



## TÍTULO

**ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE  
INUNDACIONES Y PROPUESTA DE MEJORA DE  
CONSERVACIÓN EN LA CUENCA Y RESERVA MAB DE  
MAR CHIQUITA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES,  
ARGENTINA**

## AUTOR

**Juan Pablo Celemín**

**2009**

Director tesis	Francisco Borja Barrera
Curso	VI Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural
Módulo presencial	2003
ISBN	978-84-7993-151-3
©	Juan Pablo Celemín
©	Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



## Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 2.5 España

Usted es libre de:

- copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial** . No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
  
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor .*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCIA  
SEDE IBEROAMERICANA DE LA RABIDA  
HUELVA, ESPAÑA**

**TESIS DE MAESTRÍA**

***Elaboración de cartografía de riesgo de inundaciones  
y propuesta de mejora de la conservación en la cuenca  
y Reserva MAB de Mar Chiquita,  
Provincia de Buenos Aires, Argentina***

**VI MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN  
Y GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL**

**Autor: Lic. Juan Pablo Celemín**

**Director: Dr. Francisco Borja Barrera**

**Mar del Plata, Argentina  
2005**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Internacional de Andalucía que por medio de una beca me permitió poder realizar este programa y conocer gran parte de las bellezas naturales y culturales presentes en territorio andaluz.

Al laboratorio de Geomática del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Balcarce, por proveer gran parte de los materiales (cartografía, imágenes satelitales y software).

Al Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur por la información correspondiente a las precipitaciones.

A los Grupos de Investigación de la Universidad Nacional de Mar del Plata Ambientes Costeros y Estudios Sociales y Territoriales que prestaron materiales e insumos que facilitaron la finalización de este trabajo.

A mi amiga y compañera de estudios en La Rábida Krupskaya Narváez por su generoso apoyo e interés.

*A mi familia y  
a su paciencia*

## **ÍNDICE GENERAL**

	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE TABLAS MAPAS FIGURAS Y GRÁFICOS.....	6
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	10
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3. ASPECTOS CONCEPTUALES Y MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1. EL CONCEPTO DE RIESGO NATURAL.....	16
3.1.1. MANEJO DE RIESGOS NATURALES.....	17
3.1.2. EL RIESGO DE INUNDACIONES.....	18
3.2. LA PROPUESTA METODOLÓGICA.....	19
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.3.1. TRATAMIENTO DE DATOS CLIMÁTICOS.....	19
3.3.2. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE RIESGO UTILIZANDO MULTI CRITERIA EVALUATION.....	22
3.3.3. ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA MEJOR GESTIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAR CHIQUITA.....	25
3.3.4. MATERIALES.....	25
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	27
4.1. EL MEDIO FÍSICO DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	28
4.1.1. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.....	28
4.1.2. TIPOS DE SUELOS.....	31
4.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE.....	33
4.1.4. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	34
4.2. ANÁLISIS DEL TERRITORIO.....	36

4.2.1. PRESENCIA ANTRÓPICA E IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	36
4.2.2. INFRAESTRUCTURAS DE COMUNICACIÓN.....	37
5. LA CONSERVACIÓN EN LA ARGENTINA: LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA Y SITIOS RAMSAR.....	40
5.1. LOS ORÍGENES CONCEPTUALES DE LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA.....	41
5.1.1. DEFINICIÓN Y UTILIDAD DE LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA.....	41
5.1.2. USO DE SUELO, TENENCIA Y PROPIEDAD DE LA TIERRA EN LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA.....	43
5.1.3. LOCALIZACIÓN DE LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA EN LA ARGENTINA.....	44
5.2. LA IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES: SITIOS RAMSAR.....	45
5.2.1. CONCEPTO, FUNCIÓN E IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES.....	45
5.2.2. LOS HUMEDALES EN LA REPÚBLICA ARGENTINA.....	47
5.2.2.1. EL MARCO LEGAL DE LOS HUMEDALES EN LA ARGENTINA.....	47
5.2.3. COMPARACIÓN CON EL PLAN ANDALUZ DE HUMEDALES (ESPAÑA).....	48
5.3. LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA.....	49
5.3.1. HIDROGRAFÍA.....	50
5.3.2. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO.....	51
5.3.3. FLORA Y FAUNA.....	53
5.3.4. EVALUACIÓN DEL MANEJO ANTRÓPICO.....	54
5.3.5. CONFORMACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS.....	54
5.3.6. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE GESTIÓN EN LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA.....	55

5.3.7. EL AVANCE DE LA AGRICULTURA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA.....	56
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
6.1. ANÁLISIS CLIMÁTICO.....	61
6.1.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO PARA LA LOCALIDAD DE TANDIL.....	61
6.1.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO PARA LA LOCALIDAD DE BALCARCE.....	64
6.2 . ELABORACIÓN DEL MAPA DE RIESGO DE INUNDACIÓN.....	67
6.2.1 ASIGNACIÓN DEL RIESGO PARA LOS DIFERENTES MAPAS.....	68
6.2.2. INTERPRETACIÓN DEL MAPA DE RIESGO.....	70
6.3. PRINCIPIOS PARA UN MANEJO EFECTIVO EN LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA.....	72
7. CONCLUSIÓN.....	77
8. BIBLIOGRAFÍA.....	81
9. ANEXOS.....	86
ANEXO I.....	87
ANEXO II.....	95
ANEXO III.....	101

## **ÍNDICE DE MAPAS, FIGURAS Y TABLAS:**

### *MAPAS*

	PÁGINA
MAPA 1: UBICACIÓN DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.....	12
MAPA 2: MUNICIPIOS EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	12
MAPA 3: TIPOS DE SUELOS EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	32
MAPA 4: ARROYOS Y LAGUNAS DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	34
MAPA 5: CAMINOS Y FERROCARRIL EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	38
MAPA 6: USOS Y CARACTERÍSTICAS DE SUELO EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	39
MAPA 7: RESERVAS MAB EN LA REPÚBLICA ARGENTINA.....	45
MAPA 8: SITIOS RAMSAR EN LA ARGENTINA Y BAHÍA DE SAMBOROMBÓN.....	48
MAPA 9: RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP.....	50
MAPA 10: ARROYOS Y LAGUNAS EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP.....	51
MAPA 11: SUPERFICIE CULTIVADA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 1998.....	56
MAPA 12: SUPERFICIE CULTIVADA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 2004.....	57
MAPA 13: ÁREA CULTIVADA A MENOS DE 500M. DE UN CUERPO O CURSO DE AGUA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 1998.....	58
MAPA 14: ÁREA CULTIVADA A MENOS DE 500M. DE UN CUERPO O CURSO DE AGUA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 2004.....	58

MAPA 15: ÍNDICE DE RIESGO DE INUNDACIONES PARA LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	70
MAPA 16: NIVELES DE RIESGO DE INUNDACIONES PARA LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	71
MAPA 17: MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA.....	96
MAPA 18: LÍNEA DE VUELO.....	97

#### *FIGURAS*

FIGURA 1: PASOS PARA ESTANDARIZAR MAPA DE CUERPOS Y CURSOS DE AGUA.....	24
FIGURA 2: PERFIL DE LA ZONA DE ESTUDIO Y SUS AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS.....	29
FIGURA 3: DIFERENCIACIÓN DE LOS AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS:.....	31
FIGURA 4: EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA LAGUNA DE MAR CHIQUITA.....	53
FIGURA 5: PRECIPITACIONES ANUALES EN LA CIUDAD DE TANDIL Y SU LÍNEA DE TENDENCIA (1931-1999).....	64
FIGURA 6: PRECIPITACIONES ANUALES EN LA CIUDAD DE BALCARCE Y SU LÍNEA DE TENDENCIA (1931-1999).....	67
FIGURA 7: CONFLICTOS Y PROPUESTA DE MANEJO EN LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA.....	73

#### *TABLAS*

TABLA 1: EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA LAGUNA DE MAR CHIQUITA.....	52
TABLA 2: SUPERFICIE CULTIVADA A MENOS DE 500M. DE UN CUERPO O CURSO DE AGUA.....	59
TABLA 3: AÑOS SECOS - TANDIL.....	62
TABLA 4: AÑOS HÚMEDOS - TANDIL.....	62

TABLA 5: AÑOS EXTREMOS EN TRES SERIES - TANDIL.....	63
TABLA 6: AÑOS EXTREMOS EN DOS SERIES - TANDIL.....	63
TABLA 7: AÑOS SECOS - BALCARCE.....	66
TABLA 8: AÑOS HÚMEDOS - BALCARCE.....	66
TABLA 9: AÑOS EXTREMOS EN TRES SERIES - BALCARCE.....	66
TABLA 10: AÑOS EXTREMOS EN DOS SERIES - BALCARCE.....	66
TABLA 11: COMPARACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA.....	75
TABLA 12: REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES(EN MM.) EN LA LOCALIDAD TANDIL EN EL PERÍODO 1931-1999.....	87
TABLA 13: REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES (EN MM.) EN LA LOCALIDAD DE TANDIL EN DOS SERIES TEMPORALES.....	88
TABLA 14: REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES (EN MM.) EN LA LOCALIDAD DE TANDIL EN TRES SERIES TEMPORALES.....	89
TABLAS 15,16: CHI CUADRADO -TANDIL.....	90
TABLA 17: REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES (EN MM.) EN LA LOCALIDAD DE BALCARCE EN EL PERÍODO 1931-1999.....	91
TABLA 18: REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES (EN MM.) EN LA LOCALIDAD DE BALCARCE EN DOS SERIES TEMPORALES.....	92
TABLA 19: REGISTRO DE LAS PRECIPITACIONES (EN MM.) EN LA LOCALIDAD DE BALCARCE EN TRES SERIES TEMPORALES.....	93
TABLAS 20, 21: CHI CUADRADO - BALCARCE.....	93
TABLA 22: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE AMBOS MODELOS DE DATOS (RASTER/VECTOR).....	99

## **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

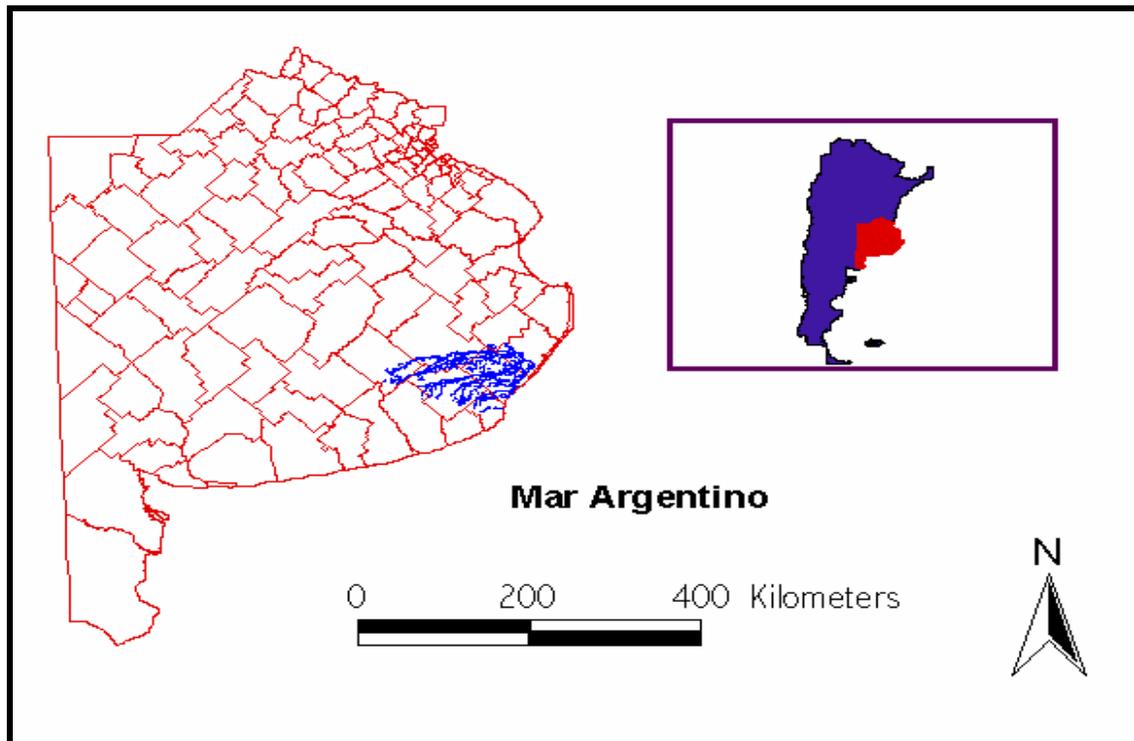
La cuenca superficial de Mar Chiquita, con alrededor de un millón de hectáreas (en adelante has.), constituye una unidad ecológica donde se combinan los diferentes usos de la tierra presentes en el resto de la región pampeana. Estos usos incluyen producciones intensivas (horticultura, engorde bovino a corral, avicultura) en áreas cercanas a las ciudades, una agricultura tradicional en proceso de creciente intensificación, pero aún relativamente diversificada (papa, cereales de invierno y verano, girasol y crecientemente soja), sistemas mixtos agrícola-ganaderos, sistemas ganaderos puros sobre pastizales de campos bajos, el uso turístico -centralizado principalmente en la zona costera-, una Reserva de la Biosfera (Programa MAB/UNESCO) en la albufera de Mar Chiquita (principal colectora de aguas de la cuenca y sitio de alto valor de conservación por la biodiversidad que alberga) y las zonas de sierras y cerrilladas que prestan diversos servicios ambientales y representan refugios naturales de diversidad biológica insertos dentro de la matriz agrícola pedemontana.

La zona de la laguna fue declarada Reserva Mundial de Biosfera por MAB-UNESCO en abril de 1996. En febrero de 1999 fue, a su vez, declarada Reserva Natural de Uso Múltiple por el gobierno provincial (MANGIAROTTI & CANETE, 2002). En la misma, intervienen diferentes jurisdicciones y niveles de conservación que combinados con los diferentes actores presentes en el lugar generan conflictos que dificultan una conservación integral. Por lo tanto, se destaca la necesidad de implementar propuestas de gestión modernas que permitan una preservación más efectiva. La zona núcleo de la reserva comprende unas 5000 has. cubiertas por la laguna y unas 19000 has. de campos aledaños. Al lado de la reserva se encuentra un conjunto de parcelas que constituyen el Refugio de Vida Silvestre Provincial (RVSP) en el cual está prohibido realizar actividades relacionadas con la caza y donde se ha constatado un importante avance del cultivo de la soja en los últimos años en desmedro del uso ganadero tradicional.

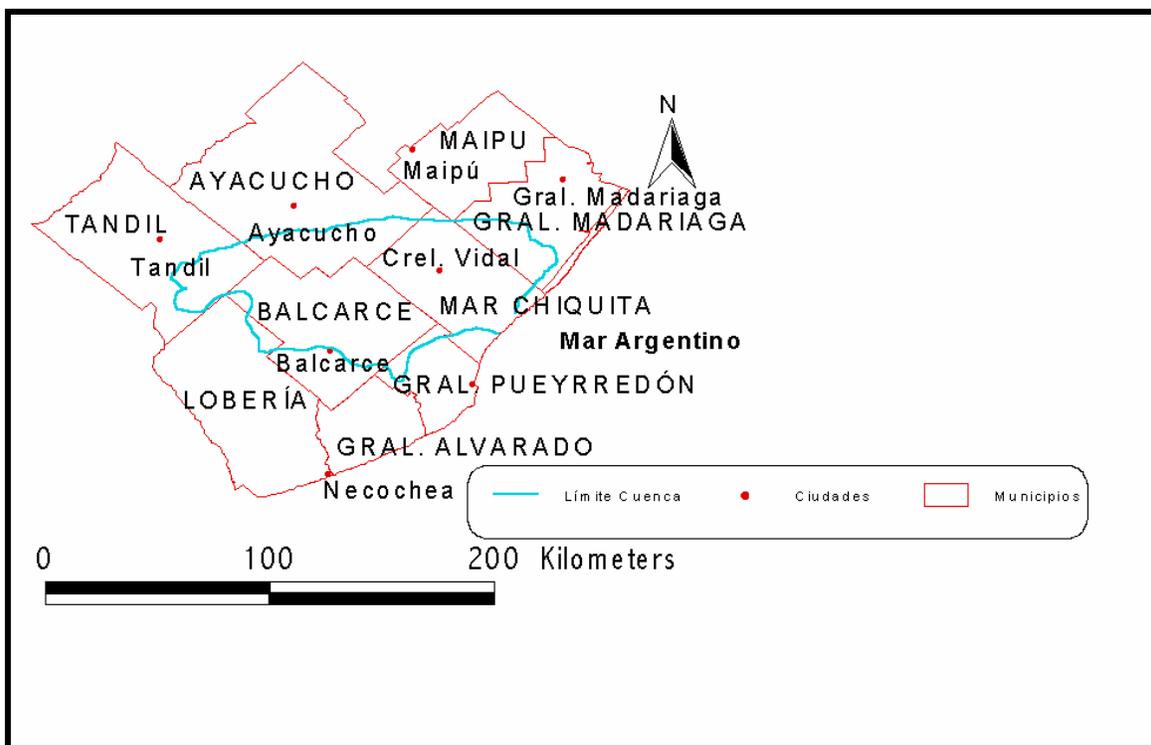
La zona de estudio se caracteriza por presentar, en forma periódica y frecuente, inundaciones prolongadas, situación que se ha agravado desde hace treinta años a partir del inicio de un período húmedo con consecuencias negativas para toda el área, pero muy especialmente en el sector rural.

Todos estos elementos hacen que sea necesario elaborar un mapa de riesgo de inundaciones que por medio de un índice permita establecer la vulnerabilidad de la zona según las diferentes características naturales y antrópicas.

### MAPA 1: UBICACIÓN DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



### MAPA 2: MUNICIPIOS EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA



Fuente: elaboraciones propias

## **2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

El objetivo general de este trabajo es obtener un mapa de riesgo de inundaciones que permita delimitar diferentes niveles de riesgo para la cuenca considerando una variedad de elementos físico-ambientales y humanos. Para el área de la Reserva MAB de Mar Chiquita, un espacio protegido a diferentes niveles jurisdiccionales con gran diversidad biológica y relevancia geológica por comprender la única albufera del país, se busca plantear una propuesta para mejorar la conservación de manera que sea más efectiva y que permita superar los diferentes conflictos existentes.

Para poder realizar lo mencionado en el párrafo anterior se formularon objetivos más específicos:

Analizar el comportamiento de las precipitaciones en el período 1931-1999, partiendo del creciente aumento de las lluvias registrado en los últimos treinta años con sus consecuentes inundaciones en la Cuenca de Mar Chiquita.

Obtener productos cartográficos que permitan una mejor evaluación de los efectos de las inundaciones en el área de estudio y que, a su vez, sirvan como diagnóstico de la situación actual al permitir determinar cuáles son las zonas más afectadas.

Conocer la evolución de la superficie cultivada en los últimos años Reserva MAB de Mar Chiquita y en la Reserva de Vida Silvestre Provincial y determinar su impacto actual y potencial.

Realizar un análisis de los principales conflictos en la zona de la Reserva, considerando los diferentes actores intervinientes, para luego plasmar una propuesta de mejora de la gestión, dentro del marco de la visión ecosistémica, que permita una preservación adecuada del lugar.

Aplicar técnicas y herramientas de la geoinformática, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Modelos Digitales de Terreno (MDT) y procesamiento de imágenes satelitales para estudios ambientales en la pampa argentina de manera de transferir los resultados a los municipios afectados. De esta manera, se crea una base de datos y cartografía digital que permita ser fácilmente actualizable para monitorear la evolución de las inundaciones en el futuro.

**3. ASPECTOS CONCEPTUALES  
MARCO METODOLOGICO**

Para abordar el presente trabajo desde el punto de vista metodológico, se recurrió a principios de la Geografía Física, sobre todo en los referentes de Geomorfología, Hidrología Continental, Climatología y Cartografía. Además, se utilizaron herramientas propias del análisis del espacio geográfico, tal es el caso de los SIG y el procesamiento digital de imágenes satelitales.

Se acudió a la abundante bibliografía sobre el tema en cuestión, destacándose la que analiza las inundaciones en la llanura pampeana a partir de las características hidrográficas e hidrológicas de la zona de estudio.

### **3.1. EL CONCEPTO DE RIESGO NATURAL**

El riesgo natural es la mayor o menor probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias sociales o económicas en un sitio particular y en un tiempo determinado, debido a la actividad de un proceso natural. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad. Partiendo de esto, deben aclararse dos puntos:

- Siempre hay una interferencia, potencial al menos, entre procesos naturales y sociales, de lo contrario, el concepto de riesgo no tendría sentido. Por ello, el riesgo implica en sí mismo una evaluación.
- En el análisis de riesgos deben diferenciarse términos como:
  - Amenaza o Peligrosidad: se refiere al proceso natural en sí mismo, valorando su potencialidad como causante de transformación en el medio, independientemente de que en él haya actividad social o no. Matemáticamente es la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con cierta identidad, en un sitio específico y durante un tiempo determinado.
  - Interferencia: se refiere a la mayor o menor adecuación entre el proceso natural y el social. Existen grados de adecuación del social al natural o de indiferencia (o viceversa) y que determinan medidas preventivas, pasivas o activas. Es decir, la actuación sobre el proceso natural para disminuir su peligrosidad o derivar su interferencia, o bien sobre el proceso social para evitar su interferencia.
  - Daño: hace mención al proceso social en sí mismo, tratando de valorar el carácter de las transformaciones sufridas o potenciales, es decir los costos mercantiles o sociales. Este concepto va estrechamente vinculado con el de vulnerabilidad el cual se entiende como la suma compleja de población, infraestructura, organización social y actividad económica.

En definitiva, al riesgo se lo puede definir de la siguiente manera:

$$R = P.D$$

Donde,

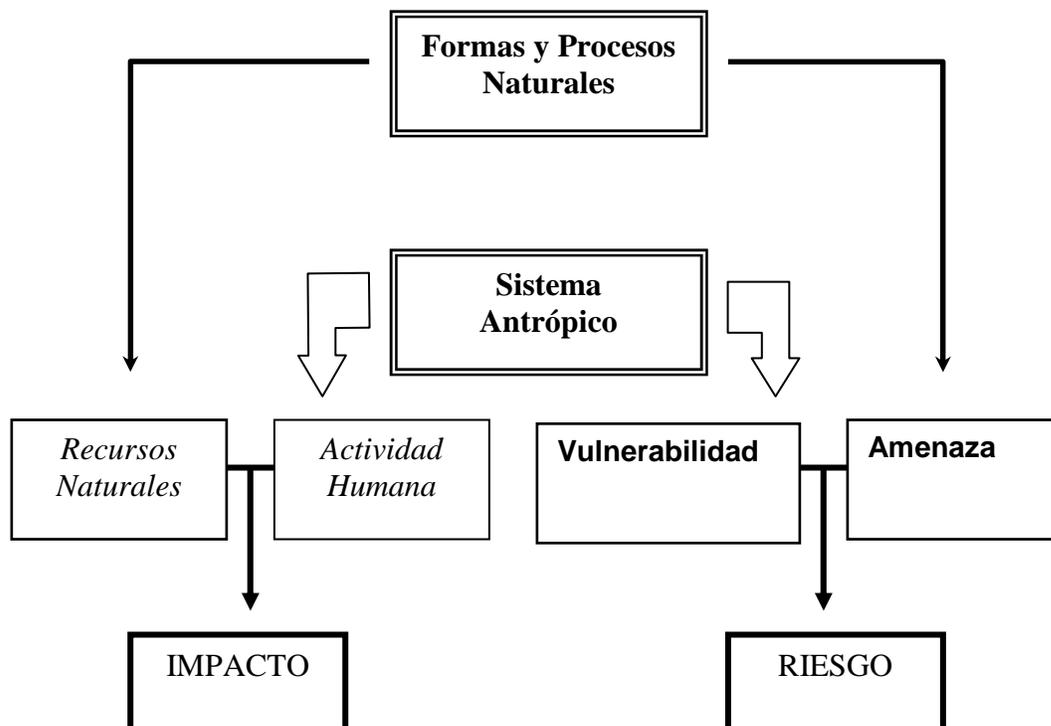
R = Riesgo

P = Peligrosidad

D = Daño

Los riesgos naturales se estructuran en dos grandes grupos de acuerdo con su génesis; los Procesos Geodinámicos Internos, como los terremotos, y los Externos, tal es el caso de los movimientos de ladera. Los riesgos naturales puros se limitan en su mayoría al primer grupo aunque los segundos están estrechamente vinculados con los procesos climáticos y en esta situación se enmarcan las inundaciones.

Otro concepto muy asociado al de riesgo es el de impacto. Éste analiza el cambio en atributos de calidad de un determinado recurso (natural o humano) debido al desarrollo de un proyecto. Ambos manejan parámetros en común, tal es el caso de interferencia, transformación de situación inicial y final, costo, etc. El concepto de riesgo natural es inverso al de impacto y puede definirse asociado a él, esto es: el análisis y evaluación de riesgos naturales es un método de confrontación entre procesos naturales y sociales, mediante el cual tratan de deducirse los cambios de valor que pueden producirse en el medio social, debido al desarrollo de los procesos naturales.



### 3.1.1. MANEJO DE RIESGOS NATURALES

Es necesario diferenciar entre riesgo actual y potencial. El primero podría ser un volcán en erupción, un deslizamiento activo, un acuífero contaminado que se está explotando. Los riesgos actuales suelen ir acompañados de daños, aunque no hayan desarrollado todo su potencial. Ejemplos de riesgos potenciales son un volcán transitoriamente inactivo o una ladera en equilibrio estricto.

