN**: Distancia media al vecino más cercano; **SDI**: Índice de diversidad de Shannon) se muestran en la tabla 4. Se advierte que la mayor cantidad de fragmentos se encuentra en la subzona Oeste, donde también se concentran los fragmentos de mayor superficie. En contraposición, los fragmentos de las subzonas Sur y Este son más escasos, más pequeños y más alejados entre sí. Los valores del Índice de Diversidad de Shannon son muy similares entre todas las subzonas.

Tabla 3: Tasa anual de deforestación por clase para cada subzona durante el período 1976 – 2006

Subzonas	Tasa de deforestación %		
	B. alto	B. bajo	B. total
Oeste	-6.91	-2.42	-4.93
Sur	-4.39	-4.28	-4.31
Este	-4.60	-3.14	-3.54
Total	-6.65	-2.85	-4.77

Tabla 4: Variaciones en los parámetros indicadores de fragmentación según subregiones.

Indicadores	Subregiones		
	Oeste	Sur	Este
NumP	2.379,00	1.478,00	491,00
MPS (ha)	17,52	7,02	7,22
MNN (m)	176,20	216,10	255,40
SDI	0,53	0,46	0,60

NumP: Número de fragmentos; **MPS**: Tamaño medio de fragmentos; **MNN**: Distancia media al vecino más cercano; **SDI**: Índice de diversidad de Shannon

4. Identificación y ordenamiento de los fragmentos en el área de la Reserva Mar Chiquita

La lista de fragmentos mayores a 400 ha dentro de la subzona Oeste y mayores a 100 ha ubicados en las subzonas Sur y Este fueron ordenados según los siguientes criterios: 1) clase

representada: prioridad a la categoría *bosque alto*, y 2) tamaño: prioridad a los de mayor superficie (Tabla 5).

Los mapas de ubicación actual de los fragmentos de bosque remanentes asociados a las categorías de *bosque alto* y *bosque bajo* dentro de la Reserva se indican en las figuras 13, 14 y 15.

Tabla 5: Clasificación de los fragmentos seleccionados por clase (BA: *bosque alto* y BB: *bosque bajo*) y superficie dentro de cada subregión de la Reserva Mar Chiquita en imágenes satelitales de 2006

Subzona	Clasificación	Clase	Superficie ha	Coordenadas centrales aproximadas
Oeste	O 1	BA	634,70	S 29° 50' 21'' W 63° 18' 51''
	O 2	BA	601,93	S 30° 25' 35'' W 63° 26' 29''
	O 3	BA	572,20	S 30° 14' 35'' W 63° 23' 59''
	O 4	BA	432,58	S 30° 02' 28'' W 63° 18' 56''
	O 5	BB	5599,78	S 30° 20' 56'' W 63° 22' 24''
	O 6	BB	3309,43	S 30° 37' 13'' W 63° 07' 59''
	O 7	BB	2409,36	S 30° 09' 32'' W 63° 19' 23''
	O 8	BB	1370,50	S 30° 34' 30'' W 63° 13' 31''
	O 9	BB	1148,30	S 29° 48' 51'' W 63° 17' 52''
	O 10	BB	980,38	S 29° 57' 03'' W 63° 18' 29''
	O 11	BB	954,04	S 30° 13' 22'' W 63° 12' 40''
	O 12	BB	889,74	S 30° 35' 35'' W 63° 22' 32''
	O 13	BB	820,98	S 30° 59' 59'' W 63° 05' 18''
	O 14	BB	590,10	S 30° 13' 35'' W 63° 17' 35''
	O 15	BB	578,60	S 30° 29' 24'' W 63° 23' 46''
	O 16	BB	575,04	S 30° 39' 01'' W 63° 12' 22''
Sur	S 1	BA	145,85	S 30° 43' 17'' W 63° 00' 57''
	S 2	BA	127,63	S 30° 46' 27'' W 62° 55' 19''
	S 3	BA	110,32	S 30° 48' 35'' W 62° 53' 48''
	S 4	BB	527,95	S 30° 54' 35'' W 62° 24' 43''
	S 5	BB	490,37	S 30° 57' 35'' W 62° 29' 06''
	S 6	BB	484,14	S 30° 53' 41'' W 62° 32' 45''
	S 7	BB	240,33	S 30° 43' 18'' W 63° 10' 45''
	S 8	BB	187,83	S 30° 42' 36'' W 63° 04' 45''
	S 9	BB	159,72	S 30° 45' 00'' W 63° 11' 03''
	S 10	BB	156,64	S 30° 40' 09'' W 63° 12' 43''
	S 11	BB	132,87	S 30° 55' 28'' W 62° 33' 55''
	S 12	BB	115,74	S 30° 42' 50'' W 63° 07' 36''
Este	E 1	BA	288,45	S 30° 39' 40'' W 62° 10' 48''
	E 2	BA	200,26	S 30° 24' 52'' W 62° 10' 22''
	E 3	BB	426,34	S 30° 52' 37'' W 62° 14' 27''
	E 4	BB	326,60	S 30° 38' 58'' W 62° 11' 51''
	E 5	BB	126,79	S 30° 24' 45'' W 62° 10' 44''
	E 6	BB	103,33	S 30° 50' 37'' W 62° 12' 21''