También es imperioso distinguir entre riesgo y catástrofe. Una catástrofe sólo se produce donde un riesgo potencial se actualiza en condiciones de no prevención, una vez

motivadas por la no predicción (tal es el caso de los terremotos), y otras por la no adopción de medidas (AYALA CARCEDO, 1988).

La predicción es la definición espacial, temporal, desarrollo e intensidad de un riesgo natural. La prevención es el conjunto de medidas basadas en la predicción destinadas a minimizar el daño económico y social que puede producir un riesgo natural. El instrumento fundamental de la predicción es la elaboración de mapas de riesgos, elemento indispensable para confeccionar propuestas de ordenamiento territorial, una de las medidas principales que se encuentran dentro la prevención.

### 3.1.2. EL RIESGO DE INUNDACIONES

Las inundaciones pueden ser consideradas como riesgo geoclimático, ya que su origen se sitúa en la atmósfera, es decir, con las precipitaciones. Por otra parte, luego de las lluvias, el movimiento del agua y los riesgos asociados se siguen por la geomorfología e hidrología de la cuenca. (AYALA CARCEDO, 1988).

Los riesgos de inundación se están viendo incrementados fundamentalmente por dos factores: el primero sería la efectividad del cambio climático, con un posible aumento de la frecuencia de las lluvias torrenciales y el potencial aumento del nivel del mar, consecuencia del calentamiento de la atmósfera; y el segundo factor, el impacto de las actividades humanas, como las construcciones en cauces y obras hidráulicas de desviación y canalización de los ríos, o la construcción de puertos sin medidas de evaluación y de corrección de su impacto ambiental. También habría que incluir, como factor humano, los procesos de desertización ocurridos por talas masivas de árboles, incendios y otras actividades contrarias a la naturaleza. En definitiva, los riesgos de inundación se incrementan como consecuencia del desarrollo insostenible.

La inundación de terrenos que alberguen industrias, actividades agrícolas y ganaderas intensivas y también zonas edificadas supone la difusión de sustancias y productos cuyo uso, en condiciones normales, no representan un riesgo para la calidad de las aguas, pero que, como consecuencia de un episodio de inundación, se convierten en peligrosos contaminantes de la misma, con efectos potenciales sobre la salud de los ciudadanos y los ecosistemas afectados.

Durante un fenómeno de inundaciones, la predicción espacial es plenamente factible para lo cual es necesario tener un registro de las precipitaciones y de los caudales de los ríos y arroyos. A nivel temporal, la predicción es mucho más difícil y costosa. En algunas cuencas, pueden emplearse valores umbrales de riesgo en función de registros pluviométricos y proceder a la evacuación de la población afectada según las áreas delimitadas en los mapas de riesgo (SÁNCHEZ MIGUEL, 2005).

En cuanto a la prevención, hay dos tipos de medidas. Entre las no estructurales, la ordenación del territorio es la herramienta más importante. Entre las estructurales, la construcción de canales, presas, limpieza de llanuras de inundación, entre otras, aparecen como las más importantes. (AYALA CARCEDO, 1988).

## **3.2. LA PROPUESTA METODOLÓGICA**

Para abordar el presente trabajo se realizó un análisis detallado en dos niveles: uno a escala de cuenca y otro de la zona de la desembocadura, es decir, al área de la Reserva de Mar Chiquita y su entorno inmediato. El estudio de la cuenca involucró un análisis geomorfológico, hidrológico superficial y del uso del suelo que permitieron determinar las características físicas de la zona y la forma de ocupación del espacio y su importancia económica a partir de la revisión de la abundante bibliografía existente sobre la zona de estudio. Para completar el estudio físico se le sumó un examen estadístico de precipitaciones de las localidades de Balcarce y Tandil para conocer el comportamiento de las lluvias en un período comprendido por seis décadas y establecer una tendencia del clima en el área de estudio.

Todo lo anterior sirvió de base para poder establecer cartográficamente la zonificación de la zonas bajo riesgo de inundación utilizando prioritariamente un SIG, previa caracterización y explicación del manejo de los riesgos naturales.

El estudio de la zona de la Reserva de Mar Chiquita se abarcó desde tres perspectivas: caracterización físico-ambiental, marco legal y jurisdiccional y actores involucrados y conflictos. El análisis detallado de los dos últimos permitió elaborar una propuesta para una mejor gestión, partiendo de una visión ecosistémica y rescatando la importancia de los humedales. Por último, se analizó de forma cuantitativa el avance de la agricultura en toda esta área utilizando Sistemas de Información Geográfica e imágenes satelitales.

## **3.3. MÉTODOS Y MATERIALES**

### **3.3.1. TRATAMIENTO DE DATOS CLIMÁTICOS**

Las precipitaciones fueron estudiadas a partir de los datos provenientes de las estaciones meteorológicas de Balcarce y Tandil en el período 1931-1999. La valoración de la información meteorológica fue analizada de forma crítica con la intención de constatar la fiabilidad de los datos. Con todos los datos disponibles se estableció una secuencia temporal del comportamiento de las lluvias en los últimos setenta años. Igualmente, la serie principal fue dividida en dos y tres subseries (ver tablas en Anexo I) para su mejor análisis. Se aplicaron métodos estadísticos de tendencia central y aleatoriedad tales como la comparación de medias, desviaciones estándar y varianzas, además de la t de Student, Chi cuadrado (GOMEZ PONCE, 1999) como test de aleatoriedad, prueba de diferencia de proporciones, coeficiente de variabilidad y línea de tendencia (recta de regresión). Los resultados finales aportaron una información básica sobre la evolución de las precipitaciones y de las tendencias de las mismas.

Una serie temporal es una sucesión de observaciones ordenadas en el tiempo, las cuales pueden ser ordenadas o aleatorias. Lo último sucede cuando los valores sucesivos no presentan ninguna organización temporal en el caso de que éstos sean independientes y cuando la probabilidad es totalmente independiente al tiempo. Por el contrario, las series organizadas presentan algún orden temporal entre los valores de la misma y la probabilidad de obtención de un valor no es idéntica en todos los momentos del tiempo, teniendo, por lo tanto, una probabilidad específica (RASO et al., 1987).

Para la comparación de series de dos a dos, a partir de la serie principal, se dividió la misma en dos subseries a las que se les calcularon los porcentajes de cada una de ellas, las medias, desviación estándar y varianza.

- La comparación de las desviaciones estándar se realiza por medio de la prueba F. Esta función se utiliza para determinar si las varianzas de dos muestras son diferentes. Una prueba F devuelve la probabilidad de que las varianzas de los argumentos de dos grupos diferentes no presenten diferencias significativas.

$$F = \frac{S_2^2}{S_1^2}$$

Donde,

$$S_2^2 = \text{varianza mayor}$$

$$S_1^2 = \text{varianza menor}$$

Se plantean las mismas hipótesis que en el caso anterior, pero las tablas para aceptar o rechazar la hipótesis nula se calculan a partir de los valores expresados en las tablas de la F de Snedecor. El rechazo o aceptación de la hipótesis implica que los datos pertenezcan o no a una misma población, así como que exista o no una variación en el componente climático.

- Para aplicar la prueba F a la comparación de más de dos subseries a partir de la serie principal, se aplica la F de Snedecor para realizar el análisis de las varianzas.

$$F = \frac{\text{cuadrado medio entre grupos}}{\text{cuadrado medio dentro de los grupos}}$$

- La t de Student se utilizó para la comparación de las medias. Se propuso una hipótesis de partida donde la  $H_0$  (hipótesis nula) se cumple cuando la t es menor que el valor calculado en las tablas estadísticas de la t de Student. Mientras que la hipótesis alternativa,  $H_1$  se cumple cuando el valor calculado en las tablas mencionadas es menor que t.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

Donde,

—

$X_n$  = media del grupo

$S_n^x$  = varianza del grupo

$N_n$  = tamaño del grupo

Si se acepta la hipótesis nula se afirma que no existen grandes variaciones en los datos, es decir, que los mismos pertenecen a una misma población; por el contrario, si se acepta la hipótesis alternativa, los datos pertenecen a poblaciones distintas y habría que hablar de una relativa variación del elemento climático.

- Coeficiente de variabilidad: se utiliza para comparar grupos en relación con su homogeneidad relativa, en casos en que dichos grupos tengan medias distintas. En consecuencia, al aplicar de esta fórmula, se puede observar si las diferencias entre ambos grupos es más pequeña de lo que pueden demostrar inicialmente las respectivas desviaciones estándar.

$$V = \frac{S}{\bar{X}}$$

Donde,

$S$  = desviación estándar

—

$X$  = media

- Establecimiento de años secos y húmedos

Se consideraron años secos a los que presentan una precipitación inferior a la mediana de la serie y años húmedos a los que tienen valores por encima de la mediana, en este caso 840mm.

- Establecimiento de valores extremos

Los valores anuales de precipitación se pueden clasificar atendiendo a varios criterios. Según las recomendaciones de la OMM (GRISOLET et al., 1973) se utiliza como base la repartición de quintiles. De este modo, se clasifican como años muy secos aquellos cuya precipitación es inferior al primer quintil y como años muy húmedos los que tiene una precipitación por encima del cuarto quintil. Por lo tanto, se entiende por años extremos a los registros anuales que se clasificaron como muy húmedos o muy secos.

Una vez identificadas las frecuencias relativas, se plantearon las siguientes hipótesis:

$H_0$ : los períodos pertenecen a la misma población. No existen diferencias significativas en las frecuencias de años extremos, por lo que las desigualdades encontradas son debidas al azar.

H<sub>1</sub>: los períodos pertenecen a poblaciones diferentes. Existen diferencias significativas en la frecuencia de años extremos resultando en una variación climática.

Para este análisis se utilizó el test de significación Chi (X<sup>2</sup>) cuadrado el cual establece el umbral de significación entre las frecuencias observadas y esperadas de los valores extremos, determinándose de esta manera si el aumento de la variabilidad está acompañado de un incremento de los valores extremos.

$$X^2 = \text{Sum} \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde,

O = frecuencias observadas

E = frecuencias esperadas

Sum = sumatoria

### 3.3.2. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE RIESGO UTILIZANDO MULTI CRITERIA EVALUATION

Para alcanzar un objetivo, Multi Criteria Evaluation (MCE) es un proceso en el cual múltiples capas son agregadas para obtener un solo mapa de salida. A menudo, este mapa muestra la adaptación del suelo para alguna actividad en particular (EASTMAN, 2001). Sin embargo, también sirve para obtener mapas de vulnerabilidad, riesgo, etc., es decir, productos cartográficos que a su vez sean resultantes de la combinación de diferentes mapas. Este método es utilizado en los Sistemas de Información Geográfica por su capacidad para generar una decisión frente a un objetivo particular. Los criterios considerados pueden ser representados por medio de capas (layers) de datos geográficos. MCE es un método común para evaluar y combinar diferentes criterios, sin embargo, su potencial recién ahora comienza a ser tenido en cuenta.

Para comenzar un MCE es necesario establecer el criterio. El mismo es la base para la toma de una decisión y se caracteriza porque puede ser medido y evaluado. Cada criterio puede ser representado por una imagen raster. Existen dos tipos de criterio: limitantes (constraints) y factores (factors). El primero actúa como límite a las alternativas bajo consideración. Se expresan en forma booleana (lógica), donde las áreas excluidas son representadas con un 0, mientras que las consideradas tienen el valor de 1. Por ejemplo, si en un mapa solo interesa considerar los cuerpos de agua, a ellos se les asigna el valor de 1 y al resto 0. Por otro lado, un factor es un criterio que se utiliza para aumentar o disminuir la aptitud de una alternativa que está siendo evaluada. Por lo tanto, está medida en una escala continua. De esta manera, si para un proyecto industrial es necesario que una fábrica se encuentre cerca de una vía de comunicación, se puede crear un mapa que mida en forma continua la distancia entre la fábrica y las carreteras. Ese valor, aunque inicialmente puede estar en metros o kilómetros, luego tiene que ser convertido a otro (pueden ser valores reales o enteros que comprendan desde el 0 al 255<sup>1</sup>, distinto de la

---

<sup>1</sup> Existen diferentes métodos MCE. En este caso se aplicó el Non-Boolean Standardization and Weighted Linear Combination (WLC), Idrisi Tutorial, Clark University, Worcester, Estados Unidos. Eastman, J. & Eastman (2001) que permite estandarizar mapas en formato Raster a una escala continua de aptitud (0 a 255).

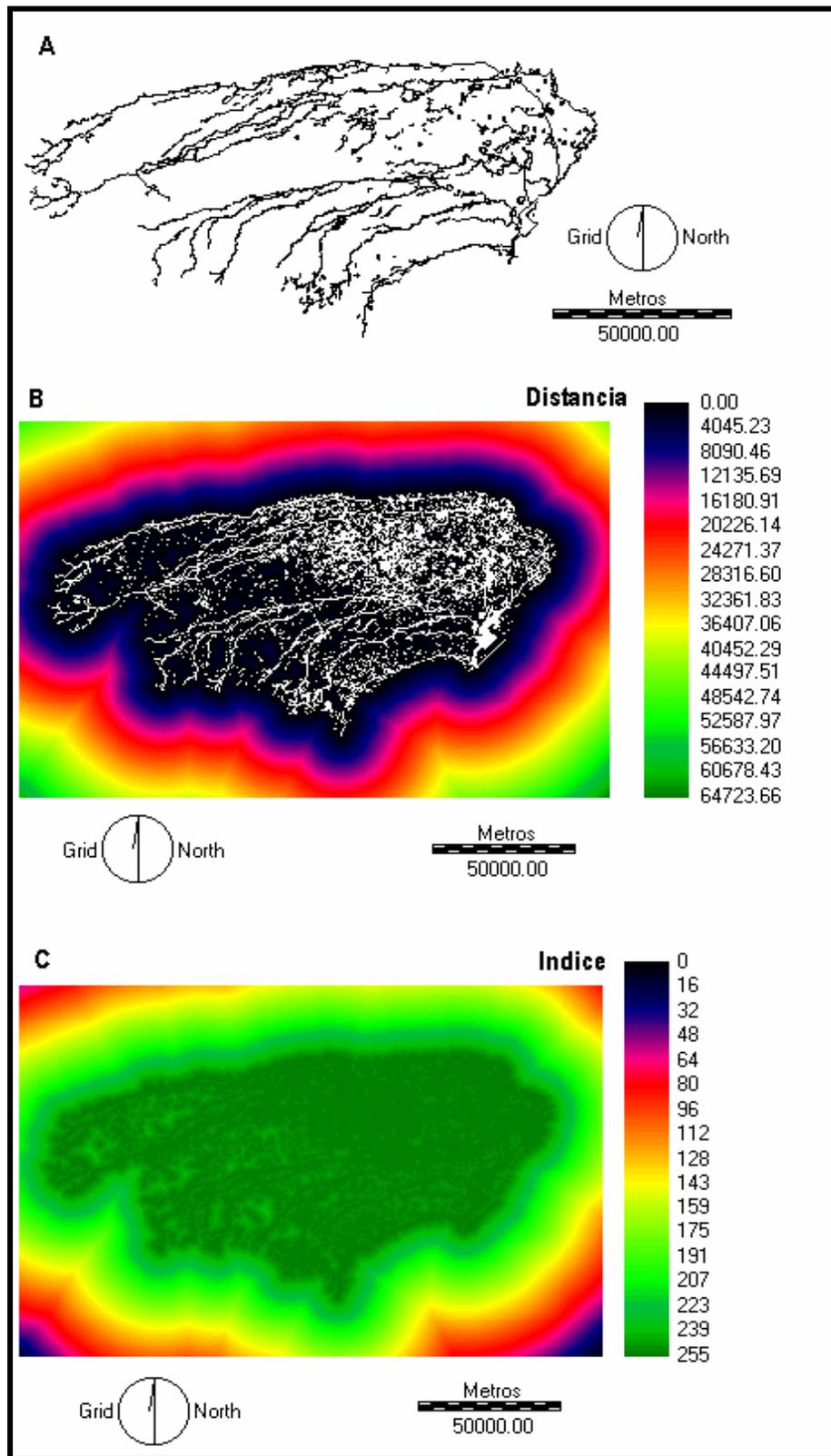
forma booleana donde solamente hay dos opciones). Esto es necesario porque todos los factores deben estar estandarizados bajo un mismo sistema de valores para que puedan ser comparables. Esta homogeneización de los mapas permite que puedan ser combinados para obtener el producto cartográfico final.

Volviendo al ejemplo de la fábrica, se puede generar un mapa que contemple la distancia en minutos a las vías de comunicación, pero para que pueda ser comparado con el mapa de distancia en kilómetros a las mismas carreteras, es necesario que ambos tengan el mismo sistema de valores. En consecuencia, el mapa medido en minutos debe ser también estandarizado a valores que comprendan desde el 0 al 255. Por último, un MCE permite ponderar los mapas de manera que se le puede asignar un peso mayor a los mapas estandarizados considerados como más relevantes.

En definitiva, para aplicar el método MCE es necesario estandarizar los mapas requeridos siguiendo los siguientes pasos:

- A) Generar un mapa de primer orden, como puede ser uno que muestre los cuerpos y cursos de agua.
- B) Generar un mapa que establezca la distancia en una medida establecida, en este caso metros, a partir de los cuerpos y cursos de agua.
- C) Finalmente se estandariza el mapa de cuerpos y cursos de agua donde las distancias se convierten de metros a valores comprendidos entre 0 y 255 que permite la comparación con otros mapas.

**FIGURA 1: PASOS PARA ESTANADIZAR MAPA DE CUERPOS Y CURSOS DE AGUA**



Fuente: elaboración propia

- D) Asignar un peso a cada uno de los mapas estandarizados resultantes. La suma de los mismos debe ser siempre igual a 1. En esta instancia se recurrió a profesionales que conocen este trabajo y la zona de estudio para que asignen un valor a los mapas elaborados para luego promediar los resultados.
- E) Combinar todos los mapas estandarizados para obtener el producto cartográfico final.

En el presente trabajo para cumplimentar el objetivo de obtener un mapa de riesgo de inundaciones se combinaron siete mapas aplicando el proceso MCE:

- Ubicación de centros urbanos
- Pendiente (en grados)
- Carreteras
- Uso de suelo
- Cuerpos de agua y arroyos
- Suelos
- Ferrocarril

### 3.3.3. ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA UNA MEJOR GESTIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAR CHIQUITA

La propuesta para una conservación eficiente se obtuvo privilegiando una visión ecosistémica en el área de estudio. Por lo tanto, se recurrió a la bibliografía utilizada durante la realización de la VI Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural y a los conceptos establecidos en el Plan Andaluz de Humedales. La propuesta se centró principalmente en el área protegida de la albufera de Mar Chiquita (colectora de las aguas de la cuenca) por ser un área con diferentes usos de suelo y que presenta conflictos jurisdiccionales en los tres niveles estatales. Para el resto de la cuenca, el mapa de riesgo sería la base para desarrollar una propuesta integral de ordenamiento en el futuro. Las limitantes para esta parte del trabajo fueron la ausencia de cartografía adecuada que señale con claridad las diferentes zonas de la Reserva MAB de Mar Chiquita y la presencia de información contradictoria e incompleta según la fuente consultada.

### 3.3.4. MATERIALES

El trabajo requirió gran cantidad de material cartográfico del área de la Cuenca de Mar Chiquita. En consecuencia, se utilizó cartografía a escala 1:50.000 y 1:100.000 del Instituto Geográfico Militar. Para un conocimiento más actualizado de la infraestructura vial, un mapa a escala 1:250.000 del Automóvil Club Argentino fue utilizado como base, mientras que para el análisis de la zona de la laguna se recurrió a un mapa catastral.

El procesamiento de los productos cartográficos para la obtención del mapa de riesgo se produjo a partir de la utilización de dos SIG: ArcView 3.2 e Idrisi 32. Este último programa también sirvió para realizar el procesamiento de las imágenes satelitales con el fin de conocer el comportamiento de los cuerpos de agua en la zona de estudio en diferentes años. Las imágenes utilizadas fueron las del satélite Landsat 7 TM+ correspondientes a los años 1998 y 2004. Algunos de los mapas empleados ya se encontraban digitalizados,

-suelos e infraestructura vial- mientras que otros se digitalizaron en pantalla y en mesa digitalizadora.

Para el análisis climático se recopiló información detallada de las precipitaciones entre los años 1931 y 1999 de las estaciones meteorológicas localizadas en los municipios de Balcarce y Tandil cedida por el Instituto Nacional de Tecnología de Agropecuaria (INTA) y el departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Es necesario destacar que en la zona de estudio, solamente Balcarce cuenta con una estación meteorológica, de manera que para ampliar el estudio de las precipitaciones fue necesario recurrir a los datos de la estación Tandil, ubicada cerca del límite de la cuenca.

Para el estudio de la situación de la gestión de la Reserva MAB de Mar Chiquita se utilizó información proveniente de diferentes fuentes: trabajos académicos, publicaciones en periódicos, páginas de Internet de organismos oficiales y legislación actual sobre conservación de áreas protegidas. Además, se empleó parte del material estudiado durante la realización de la VI Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural para elaborar una propuesta para una gestión más eficiente.

## **4. AREA DE ESTUDIO**

## **4.1. EL MEDIO FÍSICO DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA**

### **4.1.1. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO**

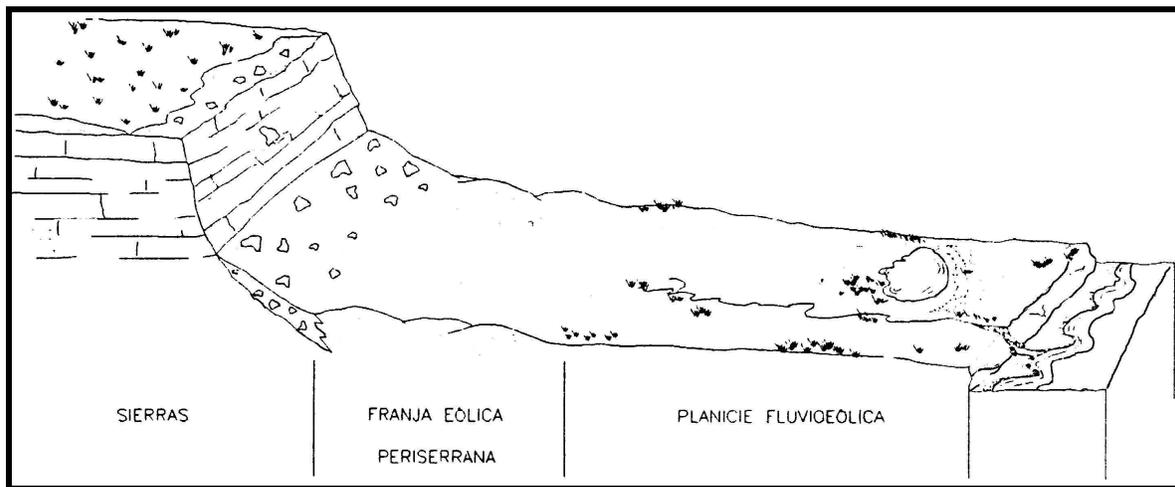
En la llanura de la Provincia de Buenos Aires existe un basamento que ha sufrido fenómenos de hundimiento diferencial dando lugar a horst (donde no se ha hundido el material) y graben (subsistencia donde la roca se ha llegado a encontrar a 5000 metros de profundidad). La totalidad de horst y graben ha tolerado un proceso de colmatación sobre el basamento que confirma una sucesión de episodios geológicos, invasiones marinas, retiros del mar, clima árido, depositación de cenizas volcánicas provenientes de la erosión de la Cordillera de los Andes y depósitos de arenas. Estas últimas taparon los paleocauces, ocultaron toda expresión de basamento cristalino, excepto en los bordes, como el río Paraná. La formas de las superficies mantienen un bajísima pendiente O-E, siendo producto de médanos parabólicos y longitudinales ya fijados por la vegetación (TRICART, 1973).

Las sierras de Tandilia se originaron al elevarse la Cordillera de los Andes, dislocando los bloques y conformando un conjunto de pequeños macizos ascendidos y separados por abras que posteriormente fueron rellenadas por sedimentos modernos que le otorgan a la tierra una excepcional fertilidad. Todo el sistema orográfico recibió en principio el nombre de Sierras del Volcán. Posteriormente se designa al sistema como Tandilia indicando que se trata de una formación más vieja que el Macizo de Brasilia al que pertenece, elevada por movimientos horizontales posteriores. Por ello, Tandilia es antiquísima como formación pero joven como relieve.

El área de estudio se caracteriza por ser una zona de transición en la que predominan tres ambientes geomorfológicos donde el relieve serrano de origen tectónico controló en gran parte la dinámica y evolución de los otros dos ambientes cuaternarios: Franja Eólica Periserrana y Planicie Fluvioeólica.

Las fluctuaciones climáticas del Cuaternario imprimieron relieves diferentes en la zona de estudio. Estas variaciones meteorológicas se asocian a eventos estadiales y glaciales vinculados con condiciones frías y secas que permitieron la reactivación del paisaje y formación de rasgos de origen eólico. En contraste, los eventos interglaciares e interestadiales se asocian a condiciones climáticas cálidas y húmedas que favorecieron la aparición de una cubierta de vegetación que habría atenuado los procesos de erosión y transporte de sedimentos superficiales (MARTINEZ, 2002).

**FIGURA 2: PERFIL DE LA ZONA DE ESTUDIO Y SUS AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS**



Fuente: Martínez.G, 2002

Sierras: este ambiente está constituido por las elevaciones del sistema de Tandilia, caracterizadas por su forma de meseta y litológicamente conformadas por estratos subhorizontales de ortocuarcita de la formación Balcarce (DALLA SALDA E IÑIGUEZ, 1979). Son sierras bajas con una altura máxima que rondan los 500m.

Las sierras septentrionales se extienden desde la ciudad de Mar del Plata hasta Olavarría y alcanzan alturas mayores a los 500m. Se trata de una cadena de cerros aislados producidos por ascensos diferenciales de bloques fracturados. En esencia están formados por un basamento cristalino de edad precámbrica en cuya composición intervienen rocas graníticas, migmatitas y gneises. Sobre ellas, en discordancia, se apoya un conjunto sedimentario integrado por cuarcitas, dolomías, arcilitas y calizas altamente diageneizadas cuya edad es precámbrica y/o paleozoica, y corresponden a una cuenca poco profunda de sedimentación marina.

Las vertientes norte y sur de Tandilia poseen características disímiles a partir de su morfoestructura. En la vertiente sur los bloques de cuarcita se hunden gradualmente hacia el SO y el paisaje es moderadamente ondulado. Por el contrario, la vertiente norte presenta bloques que se hunden abruptamente y de forma escalonada hacia la Cuenca del Salado. De esta manera, el paisaje pasa de un relieve ondulado a una llanura de muy escaso gradiente.

Los bloques serranos se encuentran aislados entre sí, separados por amplios valles de fondo plano o suaves lomadas. Las sierras se destacan por tener cumbres planas que terminan en abruptas rupturas dando lugar a frentes rocosos con acumulaciones de detritos en zonas bajas y donde se hacen presentes diferentes procesos de remoción en masa.

Franje Eólica Periserrana: comprende un relieve de lomas complejas que llegan a alcanzar una cota máxima de 60m. Estas lomas compuestas por depósitos loesoides de edad Pleistoceno Tardío – Holoceno ocupan los valles interserranos. Las lomas presentan una

morfología compleja ya que comprenden desde formas elongadas hasta subcirculares. Presentan longitudes comprendidas entre 1 y 2km. y 0.5km. de ancho. De todas maneras, la implementación de un drenaje compuesto de pequeños cauces sobre estas geoformas, ha causado que se modifique parcialmente su morfología. (MARTINEZ, 1998)

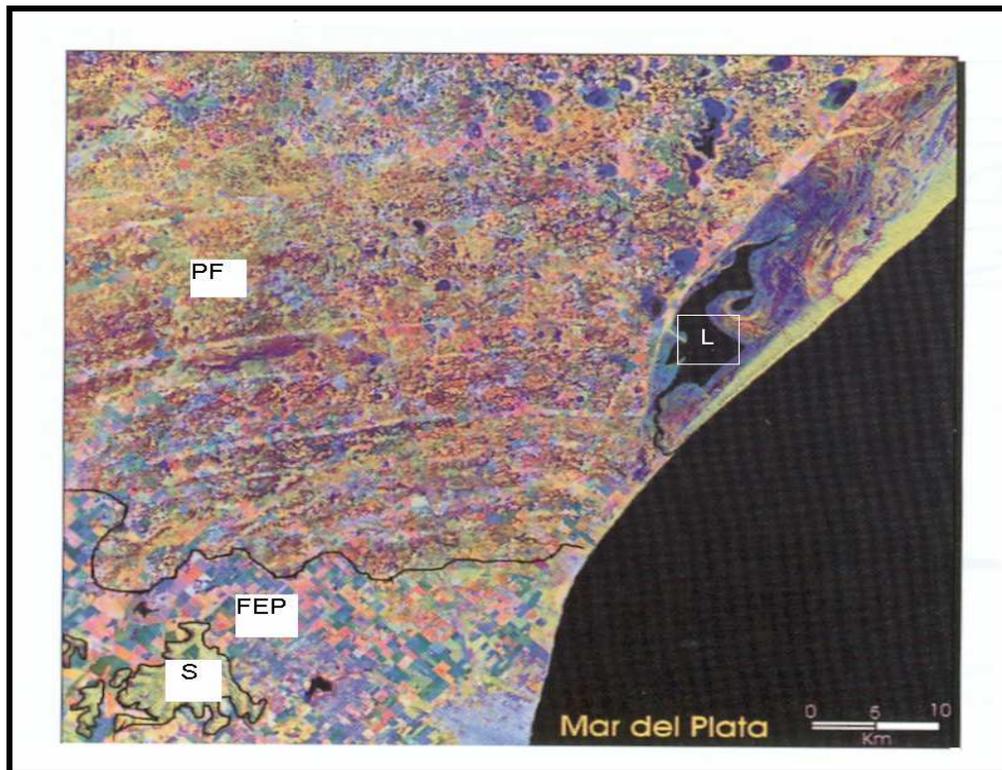
Planicie Fluvioeólica: se encuentra dentro de lo que se conoce como Pampa Deprimida, la cual constituye una extensa región en cuya conformación participaron numerosos factores geomorfológicos, fundamentalmente eólicos, fluviales y marinos que le dieron una impronta caracterizada por la variedad de ambientes contrastantes. Esta diversidad posee, sin embargo, limitantes comunes aunque de diversos grados entre los que se destacan el hidromorfismo, la alcalinidad y la salinidad, la poca profundidad de los suelos, anegamientos e inundaciones.

Comprende desde los 60m. hasta el mar y se destaca principalmente por tener una pendiente muy escasa, inferior al 0.1%. Entre las geoformas presentes en este ambiente se destaca una asociación entre paleodunas, cubetas de deflación -que en la actualidad son lagunas poco profundas- y dunas de limo.

Las cubetas de deflación son antiguos huecos dejados por la erosión del viento sobre depósitos limo-areno-arcillosos. Este fenómeno ocurrió en condiciones de mayor aridez que las actuales donde la ausencia de vegetación permitió la voladura del suelo por acción eólica. Posteriormente, durante los periodos húmedos, los huecos fueron ocupados por el agua pasando a formar la gran mayoría de las actuales lagunas de la Provincia de Buenos Aires (MARTINEZ, 2002). El material excavado por el viento fue depositado en la pendiente oriental conformando dunas de limo que registran una altura relativa a la llanura circundante de 15m. En consecuencia, estos son los rasgos eólicos fósiles de mayor altura que se pueden encontrar en la llanura pampeana.

La imagen que se encuentra a continuación distingue claramente, a partir de la fusión de imágenes satelitales ópticas y de radar, la gran diferencia que existe entre la planicie con sus dunas longitudinales, la Laguna de Mar Chiquita y la Franja Eólica Periserrana.

### FIGURA 3: DIFERENCIACIÓN DE LOS AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS



Fuente; Martínez, G. 2001

PF: Planicie Fluvioeólica - FEP: Franja Eólica Periserrana - S: Sierra - L: Laguna de Mar Chiquita.

Los otros sistemas de paleodunas reconocidos (parabólicas y longitudinales) también reflejan condiciones climáticas de mayor aridez. Las longitudinales se asocian con vientos más intensos y una menor cobertura vegetal que las parabólicas (STRALHER, 1982). Su distinción en el terreno no es fácil ya que presentan una altura que comprende el rango de 0.5 a 3m. Por lo tanto, la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales resulta indispensable para su observación. Las edades de estas geoformas corresponden al Holoceno tardío mientras que las cubetas de deflación pertenecen al Pleistoceno.

#### 4.1.2. TIPOS DE SUELOS

En el área predominan los suelos pertenecientes al orden de los Molisoles según la clasificación de Soil Taxonomy que comprende una gran diversidad de paisajes. El material original predominante es el loess y los regímenes de humedad existente favorecieron la conformación de suelos con alto porcentaje de materia orgánica. En consecuencia, los Arguidoles constituyen el Gran Grupo más representativo de los Udoles y el perfil de su subgrupo es el que mejor ejemplifica el resultado de la acción del clima húmedo o subhúmedo sobre materiales loessicos en posiciones bien drenadas.

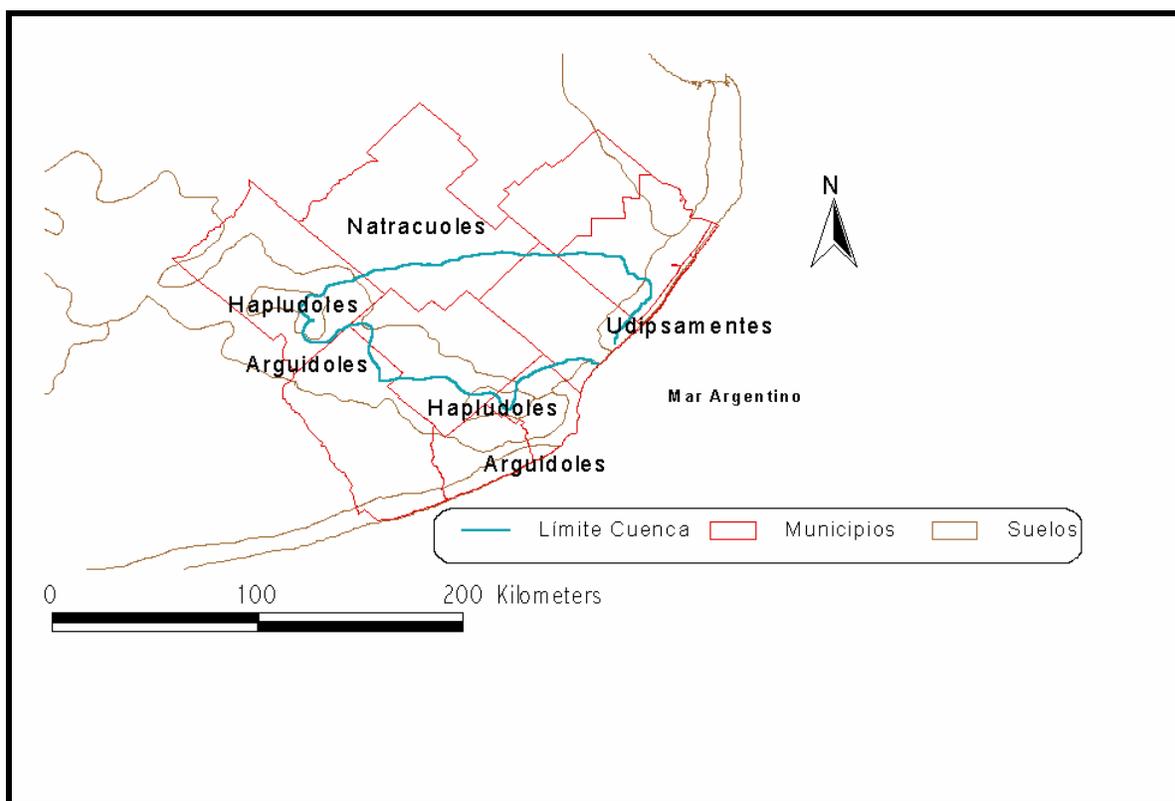
Los Arguidoles típicos son los suelos sobre los que se desarrolla la mayor parte de la actividad agrícola de la Provincia de Buenos Aires y excepto en las fases someras o inclinadas, no tienen ningún tipo de limitación.

El Gran Grupo de los Hapludoles (también dentro del Orden de los Molisoles) se encuentran en zonas donde los materiales son más gruesos que los loésicos y presentan un perfil menos desarrollado. Este Gran Grupo se encuentra en las áreas serranas donde es frecuente que el manto sedimentario sea delgado y cubra con no más de 30cm. las formaciones rocosas o el manto de tosca.

Dentro del Grupo de los Acuoles (Suborden de los Molisoles) se encuentra el subgrupo de los Natracuoles que constituye uno de los suelos sódicos con más difusión en la provincia y en la Cuenca de Mar Chiquita. Son predominantes en la Pampa Deprimida y también se halla en todos los paisajes bajos con drenaje dificultoso.

Los Udipsamientos son un Gran Grupo perteneciente al Suborden de los Pasmentes (dentro del Orden de los Entisoles) y se encuentran en las cadenas de médanos costeros. Su morfología sólo permite diferenciar el horizonte escasamente provisto de materia orgánica y apenas estructurado que está en contacto con el material original. Estos suelos tiene excesiva permeabilidad y gran susceptibilidad a la erosión eólica (INTA, 1989).

### **MAPA 3: TIPO DE SUELOS EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA**



Fuente: elaboración propia

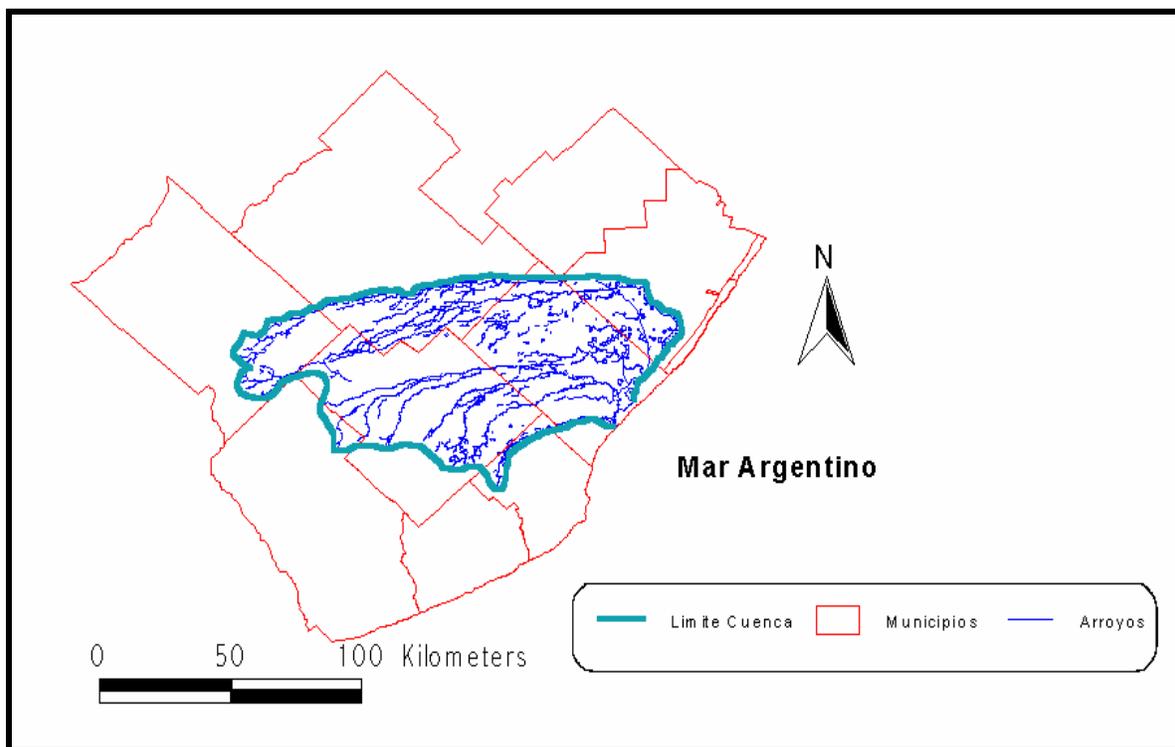
#### 4.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje de la zona pampeana está constituida por cursos de bajo potencial morfogenético y está adaptada al patrón eólico. Esta red se originó aproximadamente hace 30.000 años de manera que los cursos principales no están condicionados por la geomorfología eólica ya que existían con anterioridad. Este ambiente de planicie es de escurrimiento pobre y condicionado por las geoformas, generando numerosos bajos y bañados que caracterizan a toda la zona.

El sentido del escurrimiento regional es de O-E invirtiéndose en la zona oriental donde la Laguna de Mar Chiquita actúa como nivel de base de la descarga subterránea directa de arroyos circundantes y de la indirecta (caudal de base) aportada por los arroyos tributarios. Aportan veintiún arroyos y canales artificiales que nacen en el Sistema de Tandilia siendo los más importantes el Vivoratá y El Dulce. También convergen hacia la Laguna de Mar Chiquita la Cañada del Arroyo Chico que es emisaria de la Laguna La Argentina y la Laguna del Maestro; a ésta última le llegan del oeste las aguas del Arroyo Méndez que es el continuador de Arroyo Chico, el que a su vez se continúa hacia las nacientes del Arroyo Napaleufú. Desde el sur de Coronel Vidal van apareciendo lagunas como La Victoria, Palo Seco, Laurenz, De Góngora, Los Talitas y del Rincón. Esta subcuenca también descarga en la Laguna Mar Chiquita.

Un factor adicional que agrava la dinámica del escurrimiento son las construcciones (canales, terraplenes y rutas) que en un relieve de escasa pendiente constituyen barreras al drenaje superficial tan importantes o más que los rasgos geomorfológicos existentes. Dichas estructuras condicionan las características básicas del funcionamiento hidrológico en las regiones donde las pendiente topográficas son mínimas (USUNOFF, 1993).

#### MAPA 4: ARROYOS Y LAGUNAS DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.4. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

La Provincia de Buenos Aires se encuentra dentro del clima templado aunque, a diferencia de otras regiones situadas en latitudes similares en el hemisferio norte, las condiciones climáticas son más favorables por el efecto moderador que ejerce el Océano Atlántico. Las grandes masas líquidas en el hemisferio sur constituyen un reservorio de energía que es aportada en las distintas estaciones y determina que el verano sea más fresco y el invierno menos riguroso, de manera que no existen grandes amplitudes térmicas.

Otra diferencia con respecto a regiones del hemisferio norte que se encuentran a la misma latitud es el no contar con barreras transversales a la circulación atmosférica. Por tal motivo, el territorio se encuentra sometido a la acción de masas de aire tanto del sur como del norte durante todo el año. Este hecho puede producir cambios bruscos estacionales que, en muchos casos, como la ocurrencia de heladas fuera de término, resultan muy perjudiciales para la agricultura.

Las temperaturas medias oscilan entre 25° C y 22° C en los meses de verano y entre 10° C y 7° C en meses invernales. Los registros ofrecen amplitud máxima hacia la región occidental.

Desde el punto de vista climático, el área de estudio corresponde a un clima subhúmedo-templado húmedo con poca o nula deficiencia de agua. La precipitación media anual es de 790mm., considerando los valores modulares de las estaciones Vivotatá-Calfucurá para un

período de 30 años, con la estación otoñal más húmeda - 219mm.- y la invernal más seca -162mm-. Los meses extremos son: Marzo 92,5mm. y Julio 46,5mm.

Según la clasificación de Thornawaite, la zona de estudio puede catalogarse con deficiencias estacionales de agua. Las características agroclimáticas muestran un régimen hídrico de distribución irregular durante el año siendo el invierno la estación menos lluviosa. La precipitación anual va desde los 1100mm. en la parte norte a 550mm. en el sudoeste (DAMARE Y DIPASCALE, 1988) de manera que el régimen de lluvias presenta un gradiente decreciente de Este a Oeste.

En términos medios, una gran extensión de la pradera pampeana presenta balances hidrológicos equilibrados y aun con ligeros excesos. En meses de alta demanda atmosférica (enero) ocurren deficiencias hídricas entre 20 y 50mm. en 5 de 10 años y entre 30 y 100mm. en dos de 10 años (DAMARE Y DIPASCALE, 1988).

La dirección del viento dominante en invierno es Sur -con variaciones al Sudeste-, y durante el verano, con orientación Este -con variaciones Noreste-. De ambas manifestaciones eólicas se destaca la Sudestada en invierno y el viento Norte en verano, siendo el Pampero -Sudoeste- el que desplaza a ambas.

La Sudestada se produce como consecuencia de un anticiclón proveniente del Océano Pacífico, el cual atraviesa la Patagonia y se instala en el Océano Atlántico a la altura de Península de Valdés; una vez cargado de humedad su desplazamiento es hacia el Noreste, favorecido por un gradiente de presión a la altura de la Mesopotamia. Este viento se caracteriza por temperaturas bajas -aunque no extremas-, alta humedad relativa, período de lluvias de dos a cuatro días con ráfagas de viento de considerable velocidad.

El Pampero ingresa a la provincia luego de un período prolongado del viento Norte o Sudestada que se origina en el Océano Pacífico y luego de descargar su humedad en los Andes Patagónicos se desplaza al NE en forma de ráfagas, más o menos intensas, con aumento de la presión atmosférica y consecuente descenso de temperatura y humedad.

Hay que considerar al Pampero como un poderoso agente de erosión eólica, sobre todo en suelos arenosos. Su duración es de un máximo de tres días con características estables durante el día y la noche, hasta que generalmente una masa de aire polar le pone fin.

Las características hidroclimáticas del régimen hídrico muestran una distribución irregular de las precipitaciones durante el año, siendo el invierno la estación menos lluviosa. Un análisis climático del SE bonaerense en las que se analizaron veintiún ciudades utilizando series comprendidas entre 1911 y 1993 (SANMARTINO et al., 1996) mostró que los totales anuales presentan una tendencia general creciente de 1 a 2 mm. por año con valores medio situados entre 690 y 912mm. A partir de 1970 se observa un aumento de aproximadamente 100mm. en los valores mínimos y máximos en el SE de la Provincia de Buenos Aires. A pesar de registrarse precipitaciones a lo largo de todo el año, el mes de agosto es el que presenta los valores mínimos, mientras que marzo registra los mayores valores de acumulación de agua de lluvia.

## **4.2. ANÁLISIS DEL TERRITORIO**

### **4.2.1. PRESENCIA ANTRÓPICA E IMPORTANCIA ECONÓMICA**

La Cuenca de Mar Chiquita no se caracteriza por la intensidad de su urbanización. En términos poblacionales, la localidad de Balcarce, con un poco más de 30.000 mil habitantes, es la ciudad más importante y se encuentra fuertemente ligada a la actividad primaria. Este rasgo demográfico diferencia a la zona de la cuenca del resto de la Región Pampeana que se caracteriza por concentrar la mayor parte de la población del país.

Antes de ser ocupada por el hombre, en la región ya ocurrían inundaciones, pero menos voluminosas y de menor permanencia, pues funcionaba la mecánica del almacenamiento de los excedentes superficiales temporales en las lagunas y la evapotranspiración en todo el campo cubierto por el pastizal natural. Con la ocupación humana a fines del siglo XIX, los campos se araron y/o sobrepastorearon. El suelo se hizo frágil y la escorrentía fue rellenando bajos y lagunas. Al mismo tiempo, apareció el fenómeno de la urbanización ya que muchas nuevas ciudades fueron situadas cerca o aun dentro del área de expansión de las lagunas, con el doble efecto de impedir el funcionamiento evapotranspirante de la vegetación en el lugar y potenciar los efectos de una eventual inundación.

En la zona de estudio, la actividad primaria cuenta de gran importancia y comprende el 21% de su Producto Bruto Interno, principalmente por los cereales y oleaginosas (trigo, girasol, soja y maíz) papa y hortalizas. El 65% de la producción de papa se obtiene en esta región y se cultiva su totalidad bajo riego (SUERO et al. 2001). Además de proveer de alimentos a la zona y al país, gran cantidad de estos productos son exportados a mercados como la Unión Europea y China.

La producción agrícola ha tenido una gran expansión ya que en las últimas dos décadas se instaló en el centro del país un ciclo climático húmedo que, si bien no es excepcional, por sus características y duración constituye una de las principales causas de importantes procesos de anegamiento e inundación por elevación de la napa freática. Sin embargo, las excepcionales condiciones climáticas permitieron la incorporación de tierras ganaderas a la explotación agrícola, con la consecuente sobreutilización del recurso y la degradación de las frágiles condiciones naturales de esas tierras.

La degradación de los pastizales naturales por efecto del sobrepastoreo, la pérdida de las adecuadas condiciones físicas de los suelos provocadas por inundaciones y anegamientos son las manifestaciones degradatorias más importantes en esta zona. El INTA-Balcarce estima que para toda la Región Pampeana, 3.000.000 has. son susceptibles a la erosión del agua. (El deterioro de las tierras de la República Argentina, INTA, 1995).

Otro tipo de explotación que se desarrolla es la minera ya que en las sierras se pueden encontrar diferentes tipos de roca: granitos (para pavimentos), dioritas, cuarcitas blancas y grises (usadas para la elaboración de abrasivos domésticos), cuarcitas asociadas con lentes de arcillas (materia prima para la elaboración de refractarios) y caolín (material refractario ligante de alta calidad para la industria de loza y porcelana).