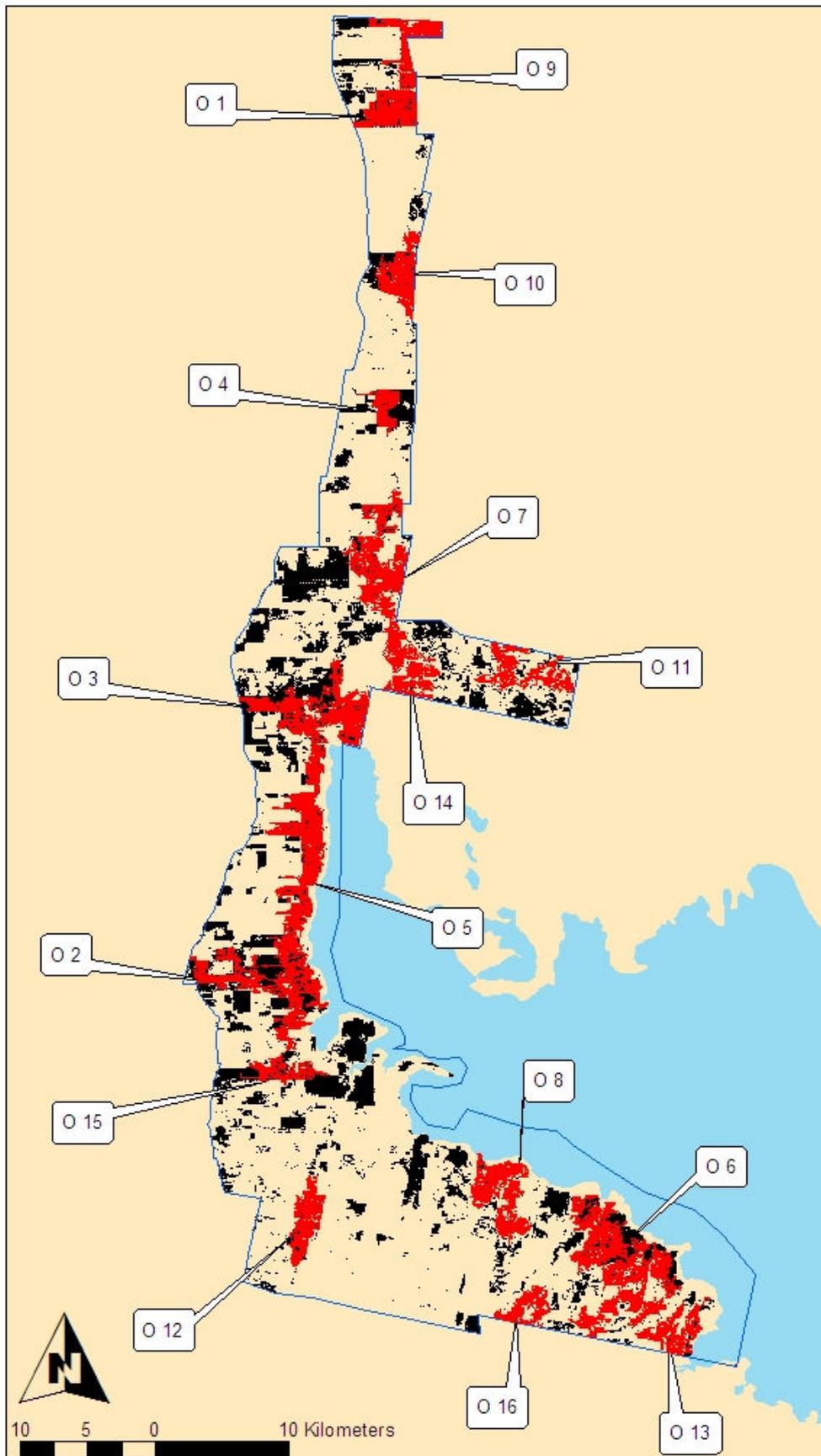


Fig. 13: Fragmentos seleccionados en la subregión Oeste de la Reserva Mar Chiquita utilizando la imagen satelital LANDSAT 5 (229-081) del 22 de octubre de 2006