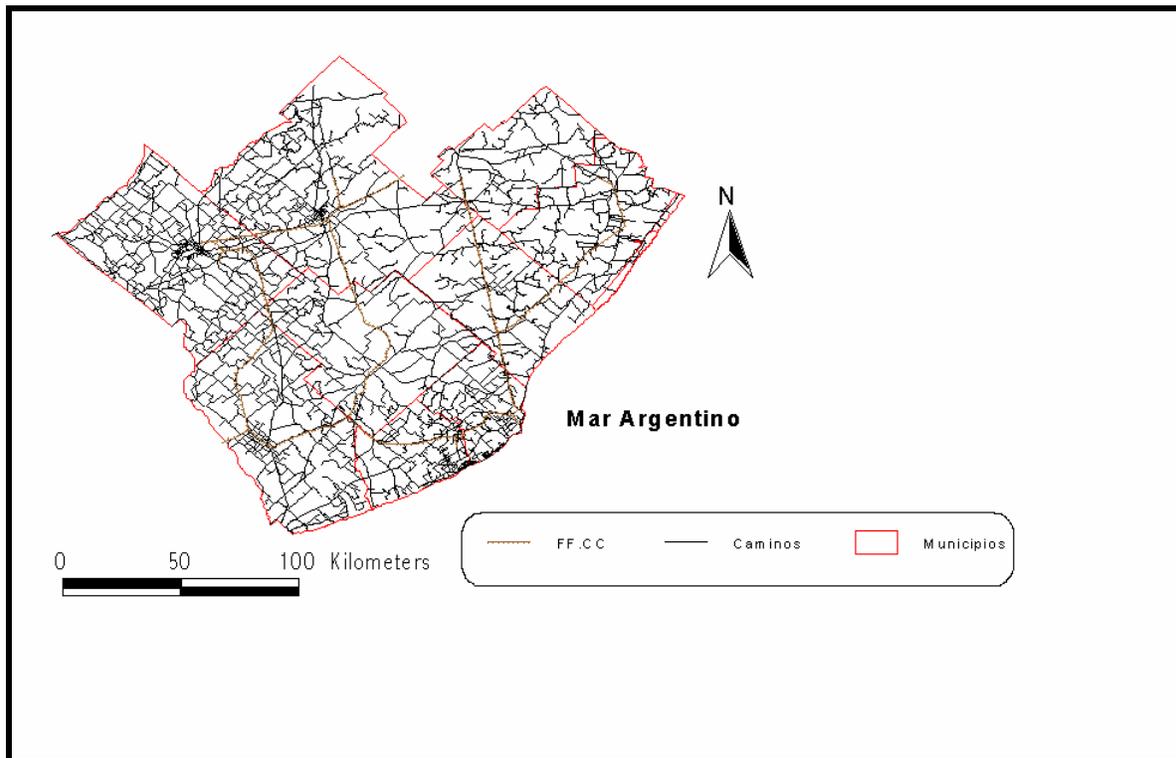
En toda el área de la cuenca predominan las explotaciones agropecuarias modernas y altamente tecnificadas con capacidad de adaptarse con rapidez a las demandas del mercado externo, ya sea de productos agrarios o cárnicos. En la actualidad, los atractivos precios internacionales de la soja hicieron que su producción se ampliara notablemente, disminuyendo el proceso de rotación de cultivos con su consiguiente riesgo para el mantenimiento de los nutrientes de los suelos. Incluso suelos menos productivos, como los que se encuentran en la zona de la Reserva de Mar Chiquita y que tradicionalmente eran ocupados por pasturas para alimentación de ganado bovino, también fueron afectados por este fenómeno. En los próximos años, si se mantiene esta tendencia se podrán establecer las consecuencias de haber adoptado la soja casi como un monocultivo.

#### 4.2.2. INFRAESTRUCTURAS DE COMUNICACIÓN

Las mayores arterias de comunicación de la zona son las que comunican con la ciudad de Buenos Aires, centro económico y político del país. Por lo tanto, tienen una orientación que obstaculiza la muy leve pendiente O-E que desagua en el Atlántico. A fines del siglo XIX y principios del XX, se construyen los ferrocarriles, los cuales fueron asentados sobre terraplenes para evitar que las inundaciones causaran algún daño a las vías. Los caminos adquieren relevancia a partir de la década de 1930 debido al desarrollo del mercado automotor.

Se destacan dos vías de comunicación: la autovía 2, que une las localidades de Mar del Plata y Buenos Aires atravesando la cuenca y a cuyo lado corren las vías del ferrocarril, y la ruta 226 que vincula en su recorrido a ciudades como Tandil, Balcarce y Mar del Plata. El resto de las localidades más destacables están situadas en las proximidades de estas dos carreteras, tal es el caso de Vivoratá y Coronel Vidal. El ferrocarril también está presente en el lugar, aunque varios de sus ramales han sido desactivados, de manera que no es considerado un elemento importante en el paisaje económico actual.

### MAPA 5: CAMINOS Y FERROCARRIL EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA

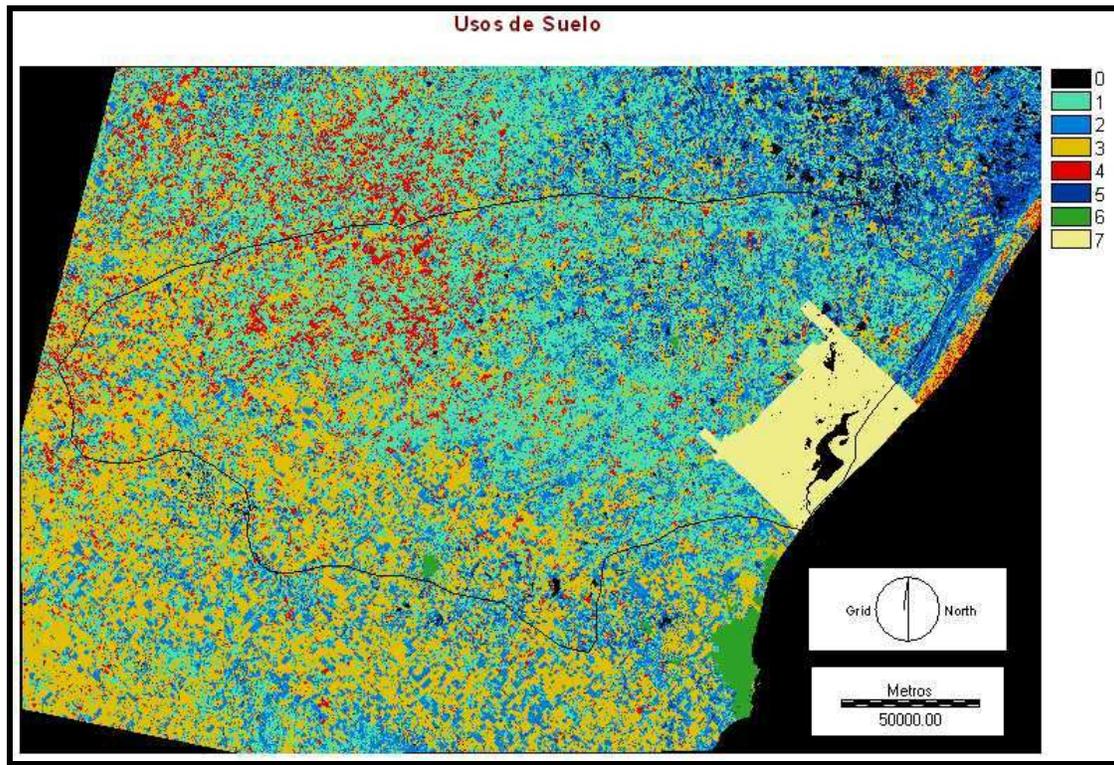


Fuente: elaboración propia

La acumulación de agua en el terreno afecta muy seriamente a las vías de comunicaciones férreas y viales. Es común que las inundaciones provoquen socavaciones y desconsolidación de las obras necesarias para mantener la infraestructura, tal es el caso de los terraplenes. (PREGO Y SABELLA, 1988) En la zona más baja del área de estudio, las frecuentes inundaciones generales ocasionan daños a la red caminera, tanto nacional como provincial, y especialmente a los caminos de tierra.

Algunos de los caminos fueron trazados sin tomar en cuenta la topografía ni la geomorfología. A veces, porque se ignoraban los resultados de estas dos ciencias y otras, por comodidad de las direcciones de vialidad al utilizar cerros locales sin estar vinculados a los puntos fijos de la nivelación general de la Nación. El resultado es que se crearon bajos y se aumentó la superficie inundada y el tiempo de permanencia del agua al alterar el normal comportamiento de las micro pendientes (PREGO Y STILLO, 1988).

## MAPA 6: USOS Y CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA



Fuente: elaboración propia

A partir de una imagen satelital Landsat 7 TM+ del año 2004 se realizó una clasificación supervisada (ver Anexo III) para poder establecer, a grandes rasgos, los diferentes usos de suelo presentes en la zona de estudio. Los resultados permitieron establecer las siguientes categorías:

- 0) Agua
- 1) Pasturas
- 2) Bajos
- 3) Cultivos
- 4) Bajos y pasturas
- 5) Vegetación asociada a bajos
- 6) Urbano
- 7) Conservación

La última categoría incluye la Reserva MAB de Mar Chiquita más el Refugio de Vida Silvestre Provincial que se encuentra al Oeste de la albufera.

**5. LA CONSERVACIÓN EN LA ARGENTINA.  
RESERVAS DE LA BIOSFERA  
Y SITIOS RAMSAR**

## **5.1. LOS ORÍGENES CONCEPTUALES DE LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA**

La Conferencia sobre la Conservación y el Uso Racional de los Recursos de la Biosfera de la UNESCO, en 1968 fue la primera reunión intergubernamental que tuvo como resultado principal la implementación del programa Hombre y Biosfera (MAB). El concepto de Reservas de la Biosfera (RB) era un elemento fundamental para alcanzar la finalidad de compatibilizar los objetivos aparentemente conflictivos de conservación de biodiversidad, el desarrollo socioeconómico y el mantenimiento de los valores culturales asociados. Por lo tanto, las RB fueron pensadas como zonas para experimentar, perfeccionar, demostrar e implementar tales propósitos.

Desde sus comienzos en 1971, el programa MAB de la UNESCO se planteó con un enfoque de investigación interdisciplinaria entre ciencias naturales y sociales que comprendía la presencia humana en los proyectos de conservación de áreas y recursos naturales. Consecuentemente, necesitaba de la existencia de estudios de base tanto naturales como sociales (sociológicos, económicos, antropológicos, históricos, entre otros) que hicieran posible avanzar en el conocimiento de las interacciones entre el hombre y el medio natural.

Esta orientación se hizo más concreta a partir de la concepción de "la conservación como sistema abierto" establecida en 1984 en el Plan de Acción para las Reservas de la Biosfera (1984), cuyo origen puede remontarse a las conclusiones del Primer Congreso Internacional sobre las Reservas de Biosfera ( Minsk, 1983).

A continuación, la denominada Estrategia de Sevilla, aprobada en la Conferencia Internacional sobre Reservas de la Biosfera (Sevilla, Marzo de 1995) y apoyada por el Consejo Internacional de Coordinación en su XIII-Reunión (París, Mayo de 1995), delimitó el desarrollo de igual manera con la conservación. Las RB desempeñan un nuevo papel a nivel global: no sólo son un medio para lograr una relación equilibrada con el entorno para las personas que viven dentro o alrededor de ellas, sino que también permitirán explorar el modo de satisfacer las necesidades básicas de la sociedad en su conjunto, mostrando el camino hacia un futuro más sostenible.

La Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas que tuvo lugar en Río de Janeiro en el año 1992 acordó el Programa 21, los Convenios de Diversidad Biológica, de Cambio Climático y Desertificación para definir las bases de lo que ahora se conoce como desarrollo sostenible, incorporando el cuidado por el medio ambiente, viviendo de los intereses sin agotar el capital natural, asegurando una mayor justicia social, juntamente con el respeto por las comunidades rurales y su sabiduría ancestral. Para que esto sea posible, es indispensable contar con una sólida base científica que permita abarcar la complejidad y magnitud de la propuesta.

### **5.1.1. DEFINICIÓN Y UTILIDAD DE LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA**

Las tendencias actuales en el crecimiento y distribución de la población, el aumento de la demanda de energía y recursos naturales, la globalización de la economía y la creciente presión de la economía en zonas rurales, la pérdida de las singularidades culturales, la centralización de la información relevante y su difícil acceso, y la difusión desigual de las

innovaciones tecnológicas componen, en conjunto, una imagen compleja acerca las perspectivas ambientales y de desarrollo en los próximos años.

Las RB fueron creadas para resolver uno de los mayores desafíos que enfrenta el Mundo: conservar la diversidad de plantas, animales y microorganismos que integran nuestra biosfera, mantener ecosistemas naturales sanos y al mismo tiempo, satisfacer las necesidades materiales y los deseos de un creciente número de seres humanos. De esta manera surge el siguiente interrogante: ¿cómo hacer compatible la conservación de los recursos biológicos con el uso sostenible de los mismos?

Las RB son zonas en las que la población puede mantener sus tradiciones y mejorar su bienestar económico mediante la aplicación de tecnologías cultural y ambientalmente adecuadas. Incluso, algunos sistemas tradicionales son muy eficaces para la conservación de antiguas razas de ganado y variedades de cultivos, que suponen una valiosa reserva genética para las actividades agropecuarias modernas.

Para llevar a cabo las actividades de conservación y uso racional de los recursos naturales, las RB se ordenan espacial y funcionalmente mediante una división en tres tipos de zonas interrelacionadas: núcleo, de amortiguación y transición.

La zonificación se aplica de diferentes maneras en la práctica para adaptarse a las diferentes características geográficas y condicionamientos locales. Esta flexibilidad puede utilizarse en forma creativa y es uno de los puntos más fuertes del concepto de RB.

La zona núcleo tiene que estar establecida legalmente y debe asegurar una protección a largo plazo del paisaje, los ecosistemas y las especies que contiene y debe ser suficientemente grande para garantizar los objetivos de la conservación. Por lo general, la zona núcleo no está sometida a la acción antrópica, excepto para la investigación y el seguimiento y, como podría ser el caso, para usos extractivos tradicionales por parte de las poblaciones locales o para actividades de recreación. Debido a que la naturaleza es raramente uniforme y que tradicionalmente existen limitaciones a los usos del territorio en muchas partes del mundo, puede haber varias zonas núcleo en una sola RB para asegurar la cobertura de los distintos tipos de sistemas ecológicos presentes.

La zona de amortiguación, cuyos límites están bien delimitados, rodea la zona núcleo o está junto a ella. Las actividades que aquí se desarrollan están organizadas para no obstaculizar los objetivos de conservación de la zona núcleo. De ahí proviene la idea de "amortiguación", en ella se puede llevar a cabo la investigación experimental para hallar formas de manejo de la vegetación natural, tierras de cultivo, bosques o pesca, con el fin de mejorar la producción a la vez que se conservan los procesos naturales y la diversidad biológica, incluyendo el suelo, en el máximo grado posible. Igualmente, en la zona de amortiguación se pueden realizar experimentos sobre la rehabilitación de áreas degradadas, además de proveer apoyo para actividades de educación, turismo y de recreación.

La zona de transición es la zona externa de la reserva; en ella, se pueden localizar asentamientos humanos, desarrollar diversas actividades agrícolas, ganaderas, forestales y de aprovechamiento de fauna y flora. Aquí, las poblaciones locales, organismos de

conservación, científicos, asociaciones civiles, grupos culturales, empresas privadas y otros interesados deben trabajar en conjunto en tareas de gestión y desarrollo sostenible de los recursos de la zona para el beneficio de sus habitantes. Dado el papel que la RB ha de desempeñar en la gestión sostenible de los recursos naturales de la región, la zona de transición tiene un fuerte significado social para el desarrollo de la misma.

Las RB, que pueden representar tanto zonas terrestres como acuáticas, aportan valiosos servicios ambientales: mantenimiento de los ciclos biológicos que sirven para evitar la erosión edáfica, mantenimiento la fertilidad del suelo, regulación de los caudales de los ríos, recarga de acuíferos, reciclado nutrientes y absorción de contaminantes del aire y del agua, entre otros.

La creciente presión del hombre sobre el suelo y el agua está disminuyendo drásticamente la diversidad de especies de plantas y animales, de ecosistemas y de paisajes del planeta. Debido a que la biodiversidad es una fuente potencial de alimentos, fibras, medicinas y materias primas para la industria y la construcción, esto representa una amenaza para el desarrollo de la humanidad. Las zonas núcleo y las zonas de amortiguación de las RB sirven como depósitos para salvaguardar ejemplares representativos de la biodiversidad de los biomas más importantes del mundo. Asimismo actúan como lugares de referencia para aumentar el conocimiento sobre la biodiversidad ya que constituye una riqueza insustituible para la investigación científica, la formación y la recreación.

Un tipo de investigación que se puede realizar en las RB es el análisis de la estructura y dinámica de los sistemas naturales mínimamente perturbados de las zonas núcleo y compararlos con el funcionamiento de los paisajes antropizados de las zonas de amortiguamiento y de transición. Al realizarse estos estudios a largo plazo, se manifiesta cómo están cambiando los sistemas naturales con el tiempo. Determinar a largo plazo zonas de seguimiento semejantes y convenir métodos y mediciones favorece la comparación de resultados a nivel regional y global. La información obtenida de esta manera permite comprender mejor los cambios ambientales a nivel global.

#### 5.1.2. USO DE SUELO, TENENCIA Y PROPIEDAD DE LA TIERRA EN LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA

Cada RB permanece bajo la jurisdicción del país donde está ubicada y su configuración depende de situaciones locales. Algunos países han promulgado una normativa específica para el establecimiento de RB. Sin embargo, es frecuente establecer RB aprovechando la existencia de zonas que ya disponen de algún tipo protección legal. Diversas RB encierran simultáneamente áreas protegidas bajo otros sistemas (como parques nacionales o reservas naturales) o incluidas en otros sitios internacionalmente reconocidos (como Sitios del Patrimonio Mundial o los humedales del Convenio de Ramsar).

El establecimiento de una RB no introduce cambios en la jurisdicción o tenencia de la tierra, pero da la oportunidad para la propuesta y aplicación de nuevos métodos de gestión ambiental ya que desean ser modelos para el ordenamiento territorial.

Los acuerdos sobre la propiedad del suelo pueden ser variables. Las zonas núcleo de las RB son, en general, tierras de dominio público protegidas, pero también pueden ser

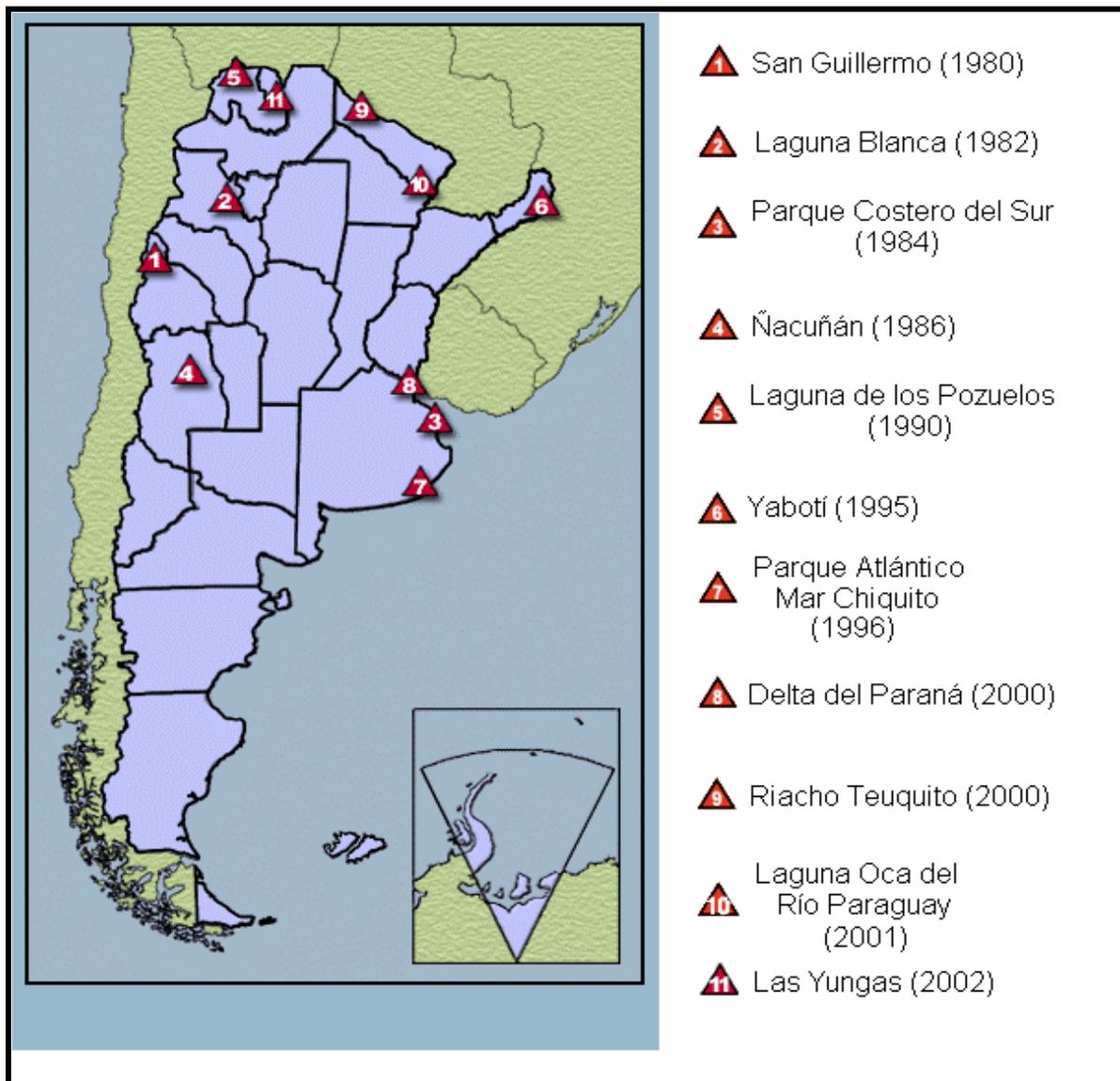
privadas o pertenecer a Organizaciones No Gubernamentales. En muchos casos, la zona de amortiguamiento es de titularidad pública o de propiedad privada, a la vez que éste es el caso más habitual en la zona de transición.

La implementación de una RB presume un enorme reto de concertación de intereses, principalmente por la necesidad de establecer un mecanismo apropiado, como un comité de gestión, por ejemplo, suficientemente representativo de todos los actores sociales involucrados, que permita institucionalizar la participación social, conciliar diferencias y aspectos conflictivos y planificar y coordinar todas las actividades que han de desarrollarse en ella. Esta dimensión humana de las RB es lo que las hace distintas de las demás reservas naturales. La gestión tiene que ser abierta, dinámica y flexible. Una filosofía como ésta exige paciencia e imaginación, pero permite a la población local estar mejor preparada para responder a las presiones políticas, económicas y sociales externas que podrían afectar los valores culturales y ecológicos de la zona.

### 5.1.3. LOCALIZACIÓN DE LAS RESERVAS DE LA BIOSFERA EN LA ARGENTINA

En la Argentina se encuentran once Reservas de la Biosfera, de las cuales San Guillermo es la más antigua ya que fue creada en el año 1980. De las restantes, cuatro fueron creadas a partir del año 2000.

### MAPA 7: RESERVAS MAB EN LA REPÚBLICA ARGENTINA



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente [www.medioambiente.gov.ar](http://www.medioambiente.gov.ar)

## 5.2. LA IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES: SITIOS RAMSAR

### 5.2.1. CONCEPTO, FUNCIÓN E IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES

El término humedales comprende una amplia gama de hábitats interiores, costeros y marinos que poseen determinadas características en común. Habitualmente se los conoce como zonas que se inundan de forma temporal, debido al afloramiento en superficie de la napa freática o en suelos de baja permeabilidad cubiertos por agua poco profunda. En definitiva, el agua juega un rol fundamental en el ecosistema, en la determinación de la estructura y las funciones ecológicas del humedal.

Se los define en forma amplia como: *"las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros"*. (Convención sobre los Humedales, Ramsar, 1971).

La importancia del agua hace que los humedales asuman características distintas de las existentes en los ecosistemas terrestres, siendo una de ellas presentar una gran variabilidad tanto en el tiempo como en el espacio. Esto se refleja en la diversidad biológica presente en los humedales que debe adaptarse para sobrevivir a estos cambios que pueden llegar a ser muy extremos, como son los ciclos hidrológicos con períodos de gran sequía y períodos de gran inundación.

Entre los procesos hidrológicos que se desarrollan en los humedales se destaca la recarga de acuíferos, cuando el agua acumulada en el humedal se filtra hasta las napas subterráneas. Entre las funciones ecológicas que desarrollan los humedales se encuentra favorecer la mitigación de las inundaciones y de la erosión costera. Asimismo, juegan un papel fundamental en los ciclos de la materia y en la calidad de las aguas a través de la retención, transformación y remoción de sedimentos, nutrientes y contaminantes.

Los humedales proveen servicios de gran importancia para la sociedad y , por lo tanto, su manejo implica la necesidad de fomentar su uso racional, es decir, *"la utilización sostenible que otorga beneficios a la humanidad de una manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema"*. En consecuencia, esto comprende la explotación de los recursos por medio de prácticas tradicionales manteniendo siempre la capacidad de carga del ecosistema.

Una herramienta efectiva para lograr una gestión de humedales que promueva su conservación y utilización sustentable es el desarrollo de planes de manejo. Deben asumir un enfoque interdisciplinario que, por medio del conocimiento de las características y funciones del humedal y los aspectos socio-económicos propios de la zona, estudie los usos posibles del humedal. Para que sean realmente eficaces, los planes de manejo deben destacar la participación de los diferentes actores sociales involucrados en la explotación de los recursos y la comunidad local. Igualmente, debido a las características dinámicas propias de los humedales, los planes de manejo deben ser sometidos a estudios y revisión permanente.

La gestión comprende varios objetivos, entre los que se pueden mencionar: mejorar el conocimiento para poder desarrollar en el futuro mejores programas de gestión, estimular la participación ciudadana y de los organismos públicos competentes, fomentar la cooperación entre todos los actores involucrados, no ampliar nuevas actividades hasta conocer la capacidad de respuesta del humedal y favorecer la educación ambiental, entre otros.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Los conceptos utilizados en las secciones 5.1 y 5.2 corresponden, en su amplia mayoría, al material provisto, utilizado y sugerido por la VI Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural.

## 5.2.2. LOS HUMEDALES EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

En territorio argentino la Cuenca del Plata comprende una amplia región de aproximadamente 1.034.000 km<sup>2</sup>, que engloba una gran cantidad de humedales. Esta zona se halla bajo una fuerte influencia antrópica. En el lugar, se localizan los centros urbanos más importantes del país, junto con destacables cinturones agropecuarios e industriales. Los ambientes acuáticos permanentes y temporarios son utilizados para la navegación, el abastecimiento de agua dulce, la pesca comercial y deportiva y la recreación.

La Cuenca del Salado en la Provincia de Buenos Aires es de menor superficie, pero igualmente tiene gran importancia a nivel regional. Es la columna vertebral de varios de los ecosistemas pampeanos, con numerosas bañados y lagunas que forman zonas de nutrida y particular biodiversidad. Estos ambientes interactúan estrechamente con tierras destinadas a la producción agropecuaria, de acuerdo con los ciclos multianuales del régimen pluviométrico. El Río Salado desemboca en la Bahía Samborombón conformando una extensa zona intermareal correspondiente al estuario del Río de la Plata, identificada por la presencia de bañados, pantanos salobres y cangrejales.

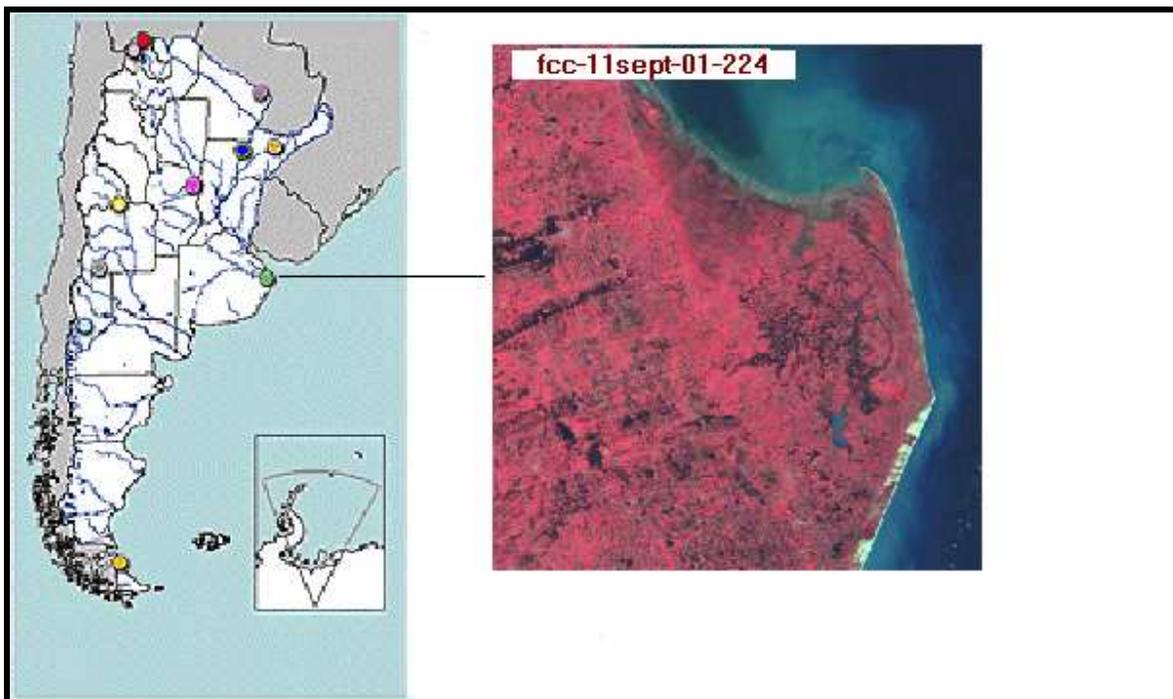
Las zonas costeras componen asimismo humedales de gran importancia. En la Provincia de Buenos Aires, se destacan la albufera de Mar Chiquita, una laguna costera de agua salada conectada con el mar; el estuario de Bahía Blanca, conformado por varios ríos y arroyos pequeños, con extensas zonas intermareales, islas, playas de arena y bañados de agua salobre y la Bahía Anegada en la desembocadura del Río Colorado, que también presenta una zona intermareal amplia, bañados de agua salada, islas y playas de arena.

### 5.2.2.1. EL MARCO LEGAL DE LOS HUMEDALES EN LA ARGENTINA

En el año 1991, la República Argentina aprobó la Convención sobre los Humedales por medio de la sanción de la Ley 23.919 que entró en vigor al año siguiente. De esta manera, se instruyó la suscripción de nuestro país a la Convención, con la introducción de tres sitios en la Lista de Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar): los Parques Nacionales Río Pilcomayo (Formosa) y Laguna Blanca (Neuquén) y el Monumento Natural Laguna de los Pozuelos (Jujuy).

Debido al carácter federal de la Argentina, la designación de humedales para la Lista de Humedales de Importancia Internacional debe proponerse por solicitud de los gobiernos provinciales. En consecuencia, y en base a las Fichas Técnicas elaboradas por las Provincias respectivas, en el año 1995 se incluyeron en la Lista de Humedales de Importancia Internacional numerosos humedales argentinos, entre el que se destaca la Bahía Samborombón, Provincia de Buenos Aires.

## MAPA 8: SITIOS RAMSAR EN LA ARGENTINA Y BAHÍA DE SAMBOROMBÓN



Fuente: Secretaría de Medio Ambiente [www.medioambiente.gov.ar](http://www.medioambiente.gov.ar)

### 5.2.3. COMPARACIÓN CON EL PLAN ANDALUZ DE HUMEDALES (ESPAÑA)

El Plan Andaluz de Humedales (PAH) adoptó como guía conceptual la Aproximación Ecosistémica o Gestión de Ecosistemas partiendo de la idea de que la Naturaleza debe ser abordada como unidad y no de manera fragmentada, sin dejar de considerar al hombre como participante del sistema natural.

El estudio de los humedales a partir del enfoque ecosistémico comprende la caracterización de los dos atributos básicos de los humedales y de cualquier otro sistema natural: la integridad ecológica y la salud ecológica. El primero hace referencia a la estructura, funcionamiento y dinámica del ecosistema. Un normal comportamiento de estas variables le permite responder a las perturbaciones generadas por la naturaleza y el hombre. Los humedales también son vulnerables a los impactos negativos de acciones que ocurren fuera de ellos. Por tal motivo, la conservación y el uso sustentable de los humedales debe desarrollarse a través de un enfoque integrado que considere los distintos ecosistemas asociados. El segundo atributo corresponde al valor social del ecosistema. Este aporta bienes y servicios que pueden ser explotados por el hombre. Un ecosistema con un buen nivel de salud ecológica puede soportar la explotación, siempre y cuando las actividades antrópicas se mantengan dentro de los límites establecidos.

En la Argentina, a pesar de ser un país federal, los organismos centrales son los que tienen el mayor poder y presupuesto. Por lo tanto, la Administración de Parques Nacionales (APN) es la que plantea la necesidad de proteger los humedales de todo el país. En la Provincia de Buenos Aires, como se mencionó en párrafos anteriores, se

encuentra la Bahía de Samborombón, uno de los humedales más importantes de la zona, pero los preceptos para su conservación son establecidos desde la organización ambiental nacional.

La mayoría de los humedales de la Provincia de Buenos Aires se encuentran en manos privadas de manera que es muy difícil su acceso y evaluación periódica. Por lo tanto, en la mayoría de los propietarios recae la conservación de los humedales, pero como es de esperar, los explotan de acuerdo con sus intereses económicos.

La Provincia de Buenos Aires tiene una secretaría encargada de temas ambientales a pesar de que la mayoría de las investigaciones que se realizan en los humedales están a cargo de las universidades, que en su mayoría dependen de la órbita nacional.

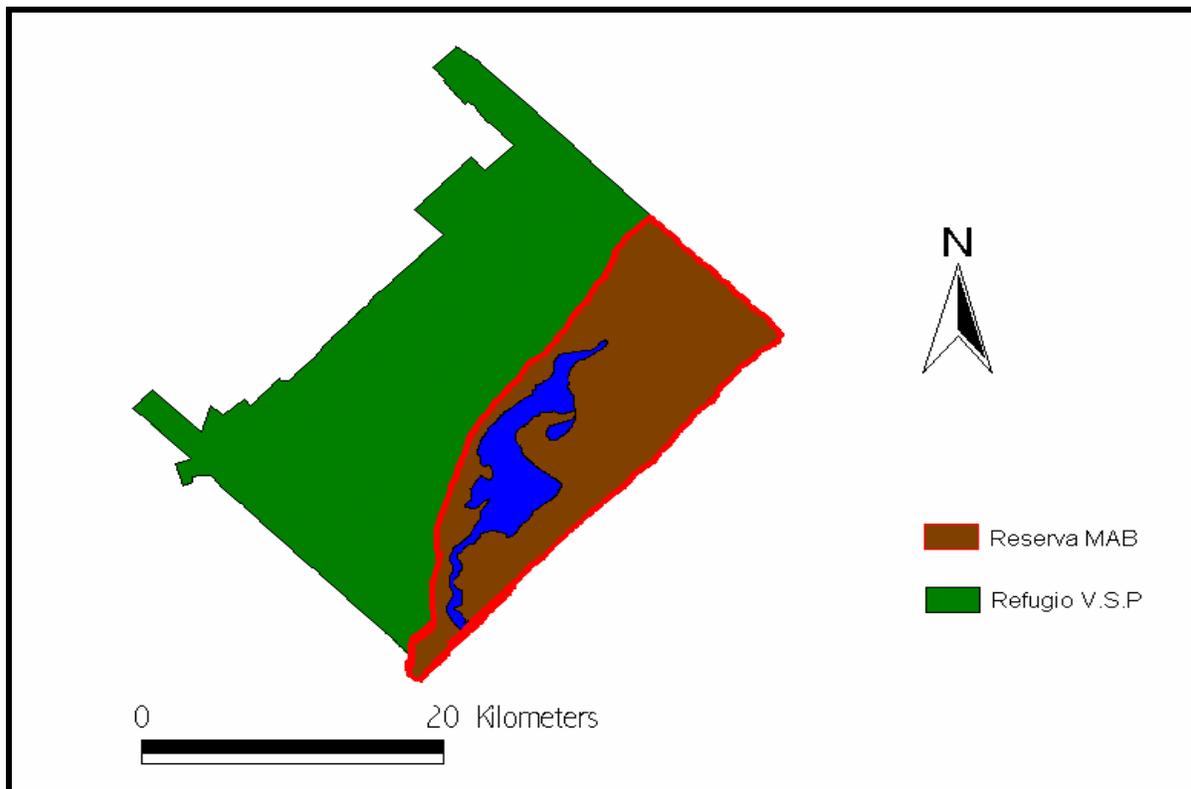
Asimismo, las limitaciones presupuestarias son muchas y debido a las recurrentes crisis económicas del país se puede decir que solamente desde la aproximación metodológica la Argentina tiene un programa desarrollado para la conservación de los humedales y del resto del medio natural. Desafortunadamente, la realidad física de los lugares no siempre tiene correlato con lo que se plantea desde el punto de vista teórico, más aun considerando que la falta de descentralización de las políticas ambientales atenta contra una correcta evaluación y seguimiento de la situación ambiental.

El PAH demuestra una gran autonomía en el diseño del programa, con objetivos similares a los que se plantean para la Argentina, pero con una realidad y recursos que le permiten cumplir con los objetivos planteados.

### **5.3. LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA**

La albufera Mar Chiquita fue declarada Reserva Mundial de Biosfera "Parque Atlántico Mar Chiquito" por MAB-UNESCO en abril de 1996. En febrero de 1999 fue a su vez declarada Reserva Natural de Uso Múltiple por el gobierno provincial (MANGIAROTTI y CAÑETE, 2002). La Reserva MAB comprende la laguna (unas 5000 has.) y los campos aledaños, de uso principalmente ganadero, cubriendo en total unas 26000 has. que actúan como zona de amortiguamiento. El límite Oeste coincide con la Ruta Nacional N°11 y al norte finaliza con las vías del ferrocarril. Al Oeste, se extiende un área de aproximadamente 45000 has., declarada Refugio de Vida Silvestre Provincial (RVSP), cuya única restricción de uso es que no se permite la caza, y que podría actuar como ampliación del área de amortiguamiento de la Reserva MAB (formalmente no reviste esa figura hasta el momento) o como zona de transición; en este lugar, el uso agrícola es más importante, constatándose en especial un avance importante del cultivo de la soja en los últimos años, aunque la ganadería sigue siendo muy relevante.

### MAPA 9: RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP



Fuente: elaboración propia

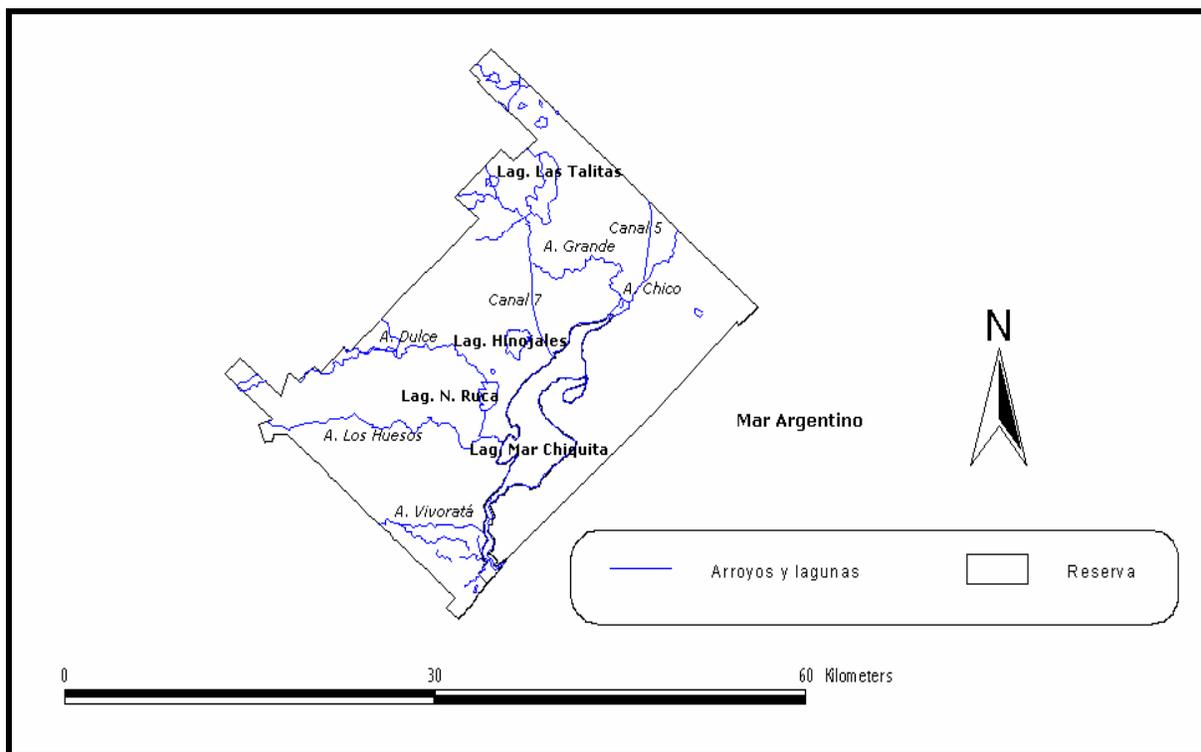
#### 5.3.1. HIDROGRAFÍA

La laguna puede dividirse en dos ambientes netamente diferenciados desde el punto de vista hidrográfico: un cuerpo lagunar, donde la acción de la marea no es percibida bajo ninguna circunstancia y un sector de características estuariales, ubicado desde la boca de la laguna hasta donde es percibida la acción de la marea. El límite entre ambos ambientes es muy variable definiéndose por la conjunción de las siguientes variables: la amplitud de las mareas, las condiciones meteorológicas y el volumen de agua dulce presente en la laguna (RETA, 1996).

En la laguna se desarrolló una fauna y flora muy relacionadas con los diferentes subambientes: planicies mareales, llanura de inundación, marismas, deltas mareales, barrera de médanos, depresiones intermedanosas y paleoplayas.

A la laguna aportan diferentes arroyos y canales artificiales que nacen en el Sistema de Tandilia siendo los más importantes el Vivotatá y El Dulce. Entre los canales se destacan el 5 y 7. Otros arroyos importantes son Los Huesos, el Chico y el Grande. Entre las lagunas que mantienen contacto con la albufera se encuentran Hinojales, Nahuel Ruca y las Talitas.

### MAPA 10: ARROYOS Y LAGUNAS EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA y RVSP



Fuente: elaboración propia

#### 5.3.2. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

El paisaje es muy llano con una suave pendiente hacia el Este. Los rasgos positivos que se destacan son las dunas de limo al Oeste y los médanos de arena que forman una barrera litoral al Este. La laguna de Mar Chiquita y otra depresión conectada (La Lagunita) conforman los rasgos negativos más importantes. Hacia el Oeste existen numerosas depresiones de forma circular que se originaron por procesos de deflación (lagunas Nahuel Ruca, Hinojales, Sotelo, Tobares, Góngora, Hinojales Grande, Cañadón Grande). La excavación de los canales 7 y 5 ha alterado el drenaje original procurando evitar inundaciones. Esto no se consigue cuando el ascenso de los niveles freáticos se ubican por encima de la superficie, como sucedió en 1980.

Los médanos de la barrera litoral mantienen la topografía original. De este modo, se ha reconocido la transición de dunas parabólicas, transversales, barjanoides y en estrella desde el sur hacia el norte, en el sentido de transporte dominante y a medida que aumenta la disponibilidad de arena. (ISLA, 1997).

La Laguna de Mar Chiquita se desarrolló sobre una planicie costera que se extiende al pie del Sistema de Tandilia. Durante el Pleistoceno Medio, la planicie pampeana estaba surcada por efímeros cursos de agua que se vinculaban con depósitos eólicos y lagunas, con el aporte episódico de cenizas volcánicas provenientes de la Cordillera de los Andes. Las distintas variaciones del nivel del mar durante el pleistoceno y las consecuentes

ingresiones y regresiones marinas causaron la depositación de diferentes materiales, siendo los aportes de dunas de limo el tope de ese depósito y que en la actualidad mantienen la expresión topográfica del Pleistoceno Superior.

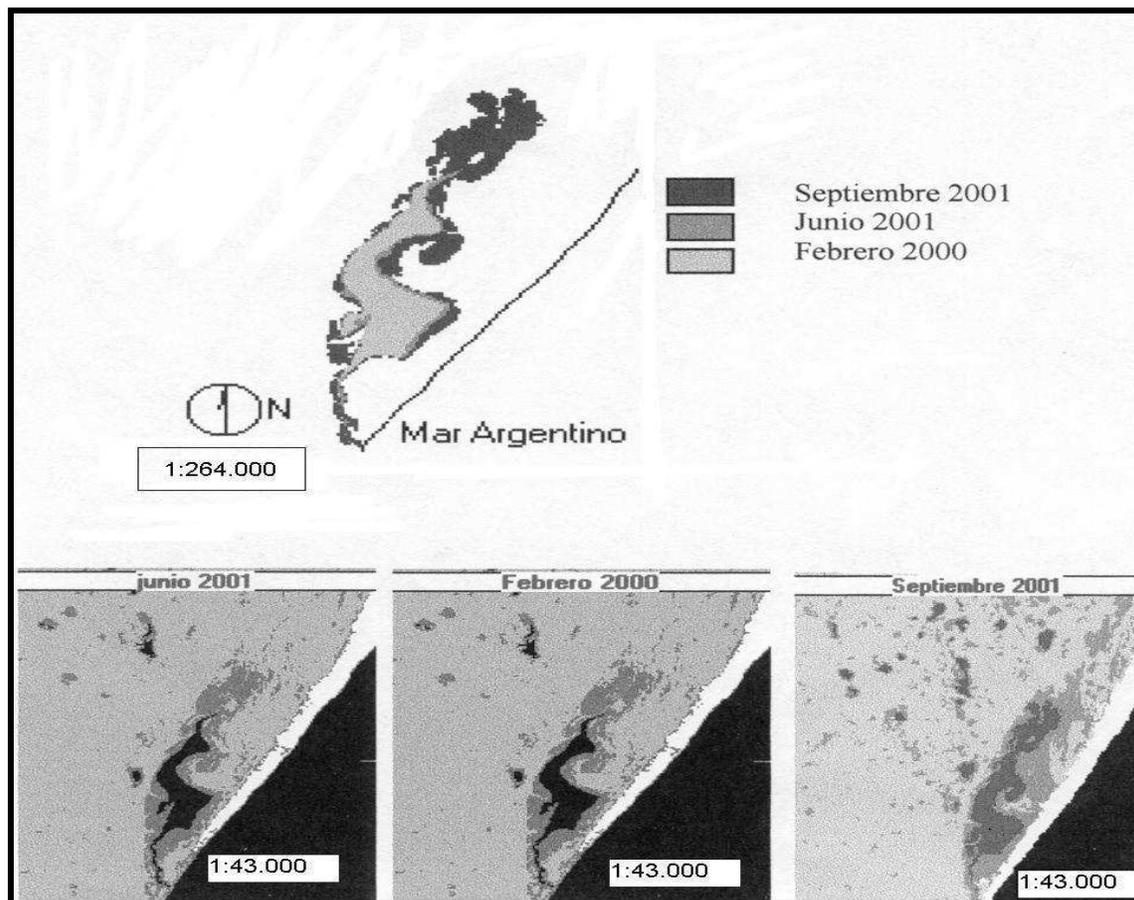
El Holoceno significó un clima más benigno y un aumento de las precipitaciones que se registra por la formación de suelos con mayor contenido de materia orgánica. Nuevamente se produce una gran ingesión del mar que durante su descenso hacia su posición actual originó una barrera litoral que terminó por darle forma a la actual albufera de Mar Chiquita.

El área de la Planicie Fluvioeólica, donde predominan los bajos y humedales es susceptible al incremento de las precipitaciones registradas en las últimas dos décadas, de manera que la superficie de los cuerpos de agua aumenta considerablemente luego de un período de lluvias intensas.

Fecha	<i>Febrero 2001</i>	<i>Julio 2001</i>	<i>Septiembre 2001</i>
Superficie (Has.)	3056	4018	6924
Variación (en %)	--	31.5%	72%

La Laguna de Mar Chiquita presenta modificaciones en su tamaño luego de períodos de intensas precipitaciones, tal es el caso del año 2001. Los resultados de la tabla muestran como la superficie del espejo de agua muestra variaciones significativas en su superficie entre febrero de 2000 y septiembre del año siguiente. El principal aumento de la superficie del cuerpo del agua se registra en la desembocadura del canal 7, al norte de la laguna, y en la zona de marismas, es decir al Este de la albufera.

**FIGURA 4: EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA LAGUNA DE MAR CHIQUITA**



Fuente: Celemín (2003)

### 5.3.3. FLORA Y FAUNA

En la reserva predominan los pastizales, siendo la fisonomía predominante la del pastizal de altura media y alta en la llanura marginal, pastizal de médanos y pajonal anegadizo con gradiente negativo hacia el Este y aumento al Oeste, con un fuerte control edáfico o topográfico sobre barrancas, crestas, médanos y bordes de laguna.

La vegetación es esencialmente halófila en facies lagunar herbácea, en médanos y estepa psamófila en llanura marginal. El más amplio espectro está conformado por gramíneas. Es notable también la presencia de espartillares, hunquillares, duraznillares, estepa halófila, pajonales de *Androtrichum* y *Tessaria*. Los árboles son especies exóticas, siendo sólo el *Tala Celtis spinoza* la única nativa que se encuentra fuera del área protegida.

Entre los animales se puede mencionar la presencia de ñandúes, liebres, zorros y perdices. Respecto a los peces se registra una gran cantidad de pejerreyes, lisas y corvinas. Hay gran cantidad de aves como los chorlos y gaviotas; los anátidos son fácilmente ubicables en los bañados y pajonales. Asimismo en la laguna es común encontrar flamencos y cisnes de cuello negro.

En total se han registrado alrededor de ciento ochenta especies animales, representando casi una quinta parte de las especies presentes en el país (CHIURLA, 2000).

#### 5.3.4. EVALUACIÓN DEL MANEJO ANTRÓPICO

La falta de pendiente e integración del drenaje provocan periódicas inundaciones de manera que ha principios del siglo XX la Comisión de Canales y Desagües propuso la construcción de canales para solucionar este problema. Se construyeron dos (canales 5 y 7) aunque a pesar de estas obras, las inundaciones siguen siendo un fenómeno recurrente luego de intensas lluvias.

En la década del sesenta, terrenos ubicados cerca de la desembocadura de la laguna fueron cedidos a la Fuerza Aérea que construyó un puente de acceso a la base del Centro Experimental de Lanzamiento de Misiles Autopropulsados (CELPA) en el año 1967. Este puente causó gran impacto en la laguna ya que dificultó su habitual vinculación con el mar, alterando los procesos mareales. Esto ha causado rangos de salinidad muy cambiantes según las estaciones y la concentración de sedimentos en suspensión de acuerdo con los efectos del viento sobre el fondo de la laguna.

Otro efecto negativo causado por el hombre ha sido la obstrucción de la deriva litoral. La construcción de un espigón al Sur de la laguna provocó la retención de sedimentos y la disminución de la disponibilidad de arena en la desembocadura. Asimismo incrementó la erosión de las playas ubicadas al norte.

#### 5.3.5. CONFORMACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS

En la zona de estudio intervienen diferentes niveles de protección que, conjuntamente con la presencia del CELPA y los propietarios privados, se superponen jurisdiccionalmente dando origen a diferentes conflictos a nivel territorial. Sin embargo, el Departamento de las Zonas Protegidas del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires es la verdadera autoridad con competencia sobre la reserva, aunque también participan en el control agentes de la Municipalidad de Mar Chiquita.

- *Reserva Dunas del Atlántico Sur*: creada en el año 1989, dependiente de la Provincia de Buenos Aires.
- *Parque Atlántico Mar Chiquito*: establecido en 1995, incluye propiedades privadas y estatales. Gestión a cargo de la Municipalidad de Mar Chiquita.
- *Reserva de la Biosfera de la UNESCO*: creada en el año 1996 con una superficie aproximada de 10.000has. Categoría de manejo internacional.