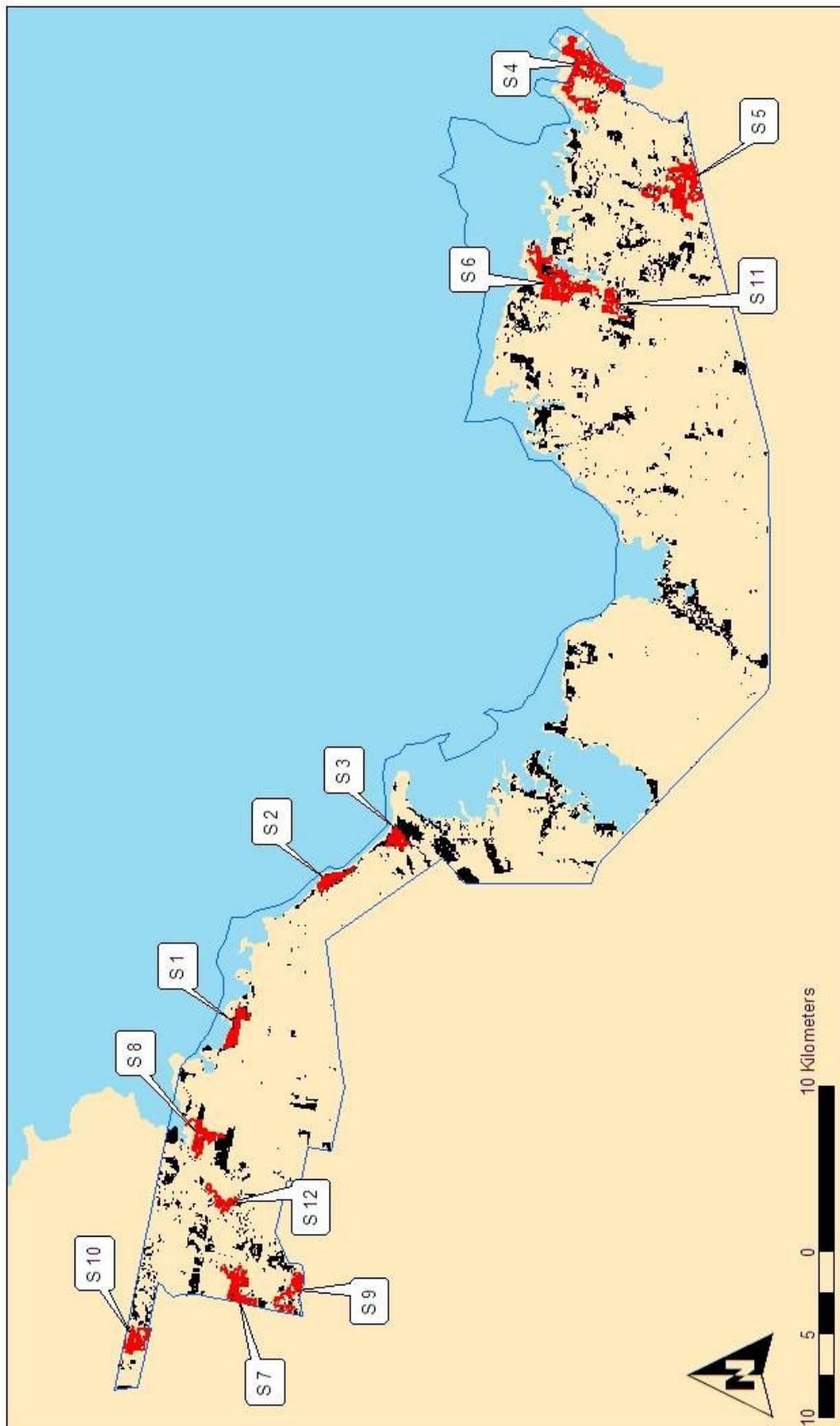


Fig. 14: Fragmentos seleccionados en la subregión Sur de la Reserva Mar Chiquita utilizando una imagen satelital LANDSAT 5 (228-081) del 15 de octubre de 2006