La participación conjunta entre la provincia y la municipalidad se hizo visible a partir de la creación del Centro de interpretación de la Naturaleza que fue inaugurado en diciembre de 2004 por la Municipalidad de Mar Chiquita y la Secretaría de Turismo y Deportes de la Provincia de Buenos Aires. Este centro es el resultado de un acuerdo marco ente ambas jurisdicciones firmado en 1997 con la intención de tener un gradual y adaptativo manejo de la reserva (Diario LA CAPITAL, 2005).

### 5.3.6. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE GESTIÓN EN LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA

La Laguna de Mar Chiquita es la única albufera en toda la República Argentina y está protegida por diferentes instancias, destacándose su categoría como Reserva de la Biosfera. De todas maneras, existen numerosos problemas que impiden que la conservación de la laguna sea efectuada de manera efectiva.

A las tres jurisdicciones presentes (municipal, provincial y nacional) hay que agregarle que la mayor parte de la superficie de la reserva está en manos privadas. Mientras que la municipalidad presenta una categoría de manejo denominada Parque Atlántico Mar Chiquito, la provincia posee una reserva en la zona de los médanos costeros. Esto se debe a que toda la línea de costa es jurisdicción provincial, al igual que los cuerpos de agua presentes en toda la superficie de la Provincia de Buenos Aires.

Por otra parte, el sector que pertenece al fisco nacional está en manos de la Fuerza Aérea, la cual ha utilizado el lugar para realizar prácticas misilísticas durante varios años causando alteraciones en la fauna local, especialmente en las aves. También, construyeron un puente en una zona cercana a la boca de la laguna, de manera que se altera el normal comportamiento y vinculación del cuerpo lacustre con el mar.

Otro problema recurrente en la laguna es el control de la pesca ilegal, dado que de acuerdo con la Ley provincial 11.477 sólo se autoriza la actividad si se realiza con caña. Sin embargo, se han detectado casos de personas que utilizan medios ilegales, tal es el caso de las redes de arrastre que atentan contra la fauna ictícola. Existe un cupo de cantidad y límite de las especies capturadas para lo cual los guardaparques realizan controles sin previo aviso solicitando la a los visitantes licencia para pescar. Cuando se comprueba una infracción, se labra una sanción y lo secuestrado es entregado a entidades de bien público para su consumo.

De todas maneras, las autoridades reconocen que en los 25km. de la laguna es posible que se produzcan casos de pesca ilegal aunque las vías de acceso a la laguna (el canal 5 y el peaje de la ruta 11) son cuellos de botella que pueden ser fácilmente controlados (Diario LA CAPITAL, 2005).

Para las tareas de vigilancia y orientación, la reserva cuenta con dos guardaparques, además de pasantes de la Escuela de Ciencias Ambientales "Perito Moreno" durante la temporada de verano, integrantes de la fiscalía y miembros de la policía provincial. Sin embargo, esta cantidad de personas permanente en el lugar no es suficiente para realizar tareas más complejas, como es el control de cazadores furtivos.

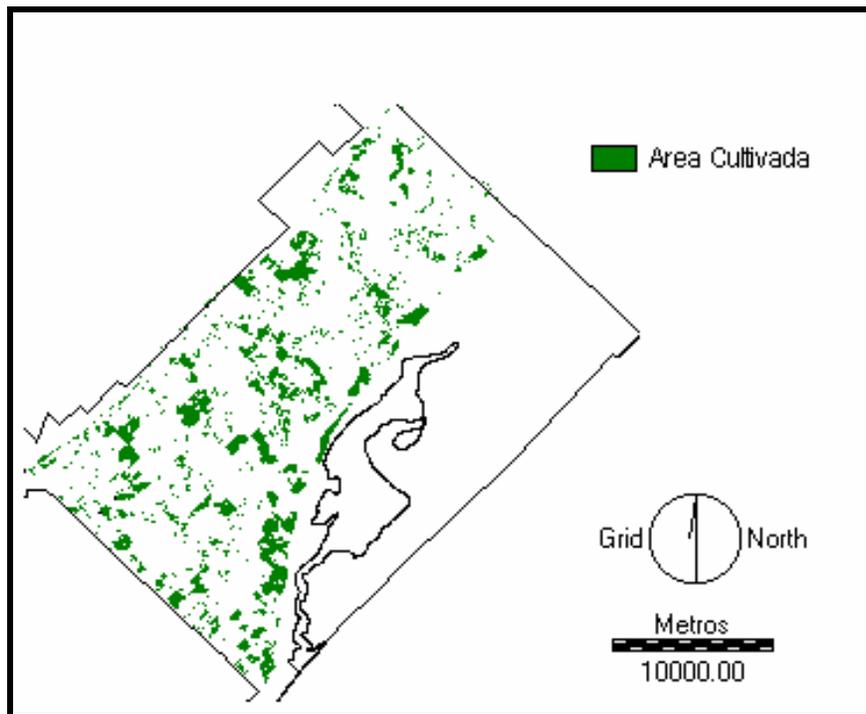
Las autoridades de la reserva buscan mejorar la gestión propiciando una mayor participación de los ciudadanos de las zonas aledañas a la laguna. Esto fue establecido como uno de los principales objetivos fijados a partir de la instauración Centro de Interpretación de la Naturaleza en la temporada de verano 2004/05. Es destacable que la financiación de este centro fue tanto provincial como municipal de manera que aparece como un indicio de la integración de las políticas ambientales de ambas jurisdicciones para la zona de la laguna.

### 5.3.7. EL AVANCE DE LA AGRICULTURA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA

A pesar de encontrarse en suelos que, comparados con los que la circundan no son muy aptos para la agricultura debido a la cercanía de la napa freática a la superficie y al gradiente extremadamente bajo, los atractivos precios internacionales de algunos cultivos (en especial la soja) favorecieron el aumento del área cultivada en Refugio de Vida Silvestre Provincial (RVSP), cuya única restricción de uso es que no se permite la caza y que limita con la Reserva MAB.

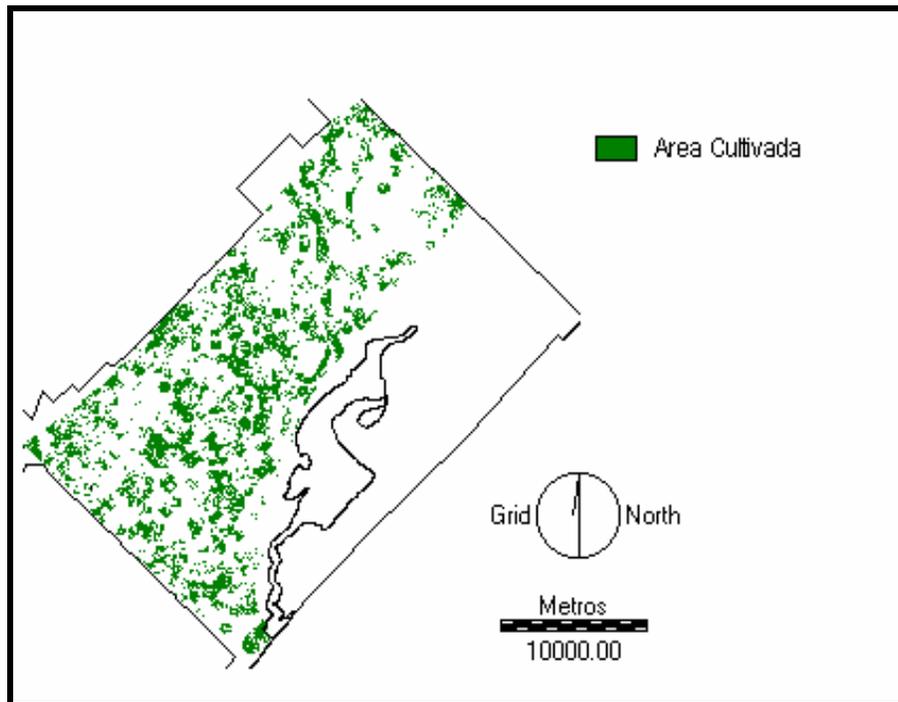
La clasificación supervisada de dos imágenes satelitales correspondientes a los años 1998 y 2004 permitió elaborar los mapas 11 y 12 en los cuales se puede observar la variación de la superficie cultivada en ese período de seis años. La misma pasó de ocupar 6918.21 has. en 1998 a abarcar 11625.75 has. en el año 2004.

**MAPA 11: SUPERFICIE CULTIVADA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 1998**



Fuente: elaboración propia

**MAPA 12: SUPERFICIE CULTIVADA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA y RVSP EN 2004**

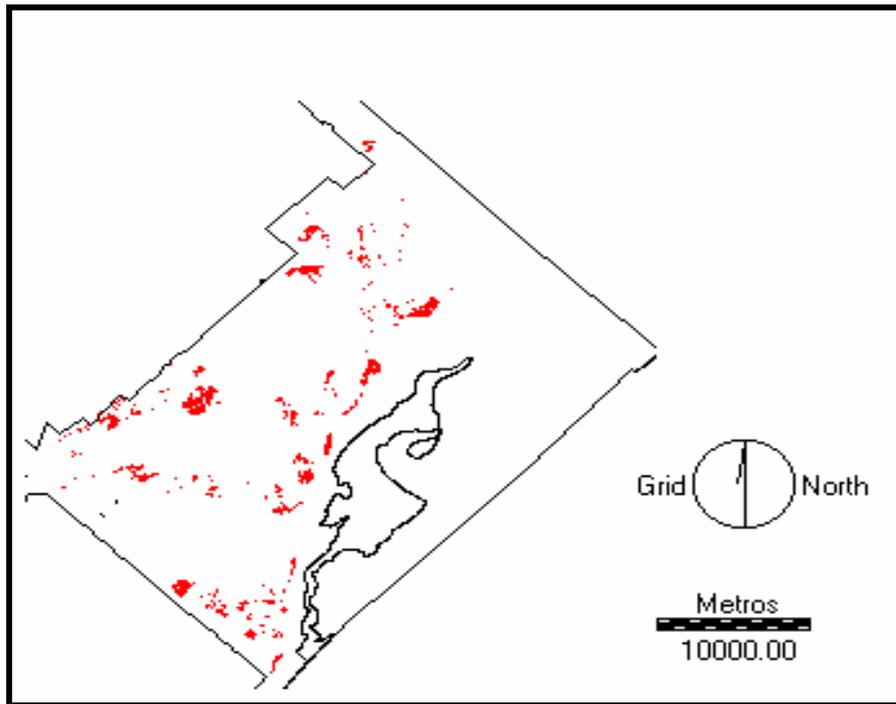


Fuente: elaboración propia

La mayor parte de los nuevos cultivos se encuentra cercano a diferentes arroyos que tiene como desembocadura a la Laguna de Mar Chiquita. Estos cursos de agua son colectores naturales de posibles excedentes de agroquímicos o partículas de suelo generadas por procesos erosivos en las zonas de cultivo, que de este modo pueden ser transportados a la albufera generando potenciales problemas de contaminación o de colmatación. La distancia de un curso de agua a la zona de cultivo aledaña está cubierta normalmente por vegetación espontánea que actúa como filtro natural de los procesos de escurrimiento superficial y en cierta medida subsuperficial desde las áreas cultivadas; esta capacidad filtrante depende del ancho de la faja de vegetación permanente (representada en este caso por un índice que mide la distancia hasta el cuerpo o curso de agua) y también de otras variables como pendiente y tipo y estructura de la vegetación.

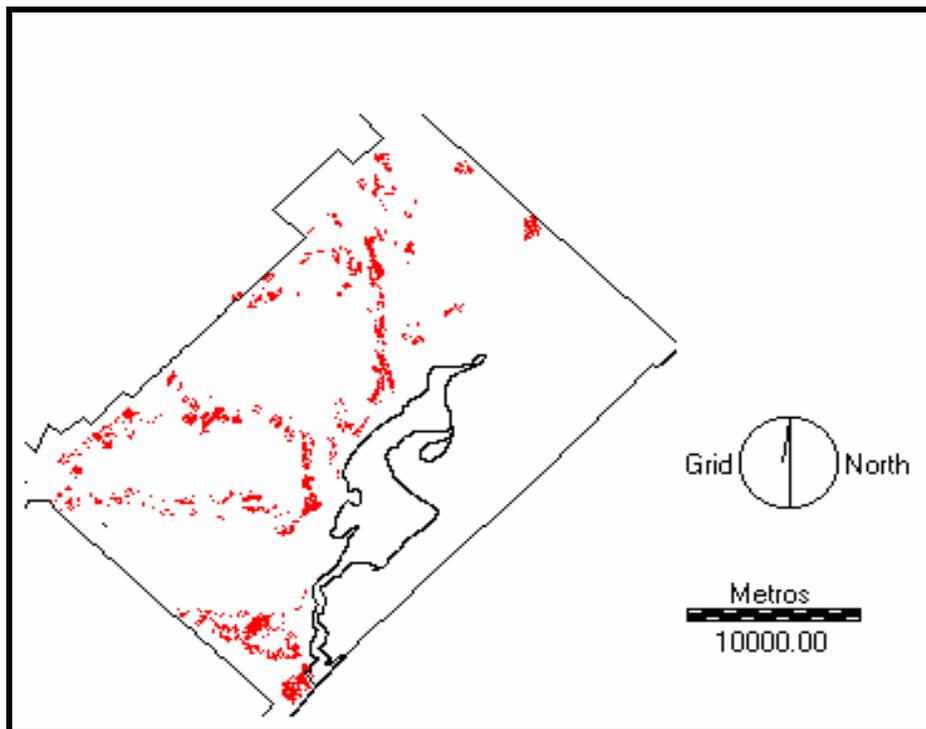
Los mapas 13 y 14 fueron realizados para considerar el peligro potencial que representa en dos años diferentes -1998 y 2004- la cercanía de cultivos a los cuerpos y cursos de agua permanentes hasta una distancia máxima de 500m., la cual fue desagregada cada 50 metros para confeccionar la Tabla 2.

**MAPA 13: ÁREA CULTIVADA A MENOS DE 500M. DE UN CUERPO O CURSO DE AGUA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 1998**



Fuente: elaboración propia

**MAPA 14: ÁREA CULTIVADA A MENOS DE 500M. DE UN CUERPO O CURSO DE AGUA EN LA ZONA DE LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA Y RVSP EN 2004**



<i>Rango en m.</i>	<i>1998</i>	<i>% del total</i>	<i>2004</i>	<i>% del total</i>
0 a 50	205.40	9.45	355.09	10.16
50 a 100	256.75	11.82	410.60	11.75
100 a 150	221.97	10.22	363.81	10.41
150 a 200	282.03	12.98	451.68	12.92
200 a 250	207.43	9.54	350.05	10.02
250 a 300	187.57	8.63	318.27	9.11
300 a 350	199.29	9.17	336.68	9.63
350 a 400	212.47	9.78	332.12	9.50
400 a 450	186.12	8.57	277.67	7.95
450 a 500	213.73	9.84	298.51	8.55
<i>Total</i>	<i>2172.76</i>	<i>100%</i>	<i>3494.48</i>	<i>100%</i>

Fuente: elaboración propia

Para el año 1998, la superficie de cultivos a menos de 500 metros de un cuerpo o curso de agua era de 2172.76 has. es decir un 31.41 % del área cultivable de la zona. La distribución de los cultivos se concentra principalmente al margen del Arroyo Vivoratá y en el borde oriental de las lagunas Hinojales, Nahuel Ruca y Las Talitas debido a su mayor altura relativa, resultado del origen eólico de esos cuerpos de agua.

En el año 2004 se extiende considerablemente la superficie destinada a los cultivos en relación al año 1998 (una variación del 68%) alcanzando las 11625.75has. Sin embargo, esto no se traduce en un incremento de la superficie cultivada que se encuentra a menos de 500 metros de un cuerpo o curso de agua ya que se sitúa en un 30.06% del total. Esto se debe a que la expansión de la superficie cultivada se registra en zonas más lejanas de los cuerpos de agua porque las mejores tierras de esta zona -a los márgenes de los arroyos y especialmente de las lagunas- ya están ocupadas por cultivos desde 1998.

Los resultados indican que el proceso general de intensificación agropecuaria que se verifica en toda la Región Pampeana también tuvo lugar en esta área, aunque sujeto a fuertes restricciones espaciales por limitaciones edáficas y topográficas. En tal sentido, se pueden esperar incrementos futuros de superficie agrícola a costa de ambientes naturales en la zona de la RVSP, aunque cierta proporción de los pastizales naturales de la RB podrían ser también reemplazados por pasturas cultivadas. (MACEIRA et al., 2005).

## **6. RESULTADOS Y DISCUSION**

## **6.1. ANÁLISIS CLIMÁTICO**

### **6.1.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO PARA LA LOCALIDAD DE TANDIL**

#### *Análisis de tendencia central*

- Prueba de t con un nivel de confianza de 95%:

$$H_0: t < 2.000$$

$$H_1: t > 2.000$$

El resultado de la comparación de las medias en las dos series es de  $t = -1.63$  por lo que se acepta la hipótesis nula, lo cual implica que no existen grandes cambios entre los datos, es decir, que nos encontramos frente a una misma población de datos.

- Prueba F con un nivel de confianza de 95% para dos series:

$$H_0: F < 2.4915$$

$$H_1: F > 2.4915$$

Al aplicar la fórmula se observa que  $F = 1.39$  por lo que se acepta la  $H_0$  donde no existen grandes diferencias entre los datos. Estamos frente a una misma población de datos.

- Prueba F para tres series con un nivel de confianza del 95%:

$$H_0: F < 3.14$$

$$H_1: F > 3.14$$

El contraste con la F de Snedecor muestra que  $F = 0.66$  por lo tanto esta razón no es significativa.

- Coeficiente de variabilidad:

$$\text{Serie 1: } 0.19$$

$$\text{Serie 2: } 0.15$$

Estos resultados muestran que las diferencias que se podrían dar entre las dos desviaciones estándar. Estamos en presencia de una población de datos homogénea.

#### *Variación porcentual de las series*

- Dos Series

La Serie 2 (1966-1999) presenta un aumento de las precipitaciones de 817.3mm. Lo que implica un incremento del 2.76% de lluvias respecto a la Serie 1.

- Tres Series

Entre la Serie 1 (1931-1953) y la Serie 2 (1954-1976) se observa un incremento de las precipitaciones en 510.3mm. -2.67%- mientras que entre ésta y la Serie 3, las lluvias mostraron un incremento de 972mm. -4.96%-. Esto se puede analizar destacando que entre las series 1 y 3 el clima produjo un aumento de las lluvias en 1482.3mm, lo que se traduce en una variación positiva del 7.63%.

*Establecimiento de años secos y húmedos*

- Años Secos: por debajo de la mediana (840mm.)
- Años Húmedos: por encima de la mediana (840mm.)

<b>Tabla 3: Años Secos</b>		
<i>1931-1965</i>	<i>1966-1999</i>	<i>Secuencias</i>
5	5	1 año
1	4	2 años
0	0	3 años
3	0	4 ó más
<b>9</b>	<b>9</b>	<i>Total</i>

<b>Tabla 4: Años Húmedos</b>		
<i>1931-1965</i>	<i>1966-1999</i>	<i>Secuencias</i>
4	4	1 año
2	3	2 años
2	0	3 años
0	2	4 ó más
<b>8</b>	<b>9</b>	<i>Total</i>

Las tablas muestran un comportamiento similar de ambas series temporales ya que los años secos suman dieciocho mientras que los húmedos llegan a ser diecisiete. En los análisis secuenciales de la segunda serie se observa la concentración de los años secos en uno y dos años, mientras que en los húmedos se registran dos períodos de cuatro o más años en detrimento tres períodos secos en la primera secuencia; fenómeno que puede ser asociado a un incremento de las precipitaciones.

*Establecimiento de valores extremos*

- Muy Secos: precipitaciones por debajo del primer quintil (696.6mm.)
- Muy Húmedos: precipitaciones por encima de cuarto quintil (1006.8mm.)

<b>Tabla 5: Años Extremos en Tres Series</b>			
<b>Series</b>	<b>Muy Secos</b>	<b>Muy Húmedos</b>	<b>Total</b>
1931-1953	6	2	8
1953-1976	5	5	10
1976-1999	3	7	10
<i>Total</i>	14	14	28

<b>Tabla 6: Años Extremos en Dos Series</b>			
<b>Series</b>	<b>Muy Secos</b>	<b>Muy Húmedos</b>	<b>Total</b>
1931-1965	9	4	13
1966-1999	5	10	15
<i>Total</i>	14	14	28

- Test de aleatoriedad: Prueba de Chi cuadrado con un nivel de confianza del 95% para años extremos:

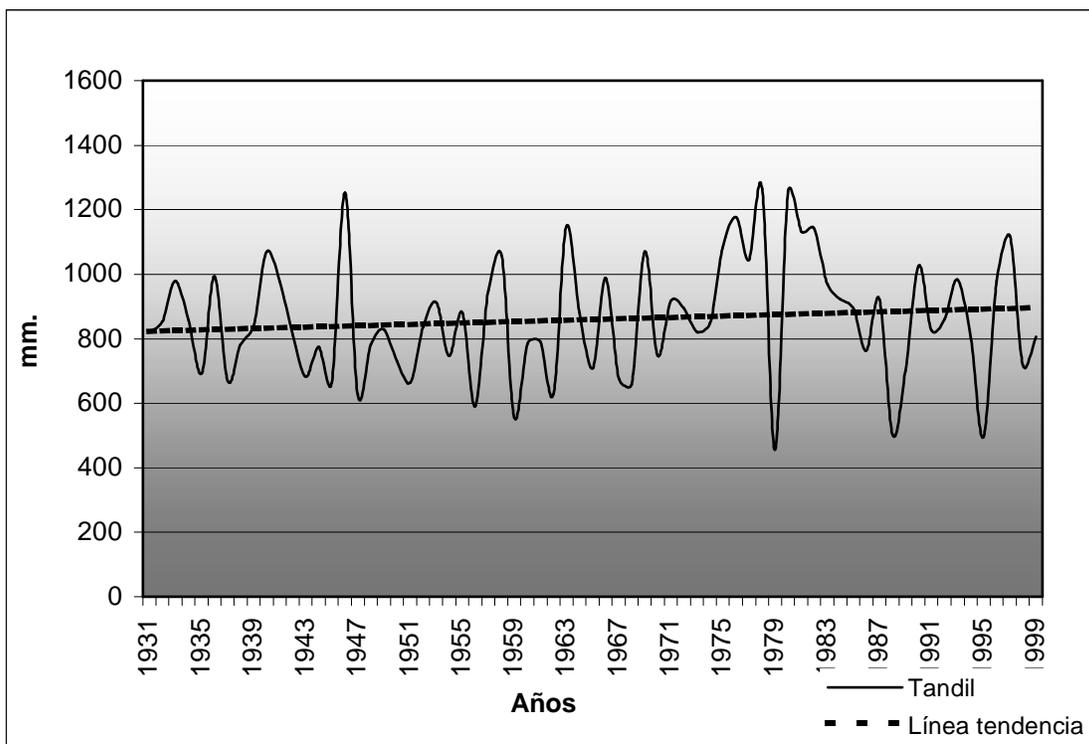
$$H_0: X^2 < 5.991$$

$$H_1: X^2 > 5.991$$

En este caso, el resultado de la aplicación de la prueba de Chi Cuadrado da un resultado de 8.00. Se rechaza la  $H_0$  por lo que se deduce que la serie no es aleatoria. Esto demostraría que existen diferencias significativas en la frecuencia de años extremos, resultando en una variación climática, es decir, en el aumento de las precipitaciones.

En este estudio también se observa una paridad en la cantidad de años muy secos y los muy húmedos, tanto en dos como en tres series. Sin embargo, se puede detectar una clara disminución de los años muy secos en detrimento de los muy húmedos. Esta situación aumenta a medida que las series avanzan en el tiempo. De esta manera, en la Serie 3, los años muy secos suman tres mientras que los muy húmedos llegan a ser siete. Lo mismo sucede en el análisis de dos series, donde en el período 1966-1999 los años extremos húmedos duplican a los secos. Por lo tanto, se establece una tendencia creciente en las precipitaciones, tal como queda demostrado en el siguiente gráfico:

**FIGURA 5: PRECIPITACIONES ANUALES EN LA CIUDAD DE TANDIL Y SU LÍNEA DE TENDENCIA (1931-1999)**



### 6.1.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLIMÁTICO PARA LA LOCALIDAD DE BALCARCE

#### Análisis de tendencia central

- Prueba de t con un nivel de confianza de 95%:

$$H_0: t < 2.000$$

$$H_1: t > 2.000$$

El resultado de la comparación de las medias en las dos series es de  $t = -1.5$  por lo que se acepta la hipótesis nula, de manera que no existen cambios destacables entre los datos que pertenecen a una misma población de datos.

- Prueba F con un nivel de confianza de 95% para dos series:

$$H_0: F < 2.4915$$

$$H_1: F > 2.4915$$

Al aplicar la fórmula se observa que  $F = 1.39$  por lo que se acepta la  $H_0$  donde no existen diferencias significativas entre la población de datos.

- Prueba F para tres series con un nivel de confianza del 95%:

$H_0: F < 3.14$

$H_1: F > 3.14$

El contraste con la F de Snedecor muestra que  $F = 0.66$  y por lo tanto esta razón no es significativa.

- Coeficiente de variabilidad:

Serie 1: 0.19

Serie 2: 0.23

Estos resultados muestran que las diferencias que se podrían dar entre las dos desviaciones estándar. Ambas series presentan coeficientes similares lo que supone que se está frente a una población de datos homogénea.