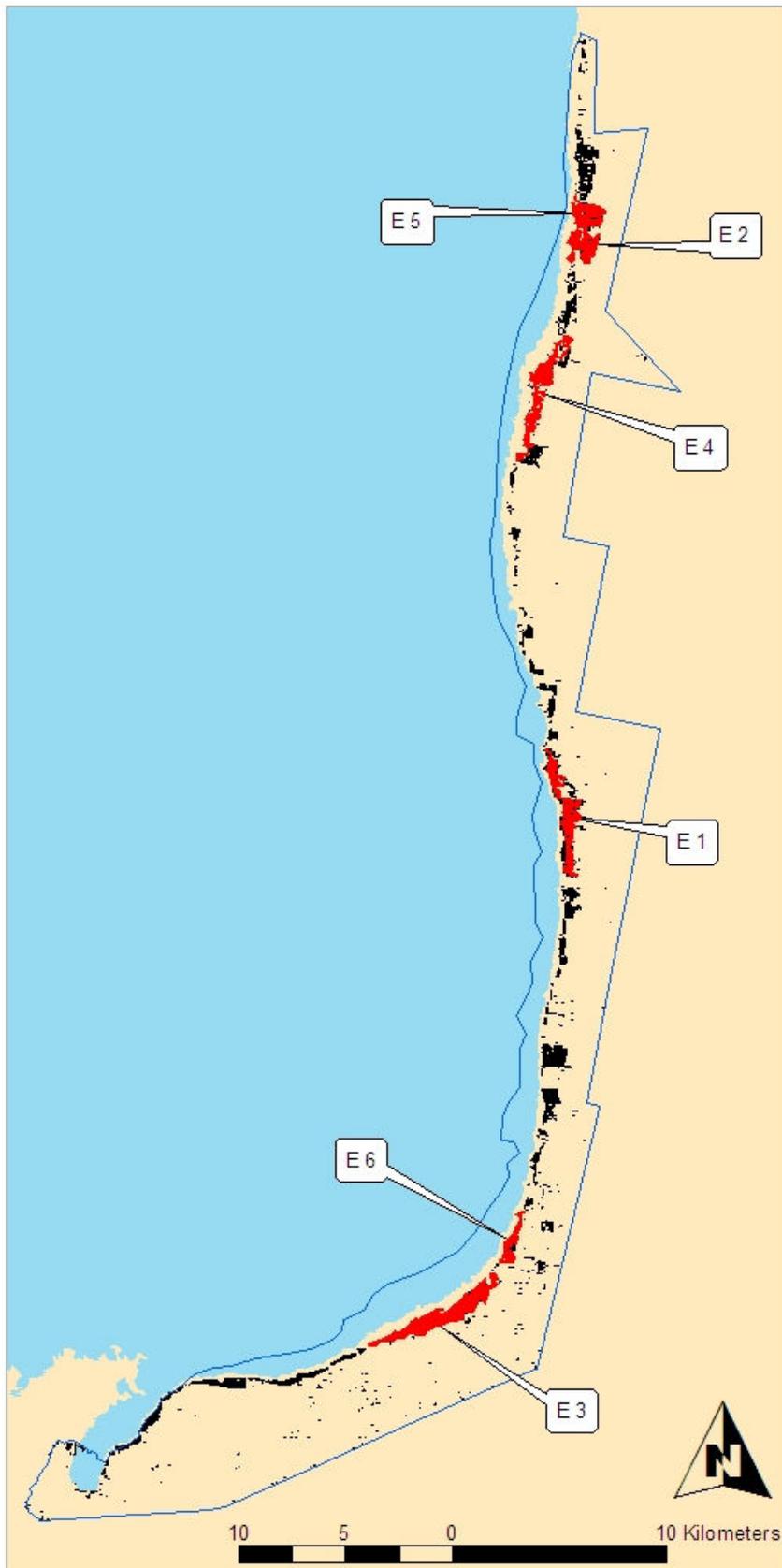


Fig. 15: Fragmentos seleccionados en la subregión Este de la Reserva Mar Chiquita utilizando una imagen satelital LANDSAT 5 (228-081) del 15 de octubre de 2006