#### Variación porcentual de las series

- Dos Series

La Serie 2 (1966-1999) presenta un aumento de las precipitaciones de 975.8mm. Esto se tradujo en un incremento del 3.35% de lluvias, considerando que la Serie 1 tiene una frecuencia más.

- Tres Series

Entre la Serie 1 (1931-1953) y la Serie 2 (1954-1976) se registra un aumento de las precipitaciones en 426.8mm. -2.22%- mientras que entre ésta y la Serie 3, las lluvias aumentaron 972mm. -3.86%-. En consecuencia, entre las series 1 y 3 el incremento de las precipitaciones es de 1321.7mm., significando una variación del 6.08%.

#### Establecimiento de años secos y húmedos

- Años Secos: por debajo de la mediana (843mm.)
- Años Húmedos: por encima de la mediana (843mm.)

<b>Tabla 7: Años Secos</b>		
1931-1965	1966-1999	Secuencias
2	3	1 año
3	3	2 años
0	1	3 años
3	0	4 ó más
<b>8</b>	<b>7</b>	<b>Total</b>

<b>Tabla 8: Años Húmedos</b>		
1931-1965	1966-1999	Secuencias
2	2	1 año
3	3	2 años
1	0	3 años
0	3	4 ó más
<b>6</b>	<b>8</b>	<b>Total</b>

Los años secos muestran un comportamiento similar en ambas series, pero con una concentración en las secuencias de uno y dos años para la Serie 2. En cambio, los años húmedos muestran un aumento de una serie a otra, destacándose tres períodos de cuatro o más años húmedos en la Serie 2.

Establecimiento de años extremos

- Muy Secos: precipitaciones por debajo del primer quintil (759mm.)
- Muy Húmedos: precipitaciones por encima de cuarto quintil (977.92mm.)

<b>Tabla 9: Años Extremos en Tres Series</b>			
Series	Muy Secos	Muy Húmedos	Total
1931-1953	6	4	10
1953-1976	4	4	8
1976-1999	5	6	11
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>29</b>

<b>Tabla 10: Años Extremos en Dos Series</b>			
Series	Muy Secos	Muy Húmedos	Total
1931-1965	9	6	15
1966-1999	6	8	14
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>29</b>

- Test de aleatoriedad: Prueba de Chi cuadrado con un nivel de confianza del 95% para años extremos:

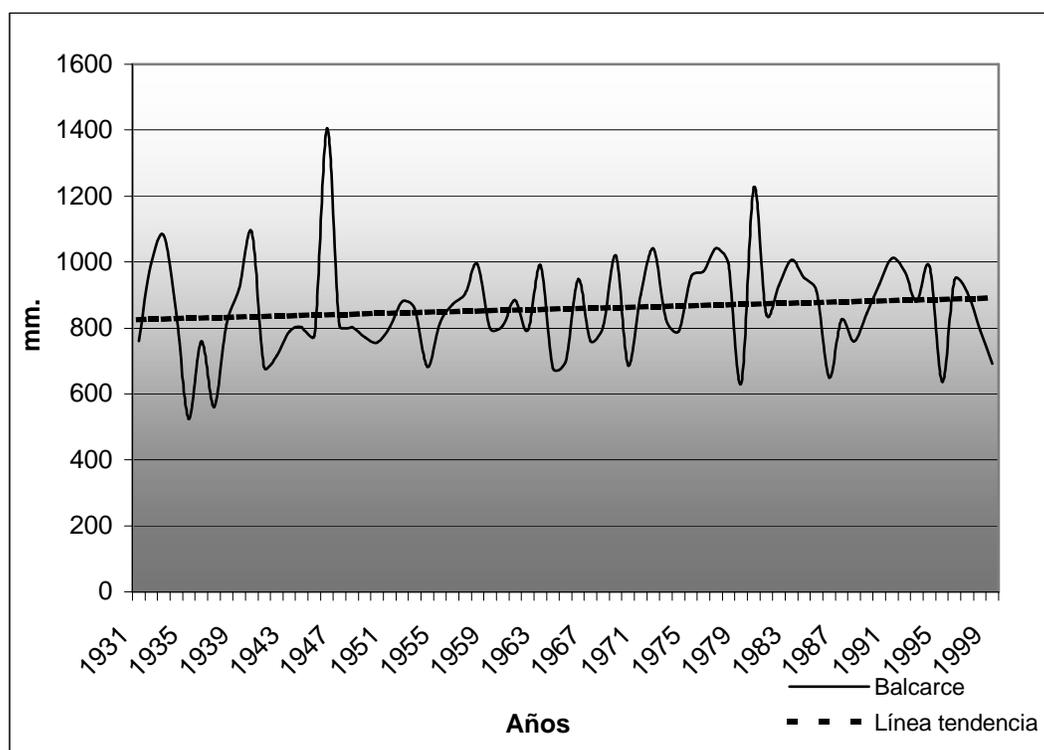
$$H_0: X^2 < 5.991$$

$$H_1: X^2 > 5.991$$

La aplicación de esa formula da como resultado 1.14 lo que implica que la serie de datos es aleatoria.

Lo más destacable de los datos presentes en las tablas es que los años muy secos, que predominaban en el principio, dejaron su lugar a los años muy húmedos. En el período 1966-1999, los años muy húmedos son dos más que los muy secos, mientras que en el período 1931-1965 los últimos superaban a los muy húmedos nueve a seis. Como en el caso de Tandil, aquí también las precipitaciones presentan una directriz creciente tal como demuestra la línea de tendencia presente en el gráfico que se encuentra a continuación.

**FIGURA 6: PRECIPITACIONES ANUALES EN LA CIUDAD DE BALCARCE Y SU LÍNEA DE TENDENCIA (1931-1999)**



## 6.2. ELABORACIÓN DEL MAPA DE RIESGO DE INUNDACIÓN

La elaboración del mapa de riesgo se elaboró a partir de la combinación de varios mapas: uso de suelo, carreteras y ferrocarril, pendientes (previa elaboración del modelo digital de terreno), centros urbanos, suelos y arroyos y cuerpos de agua. La conjunción de estos

productos cartográficos se realizó utilizando un método denominado MCE (Multi-Criteria Evaluation o Evaluación Multi-Criterio) del software Idrisi que permite obtener un único mapa de salida donde las áreas de riesgos quedan comprendidas entre 0 (riesgo nulo) y 255 (riesgo máximo). Esta metodología está basada en Eastman J. (2001) Exercise 2-8 Non-Boolean Standardization and Weighted Linear Combination, Idrisi Tutorial, Clark University, Worcester, Estados Unidos. Eastman, J. & Eastman (2001) Guide to GIS and Image Processing, Volume 2, Decision Support: Decision Strategy Analysis. Clark University, Worcester, Estados Unidos. Ambas publicaciones presentan ejemplos y explicaciones para la elaboración de mapas de aptitud de uso.

### 6.2.1 ASIGNACIÓN DEL RIESGO PARA LOS DIFERENTES MAPAS

#### *Riesgo asignado a los usos de suelo:*

- Urbano = 255
- Cultivo = 200
- Pasturas = 125
- Bajos y pasturas = 100
- Vegetación asociada a bajos = 50
- Conservación = 75
- Bajos = 25
- Agua = 0

La categoría de Conservación presenta un riesgo relativamente por su condición de zona de humedales. El valor aplicado de 75 está especificado para la RSVP donde se realizan tareas relacionadas con la actividad primaria.

#### *Riesgo asignado a los suelos (en base al mapa 3)*

- Arguidoles = 250
- Hapludoles = 100
- Natracuoles = 75
- Udipsamentes = 25

Cuanto mayor es la fertilidad de los suelos, mayor es el riesgo.

#### *Riesgo asociado a las pendientes (en grados)<sup>3</sup>*

- < 1% = 255
- 1% al 5 % = 230
- 5 % al 10 % = 200
- 10 % al 15 % = 150
- 15% al 25% = 230
- 25% = 255

Debido al muy bajo gradiente en la zona de estudio, mayores son las probabilidades de que el agua se acumule, es decir, que a menor gradiente mayor es el tiempo que tarda el

---

<sup>3</sup> Obtenido a partir del mapa 17 (Topográfico) que se encuentra en el Anexo II.

agua en evaporarse y, por lo tanto, mayor es el riesgo. El mismo vuelve a aumentar en las zonas de mayores gradientes que se asocian con las laderas de las serranías.

*Riesgo asociado a los cuerpos de agua y arroyos (en base al mapa 4)<sup>4</sup>*

- Se estableció un riesgo en disminución (de 255 a 0) constante a medida que se aleja de los cuerpos de agua y arroyos ya que el riesgo es mayor cuanto más cerca se esté de los anteriores.

*Riesgo asignado a vías de comunicación (ferrocarril y carreteras)<sup>5</sup>*

- El riesgo disminuye de forma constante (de 255 a 0) desde la vía de comunicación hasta los 300 metros. A partir de entonces, el riesgo es considerado nulo, es decir, 0, ya que las inundaciones no representan una amenaza. Son dos mapas según el tipo medio de comunicación (camino o ferrocarril).

*Riesgo asignado a los centros urbanos<sup>6</sup>*

- El riesgo es considerado hasta 2 kilómetros fuera del núcleo urbano disminuyendo de forma constante (de 255 a 0) a medida que se aleja de la localidad. A partir del kilómetro 2.1 se considera que las inundaciones ya no representan una amenaza de manera que el riesgo es considerado nulo, es decir, 0.

*Riesgo asignado a los usos de suelo (en base al mapa 6)*

- Urbano = 255
- Cultivo = 200
- Pasturas = 125
- Bajos y pasturas = 100
- Vegetación asociada a bajos = 50
- Conservación = 75
- Bajos = 25
- Agua = 0

*Ponderación de los mapas:*

Peso asignado a todos los mapas que finalmente conforman el mapa de riesgo de inundaciones: la suma final de todos debe ser igual a 1. Para esta instancia se recurrió a especialistas que trabajan en la zona de estudio -entre los cuales se encontraban geógrafos, biólogos, geólogos e ingenieros agrónomos- para que cada uno pondere los mapas elaborados. Finalmente los valores asignados por los profesionales fueron promediados.

---

<sup>4</sup> El paso C del ejemplo utilizado en la Figura 1 corresponde a este caso.

<sup>5</sup> Se realizó en base al mapa 5. Este combina ambas formas de comunicación pero para la elaboración del MCE fueron separadas ya que a las carreteras se le asignó un riesgo mayor.

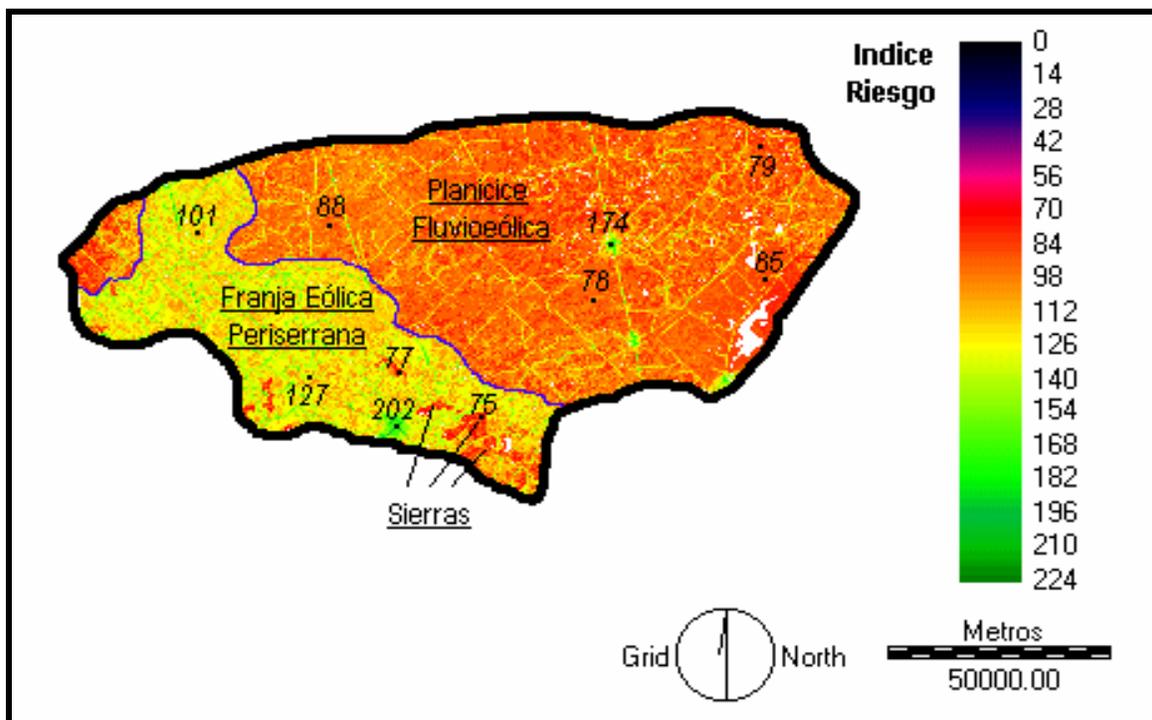
<sup>6</sup> Se obtuvo a partir de la separación de la categoría 6 que representa a las manchas urbanas del mapa 6.

- Ubicación de centros urbanos = 0.175
- Pendiente (en grados) = 0.125
- Carreteras = 0.155
- Uso de suelo = 0.155
- Cuerpos de agua y arroyos = 0.150
- Suelos = 0.140
- Ferrocarril = 0.100

El mapa de FF.CC. tiene un peso menor que el de carreteras debido a que en la actualidad, los caminos son más utilizados para el transporte de personas y mercancías ya que varios ramales del ferrocarril se encuentran desactivados.

El mapa de riesgo es el resultado de la combinación de los productos cartográficos mencionados con anterioridad. Inicialmente es un mapa interactivo ya que al colocar el cursor en cualquier parte del mismo, se indica el índice de riesgo comprendido entre 0 (riesgo nulo) y 255 (riesgo máximo). En este caso, el riesgo máximo alcanza el valor de 224.

**MAPA 15: ÍNDICE DE RIESGO DE INUNDACIONES  
PARA LA CUENCA DE MAR CHIQUITA**

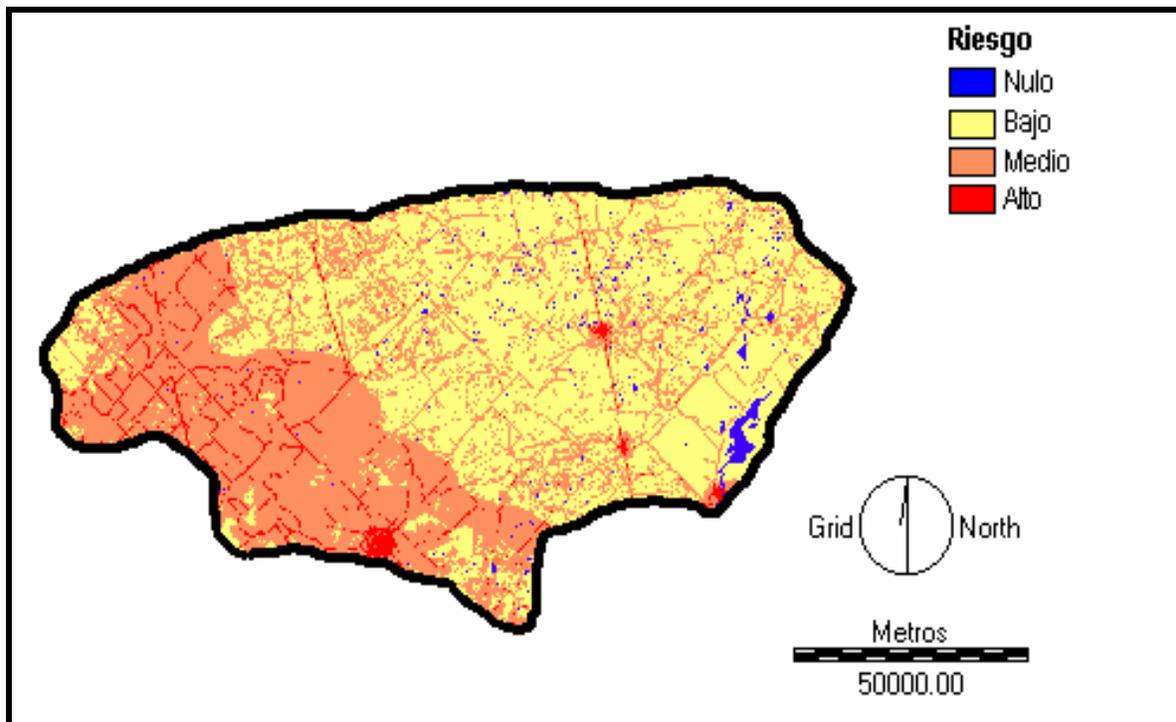


Fuente: elaboración propia

### 6.2.2. INTERPRETACIÓN DEL MAPA DE RIESGO

El mapa anterior fue agrupado en cuatro categorías para obtener el producto cartográfico final. De esta manera, el índice fue dividido entre tres ( $255/3$ ) al que se le sumó una categoría más (la nula, es decir, el valor 0).

### MAPA 16: NIVELES DE RIESGO DE INUNDACIONES PARA LA CUENCA DE MAR CHIQUITA



Fuente: elaboración propia

Para una mejor interpretación del producto cartográfico final se determinaron cuatro niveles de riesgo que sirven para poder establecer las bases para el ordenamiento territorial de la cuenca:

- Riesgo Alto: valores comprendidos entre 170-255.

Comprende las cercanías inmediatas a la infraestructura de comunicación (carreteras y vías de comunicación) y centros urbanos. Tiene una superficie de 34131.2 has. Su poca extensión se debe a que es una cuenca con escasa densidad poblacional.

- Riesgo Medio: valores comprendidos entre 85-170.

Esta zona abarca, en su gran mayoría, las áreas destinadas a los cultivos, con una superficie total de 434788.4 has. El riesgo, en este caso, implica la posibilidad de pérdida de parcelas cultivadas en caso de una inundación. Por lo tanto, es el área donde se realiza la principal actividad económica de la zona, es decir, la agricultura y de la cual depende la evolución socio-económica de los habitantes del lugar.

- Riesgo Bajo: valores comprendidos entre 0-85.

Presenta una superficie de 496707.6 has. englobando, principalmente a las pasturas y a los suelos que se encuentran en la Planicie Fluvioeólica caracterizados por su muy bajo gradiente y donde predomina la actividad ganadera extensiva. Incluye los bajos y otras áreas fácilmente inundables y anegables, donde no hay presencia antrópica destacable. Son las zonas que se espera que se inunden de forma más permanente en caso de que las precipitaciones aumenten.

- Riesgo Nulo: valor 0.

Comprende las zonas con presencia de agua, es decir, arroyos, bajos y lagunas.

En definitiva, se puede observar como los menores valores de riesgo se asocian con la Llanura Fluvioeólica por ser la zona con menor presencia poblacional e importancia económica debido a que posee suelos poco productivos a una pendiente casi nula que favorece los acumulamientos de agua. Los mayores valores, por el contrario, se corresponden a los pequeños núcleos urbanos y a la infraestructura vial. Esto se vincula con el concepto de riesgo, es decir, a la amenaza que para el hombre y sus actividades representan las inundaciones. Posteriormente, la Franja Eólica Periserrana muestra valores medios de riesgo, asociados a la importante actividad primaria presente en esa área, estrechamente vinculada a la muy buena calidad de los suelos. Finalmente, los resultados están muy relacionados con la noción de riesgo aplicada en este trabajo: la zona más vulnerable a las inundaciones es la que registra los menores índices de riesgo ya que representa poco para el hombre, tanto en términos demográficos como económicos debido a sus características físicas poco destacables para sus actividades.

### **6.3. PRINCIPIOS PARA UN MANEJO EFECTIVO EN LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA**

La Cuenca de Mar Chiquita presenta pocos centros urbanos y, en consecuencia, un bajo índice de densidad poblacional. Asimismo, dispone de rasgos geomorfológicos bien distinguibles que permiten delimitar con claridad cuáles son las áreas más aptas para las diferentes actividades y usos. La elaboración del mapa de riesgo es el paso esencial para una propuesta futura de ordenamiento territorial integral de toda el área.

La propuesta de formular los principios de una propuesta de manejo más apropiado se centra en el área destinada a la conservación (Reserva de Mar Chiquita y RSVP) partiendo de una visión ecosistémica.

Para comenzar, las zonas sujetas al uso agropecuario deben manejarse con un criterio de sustentabilidad y equidad social, procurando un desarrollo acorde a la base de recursos naturales disponibles y la cultura e historia de la zona. El hecho de que la Laguna de Mar Chiquita sea colectora de aguas de una cuenca de aproximadamente un millón de hectáreas, la expone a posibles efectos perjudiciales provenientes de decisiones de manejo que se tomen en predios y lugares externos al área de conservación.

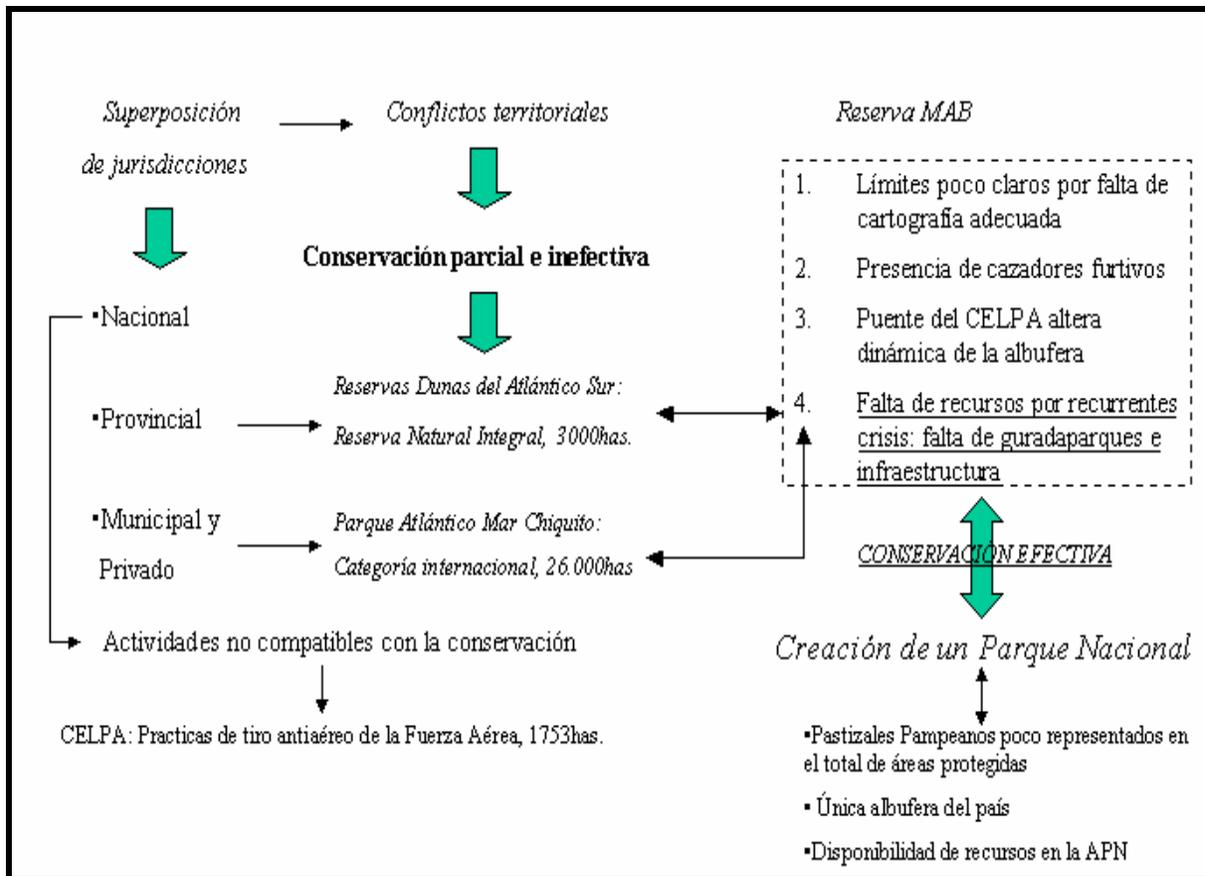
Por otra parte, los conflictos entre los diferentes actores sociales deben ser resueltos entre ellos de forma consensuada y democrática, impulsando resultados acordes con los

objetivos planteados en la creación Reserva MAB de Mar Chiquita, a la vez que se privilegien los intereses comunes a los particulares.

Una de las primeras medidas para una gestión apropiada es finalizar con las prácticas misilísticas realizadas por la Fuerza Aérea que atentan contra cualquier principio de conservación. Además, es necesario reemplazar el puente construido por el mismo organismo militar en la boca de la laguna por otro más compatible desde el punto ambiental para que no impida el normal funcionamiento de las mareas en la albufera.

En último lugar, cabe aclarar que, aunque el marco teórico y legal sean modernos y apropiados para la implementación de un área de conservación eficiente, hay dos elementos indispensables que deben acompañarlos para que la protección sea eficaz: los recursos económicos y la educación ambiental. El primero es fundamental, particularmente en un país con recurrentes crisis donde los recursos son escasos y los recortes presupuestarios una práctica frecuente. Es necesaria una mayor presencia de guardaparques y desarrollo de infraestructura. Por otra parte, la educación ambiental debe ser destinada no sólo a los estudiantes sino a los diferentes actores sociales directamente involucrados en el área en consideración. Es preciso concienciar a los tres niveles estatales y el sector privado de la importancia de la conservación de los humedales y para que esto suceda, es fundamental contar con la buena predisposición de todas las partes.