DISCUSIÓN

El proceso de deforestación en el área de estudio

Los datos obtenidos en este análisis indican que la deforestación en el área de estudio ha sido muy intensa en el periodo analizado, particularmente en la subzona Oeste. Estos datos son coincidentes con el Monitoreo de Bosque Nativo de Argentina, llevado a cabo en nuestro país en 2007 (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2007), el que indicó que la provincia de Córdoba presentó la más alta tasa de deforestación del país durante el periodo 2002-2006 (- 2,52 %). Este valor, aunque elevado, es muy inferior al calculado para el presente estudio, que alcanzó un pico máximo de - 6,91 % en 20 años para el *bosque alto* de la subzona Oeste. Si bien las cifras no son directamente comparables, porque se trata de clases, superficies y periodos diferentes, hay coincidencia en que Córdoba está perdiendo de manera muy acelerada el escaso recurso forestal con el que todavía cuenta en la actualidad. Basta mencionar que la tasa promedio de deforestación a nivel mundial es de - 0,23 % para comprender la gravedad de este problema (Puyravaud, 2003).

Selección de fragmentos dentro de la Reserva Mar Chiquita

Si analizamos los fragmentos de *bosque alto* desde el punto de vista de la superficie mínima viable determinada para la conservación de aves en la región (400 ha) (Bucher et al., 2001), podemos considerar que sólo en la subregión Oeste de la Reserva existen cuatro fragmentos que superan esta superficie mínima. Lamentablemente, no quedan fragmentos que alcancen esta superficie en las otras dos subregiones. En la subregión Este, solamente dos fragmentos superan las 200 ha, mientras que en la subregión Sur la situación es todavía más crítica, debido a que apenas tres fragmentos de *bosque alto* están entre las 100 y las 200 ha. Debe considerarse que muchos de estos remanentes, que aparecen como un fragmento único en el análisis digital, presentan con seguridad algún grado de discontinuidad real en el terreno, representada ésta por caminos o alambrados, que no pueden apreciarse debido a limitaciones por la resolución de las imágenes utilizadas.

Alternativas de manejo dentro de la Reserva Mar Chiquita

La condición de Mar Chiquita como Reserva de Uso Múltiple desde 1994 implica claramente la necesidad y la importancia de hacer un uso racional de la biodiversidad que ella alberga. Lamentablemente, este objetivo no se ha cumplido hasta el presente. Entre otras falencias, nunca se implementó el Consejo Asesor de la Reserva, organismo de carácter consultivo y

honorario que sería el encargado de resumir, compatibilizar y elevar propuestas referidas a la planificación local, zonificación, uso público, permisiones, prohibiciones y financiación de proyectos, proponiendo los mecanismos mas idóneos para su ejecución (Poder Ejecutivo de Córdoba, 1994).

Desde el punto de vista internacional, Argentina, como Parte Contratante de la Convención de Ramsar, ha asumido el compromiso de elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales y a fomentar su uso racional (Ramsar - Convention on Wetlands, 2006). Al ser nuestro país signatario de dicha Convención (Poder Legislativo de la Nación Argentina, 1991), la conservación eficiente de Mar Chiquita se transforma en un compromiso internacional, de acuerdo con el artículo 75, inciso 22 de la Constitución Nacional (reforma de 1994).

Por lo expuesto en los párrafos anteriores, es fácil apreciar que tanto a nivel provincial como nacional, la planificación es una tarea pendiente en la Reserva Mar Chiquita. La ausencia de un Plan de Manejo también atenta contra el efectivo control de las actividades productivas en general y de la deforestación en particular.

Si bien las recomendaciones de este trabajo apuntan a proteger de manera especial fragmentos de bosque dentro del área de Reserva, no debe olvidarse que la planificación a nivel del sitio debiera ser un enfoque de la planificación del uso racional y manejo a muchas escalas y que debería relacionarse con la planificación a gran escala del paisaje y el medio ambiente incluyendo las cuencas hidrográficas, porque las decisiones normativas y de planificación a estas escalas afectan la conservación y el uso racional de los humedales. Es importante verificar que la planificación referida al sitio tenga en cuenta los factores naturales y provocados por el ser humano y su influencia en el sitio (Ramsar - Convention on Wetlands, 2004).

La realidad socioeconómica del área de estudio, en la que prácticamente la totalidad de la propiedad de la tierra está en manos privadas, torna necesario establecer un acuerdo global entre los distintos administradores, propietarios, ocupantes u otros interesados directos a través de un proceso de planificación del manejo que sirva como mecanismo para alcanzar un acuerdo (Ramsar - Convention on Wetlands, 2004). Los propietarios de los fragmentos seleccionados como candidatos para una protección especial debieran ser incluidos en el proceso de planificación como una manera de entender la importancia de su papel como poseedores de algo valioso, para el correcto funcionamiento de todo el sitio.

Importancia del *bosque bajo*

Los resultados de este trabajo indican no sólo una reducción de la superficie boscosa total sino también un reemplazo de *bosque alto* por *bosque bajo*. Por lo tanto, resulta muy importante otorgar adecuada atención a este tipo de cobertura, conocida localmente como “fachinal”, ya que tienen el potencial de hacer posible la restauración del bosque original (Atala et al., 2008).

CONCLUSIONES

- La deforestación en el área de estudio ha alcanzado en los últimos 30 años valores muy elevados. Estos superan el promedio nacional y se ubican entre los más altos del mundo. La superficie ocupada por los bosques remanentes es, sobre la base de datos de 2006, de solamente un 23,93 % de lo que se estima fue la cubierta existente en 1976, con solamente una persistencia del 13,60 % de la clase considerada como *bosque alto*.
- Quedan escasos fragmentos por encima de 400 ha de superficie, que es considerado el tamaño crítico para la conservación de aves, y solamente se encuentran en la subregión Oeste de la Reserva. Los fragmentos de más de 100 ha están muy poco representados en toda el área protegida.
- La creación de la Reserva Mar Chiquita no produjo beneficios apreciables en lo que hace a la tasa de deforestación del área protegida. Tampoco ha mejorado esta tendencia la designación del área protegida como sitio Ramsar.
- Al considerar la conservación del bosque chaqueño en la Reserva Mar Chiquita, debe prestarse especial atención a los fragmentos de *bosque bajo* o secundario remanentes, ya que ellos proveen una oportunidad importante para la restauración del bosque original.

RECOMENDACIONES

Los estudios sinópticos y sumamente eficientes que permiten los análisis de información satelital, posibilitan llegar a conclusiones que pueden ser tomadas como líneas rectoras de decisión a nivel político. Es este el propósito que ha animado la realización de la presente investigación. A continuación, se puntualizan algunas recomendaciones que, a nuestro juicio, merecen considerarse:

- Implementar a la brevedad medidas adicionales de protección de los remanentes de *bosque alto* en la Reserva Mar Chiquita, teniendo en cuenta que, de continuar la tasa actual de deforestación, la desaparición de los últimos fragmentos es inminente. Se sugiere la implementación de reservas privadas que sirvan como complemento del área protegida estatal ya existente donde se desarrollen actividades compatibles con la preservación de los recursos logrando un reconocimiento estatal que incentive estas iniciativas a través de la exención de impuestos.
- Extender estas medidas de preservación a los fragmentos de *bosque bajo* o secundario (fachinal) considerando su potencial de restauración.
- Activar todos los mecanismos institucionales de la Reserva Mar Chiquita y sitio Ramsar que permitan integrar esfuerzos para desarrollar e implementar un Plan de Manejo, incluyendo la creación del Consejo Asesor de la Reserva y la participación de las municipalidades ubicadas dentro de la región protegida o en las cercanías, para lograr la conservación del bosque nativo.
- Asegurar el efectivo cumplimiento de las leyes existentes en cuanto a la protección del recurso forestal y de las nuevas que puedan promulgarse, así como explorar todos los mecanismos alternativos de protección posibles.

BIBLIOGRAFÍA

- ATALA, D., BAUDO, F., ÁLVAREZ IGARZABAL, M. A., FERNÁNDEZ, F. & MEDINA, A. 2008. Proceso y programa de ordenamiento territorial de los bosques nativos de la provincia de Córdoba. Córdoba
- BIERREGAARD, R. O. J. & DALE, V. 1996. Islands in an ever-changing sea: The ecological and socioeconomic dynamics of amazonian rainforest fragments. pp. 187-204. *in* J. Schelhas and R. Greenberg, eds. Forest patches in tropical landscapes. Island Press, Washington D.C. - Covelo, California.
- BUCHER, E. H., COSTA GORRIZ, B. & LEYNAUD, G. C. 2001. Bird diversity and forest fragmentation in the semiarid espinal woodland of Córdoba, Argentina.
- BUCHER, E. H., GAVIER PIZARRO, G. & CURTO, E. D. 2006. Síntesis geográfica. pp. 15-27. *in* Bucher E.H., ed. Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina).
- BULLOCK, J. 1996. Plants. pp. 111-138. *in* W. J. Sutherland, ed. Ecological Census Techniques. Cambridge University Press.
- CABIDO, M. R. & ZAK, M. R. 1999. Vegetación del Norte de Córdoba. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables de Córdoba. Córdoba.
- CABRERA, A. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. pp. 85. *in* ACME, ed. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2da Ed. Tomo II, Buenos Aires.
- CHUVIECO, E. 2004. Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia. Barcelona, España.
- CONAE. 2006a. Imagen satelital multibanda formato digital (path: 228 row: 081) del 15 de octubre de 2006, producción: 29 de agosto de 2007. Estación receptora Falda del Carmen, Córdoba, Argentina.
- CONAE. 2006b. Imagen satelital multibanda formato digital (path: 229 row: 081) del 22 de octubre de 2006, producción: 29 de agosto de 2007. Estación receptora Falda del Carmen, Córdoba, Argentina.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE INC., 1999. ArcView GIS 3.2.
- FAO. 2004. Informe sobre el resultado del XII Congreso Forestal Mundial. Costa Rica
- INPE. 1976. Imagen satelital multibanda formato digital (path: 245 row: 081) del 18 de noviembre de 1976. São José dos Campos – SP, Brasil.

- KANTER, H. 1935. La cuenca cerrada de la Mar Chiquita en el norte de la Argentina. pp. 285-322. *in* Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Córdoba.
- LEICA GEOSYSTEMS GIS & MAPPING LLC., 2003. Erdas Imagine 8.7.
- MACGARIGAL, K. & MARKS, B. J., 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Versión 3.3 Build 5.
- MENGHI, M. 2006. Vegetación. pp. 173-189. *in* Bucher E.H., ed. Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina).
- PIOVANO, E. L., ZANOR, G. A. & ARISTEGUI, D. 2006. Marco geológico general. pp. 29-35. *in* Bucher E.H., ed. Bañados del río Dulce y laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina).
- PODER EJECUTIVO DE CÓRDOBA, 1983. Ley de Áreas Naturales. Ley N°: 6964/83
- PODER EJECUTIVO DE CÓRDOBA, 1994. Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita. Decreto N°: 3215
- PODER LEGISLATIVO DE LA NACIÓN ARGENTINA, 1991. Aprobación de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ley N° 23.919
- PODER LEGISLATIVO DE LA NACIÓN ARGENTINA, 2007. Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos. Ley N°: 26.331
- PUYRAVAUD, J. P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*. 593-596.
- RAMSAR - CONVENTION ON WETLANDS. 2002. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar.
- RAMSAR - CONVENTION ON WETLANDS. 2004. Managing wetlands. Hanbook 8.
- RAMSAR - CONVENTION ON WETLANDS. 2006. Manual de la Convención de Ramsar, 4a Edición.
- REMPEL, R., 1999. Patch Analyst (grid) 3.0.
- SAUNDERS, D. A., ARNOLD, G. W., BURBIDGE, A. A. & HOPKINS, J. M. 1987. The role of remnants of native vegetation in nature conservancy: future directions. pp. 387-392. *in* D. A. Saunders, G. W. Arnold, A. A. Burbidge, and J. M. Hopkins, eds. Nature conservation: the role of remnants of native vegetation. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, Australia.

SAYAGO, M. 1969. Estudio fitogeográfico del norte de Córdoba. pp. 123-427. *in* Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba., Córdoba.

SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE, 2007. Monitoreo de Bosque Nativo - Período 1998-2002 - Período 2002-2006 (Datos Preliminares). Provincias Chaco, Formosa, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe. Dirección de Bosques. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal

VÁZQUEZ, J. B., MIATELLO, R.A. & ROQUÉ, M.E., ed. 1979. Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Ed. Boldt. Buenos Aires.