#### **FIGURA 7: CONFLICTOS Y PROPUESTA DE MANEJO EN LA RESERVA MAB DE MAR CHIQUITA**



Fuente: elaboración propia

Desde la Reserva MAB de Mar Chiquita se debe promover que los criterios vinculados al cuidado ambiental se apliquen en toda la cuenca. Para comenzar, el área correspondiente al Refugio de Vida Silvestre Provincial, por ya disponer de un status mínimo de conservación, es donde se debería poner más énfasis en tal sentido, vinculándola de una manera más concreta a la Reserva MAB de Mar Chiquita, más aún considerando el hecho de que son colindantes. En consecuencia, la RVSP podría actuar como una zona de transición de acuerdo con las zonas de manejo establecidas por el programa MAB de la UNESCO.

Se recomienda tomar en cuenta estos aspectos en la elaboración de los planes de manejo de ambas zonas protegidas procurando promover especialmente la conservación de los relictos de vegetación natural existentes (pastizales diversos y escaso talaes) y la minimización de los riesgos de contaminación y erosión asociados al uso agropecuario, ganadero y humano en general.

Constituye otro elemento clave para ser considerado la conservación de la vegetación ribereña a través de un manejo que la preserve tanto del reemplazo de pasturas naturales por la agricultura como de los efectos potencialmente detrimentales del pastoreo.

Por otra parte, no existe ningún Parque Nacional que contemple la conservación de la Eco-región pampeana, a pesar de que posee gran parte de los humedales de todo el país y

que programas reconocidos internacionalmente como el Man and Biosphere de la UNESCO y el Ramsar han destacado la importancia de los bajos en esta zona.

<b>Tabla 11: Comparación de Áreas Protegidas en la Zona de la Reserva MAB de Mar Chiquita</b>		
Nombre	PARQUE ATLÁNTICO MAR CHIQUITO	ATLANTICO MAR CHIQUITO
<i>Código del Área Protegida</i>	51	209
<i>Categoría Institucional</i>	Reserva de Biosfera	Reserva de Biosfera
<i>Latitud Sur</i>	37°38'	37°37'
<i>Longitud Oeste</i>	57°22'	56°23'
<i>Provincia</i>	Buenos Aires	Buenos Aires
<i>Localidad mas cercana</i>	Coronel Vidal	Santa Clara del Mar
<i>Año de Creación</i>	1989	1990
<i>Superficie total (has.)</i>	26.488	26.488
<i>Categorías de Manejo (UICN, 1994)</i>	CATEGORIA: VI Área Protegida con Recursos Manejados	CATEGORIA: VI Área Protegida con Recursos Manejados
<i>Eco-región</i>	Pampa	Pampa
<i>Jurisdicción</i>	Provincial	Provincial
<i>Ente Administrador</i>	Div. Conservación Ambientes Naturales - Dir. Desarrollo Forestal y Rec. Nat. - Min. de la Producción Provincial	Municipalidad de Mar Chiquita, Gobierno de la Provincia y Adm. de Parques Nacionales. Mixto
<i>Dominio de la Tierra</i>	FP Fiscal Provincial	FP Fiscal Provincial FM Fiscal Municipal PR Privado
<b>Grado de Control</b>	<b>Nulo</b>	<b>Insuficiente</b>
<i>Acepta Visitantes</i>	Si	Si
<i>Tipo de Instrumento Legal</i>	Decreto Provincial 001581/89	Ordenanza Municipal 000169/90

Fuente: elaboración propia a partir de información del Banco de Datos de Áreas Protegidas de la Administración de Parques Nacionales (APN)

Como informa la tabla elaborada con datos oficiales, a pesar de que en la Reserva MAB de Mar Chiquita intervienen las jurisdicciones municipal y provincial con diferentes entes a cargo de la administración, el grado de control es ampliamente deficitario. Esto es muy común en todos los espacios protegidos del país que se encuentran fuera de la jurisdicción de Parques Nacionales. Este organismo es el que dispone de más recursos además de una legislación moderna sobre el control y gestión de zonas conservadas. De todas maneras, en el último año, ambas jurisdicciones involucradas han tomado medidas apropiadas en conjunto, tal es el caso de la creación de un Centro de Interpretación de la Naturaleza.

Asimismo, cabe destacar que la APN posee una visión ecosistémica, de manera que está en la vanguardia de la escuela de conservación. La aspiración final es que la Reserva MAB de Mar Chiquita sea una impulsora del desarrollo de un programa de manejo integrado de toda la cuenca, articulando las posibilidades productivas, de conservación, de ecoturismo, culturales, etc., en pos de un desarrollo integral, con equidad social y con un perfil que respete y valore las características naturales y culturales de la región. Para que esto suceda, sería conveniente que la Reserva MAB de Mar Chiquita más el Refugio de Vida Silvestre Provincial estuvieran bajo la directa órbita de la APN. De esta manera, se superarían los problemas jurisdiccionales al haber un órgano nacional a cargo de la gestión y el control del área protegida.



La cuenca superficial de Mar Chiquita es un área con un bajo índice de densidad poblacional, pero no por ello carece de importancia económica. Presenta suelos muy aptos para la agricultura, los cuales han sido explotados intensamente, en especial, con cultivos como la soja, que ha registrado importantes valores de cambio en el mercado internacional en los últimos años. Históricamente, los principales riesgos ambientales han sido las sequías y muy especialmente las inundaciones, cuyos efectos negativos son potenciados por las características geomorfológicas de la zona. Un terreno extremadamente plano con una pobre red de drenaje impide la rápida evacuación del agua que se acumula con facilidad en la superficie y constituye una gran amenaza para las vías de comunicación y la agricultura, motor de la economía no sólo de esta área sino de toda la Argentina.

Desde el siglo XIX, el hombre ha tratado de mitigar los efectos de las inundaciones en toda la cuenca. Pero debido a la geomorfología de la zona, donde las inundaciones se deben muchas veces a los afloramientos freáticos, las soluciones propuestas por medio de canales no fueron una solución definitiva y, por el contrario, han resultado contraproducentes en algunos casos.

Asimismo, en los últimos años, la importancia económica de algunos cultivos no ha impedido que una vasta superficie de las zonas más vulnerables sean cultivadas, eliminando pasturas que tradicionalmente servían para explotar de manera extensiva la ganadería que históricamente se desarrolló en las áreas menos favorables de la cuenca.

Desde el punto de vista climático, aunque inicialmente el estudio de las precipitaciones a lo largo de casi setenta años muestra un equilibrio entre los períodos secos y húmedos, el análisis realizado en forma detallado de las series y subseries muestra que la Argentina se encuentra inmersa en un período húmedo desde la década del setenta.

El aumento de las precipitaciones resalta cuando se comparan las secuencias de los años húmedos y secos para las localidades de Tandil y Balcarce. Las series temporales muestran un comportamiento inicial donde predominan los años secos, pero a partir de la década del sesenta, se observa como las secuencias de años húmedos igualan a las secas y comienzan a superarlas a partir del decenio entrante, situación que se ha acentuado de forma leve, pero constante, desde entonces. En consecuencia, las líneas de tendencia son positivas y es de suponer que en un futuro, las precipitaciones continuarán incrementándose. Por lo tanto, se puede presumir que dadas las extensas áreas deprimidas de terreno en la zona de estudio, las superficies inundadas y los humedales aumentarán sus extensiones.

El fenómeno del aumento de las lluvias en toda la zona centró el objetivo principal de este trabajo, es decir, la elaboración de un mapa de riesgo de inundaciones. La utilización de imágenes satelitales y SIG permitieron crear, analizar y combinar diferentes mapas que permitieron obtener el producto cartográfico final. El mismo da origen a cuatro categorías de riesgo (alto, medio, bajo y nulo) que permiten distinguir la importancia de la unidad geomorfológica Franja Eólica Periserrana (por poseer los mejores suelos y los centros urbanos) y de las vías de comunicación en general. Por lo tanto, estas zonas de la Cuenca Mar Chiquita son a las que les correspondieron los mayores índices de riesgo. Este mapa resalta la importancia de las nuevas tecnologías aplicadas como herramientas para una

mejor interpretación y análisis del territorio a diferentes escalas de trabajo. En consecuencia, servirá como base para elaborar una propuesta de ordenamiento territorial de toda la zona.

El método empleado para desarrollar el mapa de riesgo de inundaciones se denomina Multi-Criteria Evaluation (MCE) y ha resultado muy útil para el objetivo planteado. Se puede destacar su capacidad de comparar y combinar por medio de la estandarización mapas diferentes para obtener el producto cartográfico final. Su capacidad se nota muy especialmente en aquellos mapas donde existan valores continuos (distancias o grados) de los cuales se pueden extraer distancias.

El método MCE contiene diferentes aproximaciones dentro de las cuales destaca una conocida como Weighted Linear Combination (WLC) que permite ponderar los mapas creados antes de combinarlos. De esta manera, se le puede dar prioridad a algunos productos cartográficos que se consideran más relevantes que otros.

Estos métodos permiten observar la importancia que han adquirido los Sistemas de Información Geográfica más allá de su capacidad para almacenar y representar especialmente datos. Los SIG son muy útiles para hacer frente a uno o varios objetivos en particular como pueden ser mapas de riesgo, aptitud o vulnerabilidad, ya que siguen una estructura de decisión que permite minimizar los errores. Sin embargo, es importante destacar que los profesionales son los que establecen inicialmente los parámetros y los límites a ser estandarizados, además de ponderar cada uno de los mapas. Por lo tanto, estos métodos facilitan y aumentan la velocidad para la toma de decisiones, pero para que se obtengan los resultados esperados es necesario que los usuarios conozcan en profundidad su funcionamiento y restricciones.

La colectora de aguas de la cuenca es la Laguna de Mar Chiquita, única albufera del país caracterizada por presentar una biodiversidad única a nivel regional. En ella, convergen veintidós arroyos y algunos canales que según su caudal alteran la superficie del espejo de agua que puede llegar a superar las 6000 has. Toda la zona de la laguna está protegida por diferentes instancias, destacándose su categoría como Reserva de la Biosfera. De todas maneras, existen numerosos problemas que impiden que la conservación de la albufera sea efectuada de manera eficiente.

A las tres jurisdicciones presentes en la zona de la reserva (municipal, provincial y nacional) hay que agregarle que la mayor parte de su superficie está en manos privadas. Mientras que la municipalidad presenta una categoría de manejo denominada Parque Atlántico Mar Chiquito, la provincia posee una reserva en la zona de los médanos costeros. Esto se debe a que toda la línea de costa es jurisdicción provincial, al igual que los cuerpos de agua presentes en toda la superficie de la Provincia de Buenos Aires. Además, el fisco posee una superficie cercana a la boca de la albufera que se encuentra bajo órbita de la Fuerza Aérea.

Esta institución militar ha utilizado el territorio que le fue cedido para realizar múltiples prácticas entre las que se destacan las prácticas misilísticas, que en la actualidad han cesado. Asimismo, construyó un puente que se encuentra en la boca de la laguna y que altera el comportamiento de la albufera.

Para comenzar a superar los problemas de gestión es necesario articular las políticas referidas a la conservación de las tres unidades administrativas presentes en la zona para evitar superposición de normas y jurisdicciones que terminan por crear un estado de confusión no permite cumplimentar con claridad los objetivos planteados. Recientemente se han dado pasos para superar esta situación: la provincia y el municipio crearon conjuntamente un centro de interpretación de la naturaleza, lo que permite suponer que se está en la dirección correcta. De todas maneras, las limitaciones presupuestarias son importantes, aunque mitigadas por la participación de los pocos guardaparques presentes que por vocación permiten suplir las carencias existentes.

Las zona de la Reserva MAB no es ajena al aumento de la producción primaria ya que a partir del seguimiento temporal de imágenes satelitales se puede observar cómo los suelos con menores restricciones; es decir, las áreas más elevadas, tal es el caso de los albardones de lagunas y arroyos han aumentado la superficie destinada a los cultivos. El Refugio de Vida Silvestre Provincial lindante a la reserva sirve como ejemplo concreto del avance de la agricultura por los atractivos precios internacionales de la soja, a pesar de que los suelos del lugar sean propicios a inundarse. Un análisis comparativo tomando los años 1998 y 2004 pauta un aumento de la superficie cultivada que pasó de 6918.21 has. a 11625.75 has., lo que implica una variación del 68%.

Aproximadamente un 30% de esos cultivos se encuentran a menos de 500 metros de un cuerpo o curso de agua que desemboca en la Laguna de Mar Chiquita. Esto supone un peligro eventual para la Reserva MAB debido a que esos cursos de agua son colectores naturales de posibles excedentes de agroquímicos o partículas de suelo generadas por procesos erosivos en las zonas de cultivo, que de este modo pueden ser transportados a la albufera y así genera potenciales problemas de contaminación.

Por lo tanto, es necesario unificar criterios para su conservación. Para ello, sería muy útil utilizar como base la Reserva MAB de Mar Chiquita, a la que se le podría agregar al Refugio de Vida Silvestre Provincial como zona de transición y, por último, la instancia más apropiada sería la supervisión del área protegida bajo la dirección de la Administración de Parques Nacionales. Un Parque Nacional es la mayor categoría de conservación del país y la que permite acceder a una mayor cantidad de recursos, a la vez que sus lineamientos están regidos por los principios de la visión ecosistémica, indispensables para afrontar en el futuro la conservación de forma moderna y efectiva.

Resumiendo, desde la Reserva se debería promover, por los medios adecuados, que en toda la cuenca se apliquen criterios de manejo sustentable de recursos y cuidado ambiental. No obstante, la zona inmediatamente circundante, correspondiente a la RSVP, por ser vecina y ya estar incluida bajo una figura de protección, es donde se debe poner más énfasis junto a las zonas de manejo productivo que se encuentran en la Reserva MAB de Mar Chiquita.

## **8.BIBLIOGRAFÍA**

Atlas de la Provincia de Buenos Aires, (1999) *Resumen Estadístico de las Regiones del Banco de la Provincia de Buenos Aires*. CD-ROM, 1999.

Blalock, H. (1984) Estadística Social. Fondo de Cultura Económica. México.

Bosque Sendra, J. (1992) Sistemas de Información Geográfica. Ediciones Rialp. Madrid. España.

Buzai, G. (1997) *El análisis ambiental mediante técnicas computacionales*. Duran (Ed.). La Argentina Ambiental. Naturaleza y Sociedad. Lugar Editorial. Buenos Aires. Argentina

Buzai, G. (2003) Mapas Sociales Urbanos. Lugar Editorial. Buenos Aires Argentina.

Cances, M. (1994) *Conceptos y Manejo de los SIG. Teledetección y SIG aplicados al impacto ambiental*. La Plata, 21 al 25 de noviembre. Argentina.

CIAF, *Percepción remota desde el espacio ultraterrestre, Segunda Parte: Sensores Remotos*. Serie 1, Unidades 1 y 2. Docencia, Bogotá 1988.

Chiurla, E. (2000) *Creación de una Reserva Nacional en la albufera Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, Argentina*. En Contribuciones Científicas del Congreso Nacional de Geografía, Mar del Plata. Argentina.

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2002), Plan Andaluz de Humedales, Archivo PDF, 253pp.

Chuvieco Salinero, E. (1990). Fundamentos de la teledetección espacial. Rialp, Madrid. España.

Dueker, K. (1979) *Land Resource Information System: a review of fifteen years of experience*. GeoProcessing I, 105-128.

Eastman J. (2001) *Exercice 2-8 Non-Boolean Standarization and Weighted Linear Combination*, Idrisi Tutorial, Clark University, Worcester, Estados Unidos.

Eastman, J. (2001) Guide to Gis and Image Processing, Volume 2, Decision Support: Decision Strategy Analysis. Clark Universty, Worcester, Estados Unidos.

Fuschini Mejía, M. (1988) Las inundaciones y las sequías. En el Deterioro del ambiente en la Argentina. FECIC, Argentina.

Gómez Ponce, C.(1999) *Evolución de las cuencas vertientes del sector NW de las marismas del Guadalquivir. Manejo antrópico y respuestas morfohidrográficas*. Tesis de la II Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural, UNIA, Huelva, España.

Grisolet, H.; Guilmet, B.; Arlery, R.; (1973) Climatologie, methodes et pratiques, Gauthier-Villars, Paris.

Hernández Sammpieri, R, Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. (1997) Metodología de la Investigación, Mc Graw-Hill, México.

Isla F.,(1997) *Procesos de canalización de la barrera medanosa entre Faro Querandí y Mar Chiquita*, Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52: 539-548.

Isla, F., Gaido, E. (2001) *Evolución Geológica de la Laguna de Mar Chiquita*. pp19-25. En Reserva de Biosfera Mar Chiquita: características físicas, biológicas y ecológicas. Editorial Martín. Mar del Plata.

Maceira, N; Zelaya, K; Celemín, J; Fernández O. (2005) *Uso de la tierra y elementos para el mejoramiento de la sustentabilidad*. *Reserva de la Biosfera de Mar Chiquita*. Provincia de Buenos Aires. Evaluación Preliminar, INTA, Balcarce.

Martinez, G.A. (1997) *Geomorphology and Late Cenozoic Geology of the Southern Side of Tandilia Range, Buenos Aires Province, Argentina*. Extended Abstracts 25-30, International Symposium: Geomatics in the Era of RADARSAT, Ottawa, Canada, May 1987, pp. 482-483.

Martinez, G.A. (2001) *Combined use of RADARSAT-1 and Landsat TM data for geomorphological applications in lowlands of Buenos Aires Province, Argentina*. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 27, Nro. 6. pp 638 – 642.

Martinez, G.A. (2002) *La influencia de un paisaje heredado sobre el escurrimiento superficial en la Región Pampeana*. Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y Planificación Territorial. Editor L.B. Teruggi. Pp47-55.

Prego, A., Sabella L., (1988) *Daños y perjuicios en las vías férreas*. El deterioro del ambiente en la Argentina. FECIC, Argentina.

Raso Nadal, J.M., (1983): Los climas. Fundamentos y sugerencias didácticas, Anaya, Madrid.

Reta, R., Martos, P. Perillo, G., Piccolo, M., Ferrante, A., (1997) *Características hidrográficas del estuario de la Laguna de Mar Chiquita*.

Rodríguez Pascual, A. (1993) *Proposición de una definición profunda de SIG*. 2do. Congreso AESIG. Madrid. AESIG/Estudio Geográfico, 127-142. España.

Secretaría de Ganadería, Agricultura y Pesca, y el Consejo Federal Argentino (1995) *El deterioro de las tierras de la Rep. Argentina.*, en Alerta Amarillo, Buenos Aires.

Sánchez Miguel, (2005), *Gestión de los riesgos de Inundación*. Dictamen del Comité Económico y Social Europeo, Bruselas.

Shnack, E.Fasano, J., Isla, F. *The evolution of Mar Chiquita lagoon, province of Buenos Aires. Argentina.* EN COLQHOUN, D.J (ed.). Holocene Sea-Level Fluctuations : magnitudes and causes. IGCP 61., Univ. S. Carolina, Columbia SC, 143-155.

Tricart, J.L. (1973) *Geomorfología de la Pampa Deprimida*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Colección Científica Nro. XII.

Villar, M; Faggi, A; Morrell, P.(1997) Reserva de la Biosfera Mar Chiquito, Buenos Aires, Argentina. *Análisis comparativo de la vegetación a través del trabajo de campo y la interpretación visual y digital.* San Juan, Actas IV Congreso Argentino de Teledetección.

### **Páginas de Internet consultadas:**

Administración de Parques Nacionales [www.apn.gov.ar](http://www.apn.gov.ar)

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación [www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar)

Secretaría de Medio Ambiente de la República Argentina [www.medioambiente.gov.ar](http://www.medioambiente.gov.ar)

## **9. ANEXOS**

**Anexo I: Tablas de Precipitaciones - Tabla 12: Registro de las Precipitaciones (en mm.) en la Localidad Tandil en el Período 1931-1999**

Año	Precipitaciones (en mm.)	Recta Regresión	Año	Precipitaciones (mm.)	Línea de Tendencia
1931	822	822.7330435	1970	749	864.6774936
1932	853	823.8085422	1971	918	865.7529923
1933	979	824.8840409	1972	897	866.828491
1934	859	825.9595396	1973	820	867.9039898
1935	692	827.0350384	1974	848	868.9794885
1936	994	828.1105371	1975	1084	870.0549872
1937	670	829.1860358	1976	1177	871.1304859
1938	780.7	830.2615345	1977	1044	872.2059847
1939	840	831.3370332	1978	1264	873.2814834
1940	1069	832.412532	1979	456	874.3569821
1941	977	833.4880307	1980	1254	875.4324808
1942	811	834.5635294	1981	1132	876.5079795
1943	682	835.6390281	1982	1141	877.5834783
1944	775	836.7145269	1983	968	878.658977
1945	662	837.7900256	1984	922	879.7344757
1946	1253	838.8655243	1985	894	880.8099744
1947	626	839.941023	1986	763	881.8854731
1948	783	841.0165217	1987	922	882.9609719
1949	829	842.0920205	1988	502.3	884.0364706
1950	730	843.1675192	1989	699.7	885.1119693
1951	664	844.2430179	1990	1026.1	886.187468
1952	836	845.3185166	1991	827.3	887.2629668
1953	913	846.3940153	1992	861.3	888.3384655
1954	747	847.4695141	1993	982.8	889.4139642
1955	881	848.5450128	1994	802.6	890.4894629
1956	591	849.6205115	1995	495.5	891.5649616
1957	949	850.6960102	1996	979.2	892.6404604
1958	1059	851.771509	1997	1118.5	893.7159591
1959	555	852.8470077	1998	720.6	894.7914578
1960	784	853.9225064	1999	806.1	895.8669565
1961	791	854.9980051			
1962	630	856.0735038			
1963	1147	857.1490026			
1964	882	858.2245013			
1965	709	859.312546	Total pp:	59291.7	
1966	989	860.3754987	Mediana:	859.3	
1967	676	861.4509974	Desv. Est:	184.667	
1968	657	862.5264962	Media:	840	
1969	1070	863.6019949	Varianza:	34101.9	

**Tabla 13: Registro de las Precipitaciones (en mm.) en la Localidad de Tandil en Dos Series Temporales**

<i>Serie 1</i>	<b>1931-1965</b>	<i>Serie 2</i>	<b>1966-1999</b>
1931	822	1966	989
1932	853	1967	676
1933	979	1968	657
1934	859	1969	1070
1935	692	1970	749
1936	994	1971	918
1937	670	1972	897
1938	780.7	1973	820
1939	840	1974	848
1940	1069	1975	1084
1941	977	1976	1177
1942	811	1977	1044
1943	682	1978	1264
1944	775	1979	456
1945	662	1980	1254
1946	1253	1981	1132
1947	626	1982	1141
1948	783	1983	968
1949	829	1984	922
1950	730	1985	894
1951	664	1986	763
1952	836	1987	922
1953	913	1988	502.3
1954	747	1989	699.7
1955	881	1990	1026.1
1956	591	1991	827.3
1957	949	1992	861.3
1958	1059	1993	982.8
1959	555	1994	802.6
1960	784	1995	495.5
1961	791	1996	979.2
1962	630	1997	1118.5
1963	1147	1998	720.6
1964	882	1999	806.1
1965	709		
	<b>Serie 1</b>	<b>Serie 2</b>	
Total pp.	29649.7	30467	
% del total	49.32%	50.68%	
Desv. Est.	159.60	205.70	
Varianza	25472.89	42312.67	
Media	823.56	896.09	
Coficiente de Variabilidad	0.19	0.23	
Var pp. en series	---	817.3	
Var % en series	---	2.76%	

**Tabla 14: Registro de las Precipitaciones (en mm.) en la Localidad de Tandil en Tres Series Temporales**

<i>Serie 1</i>	<b>1931-1953</b>	<i>Serie 2</i>	<b>1954-1976</b>	<i>Serie 3</i>	<b>1977-1999</b>
1931	822	1954	747	1977	1044
1932	853	1955	881	1978	1264
1933	979	1956	591	1979	456
1934	859	1957	949	1980	1254
1935	692	1958	1059	1981	1132
1936	994	1959	555	1982	1141
1937	670	1960	784	1983	968
1938	780.7	1961	791	1984	922
1939	840	1962	630	1985	894
1940	1069	1963	1147	1986	763
1941	977	1964	882	1987	922
1942	811	1965	709	1988	502.3
1943	682	1966	989	1989	699.7
1944	775	1967	676	1990	1026.1
1945	662	1968	657	1991	827.3
1946	1253	1969	1070	1992	861.3
1947	626	1970	749	1993	982.8
1948	783	1971	918	1994	802.6
1949	829	1972	897	1995	495.5
1950	730	1973	820	1996	979.2
1951	664	1974	848	1997	1118.5
1952	836	1975	1084	1998	720.6
1953	913	1976	1177	1999	806.1
<i>Total pp.:</i>	19099.7		19610		20582
<i>% del total</i>	32.21%		33.07%		34.7%
<i>Desv. Est.:</i>	150.33		178.78		224.35
<i>Varianza:</i>	22599.11		31962.29		50332.92
<i>Media:</i>	830.42		852.61		894.87
<i>Var pp. series:</i>	--		510.3		972
<i>Var % series:</i>	--		2.67%		4.96%

**Tablas 15,16: Chi Cuadrado –Tandil**

Serie	Chi cuadrado ( $X^2$ )		
	Secos	Húmedos	Total
1931-1953	4	4	8
1953-1976	5	5	10
1976-1999	5	5	10
Total	14	14	28

Series	O	E	O-E	$(O-E)^2$	$(O-E)^2/2$
Serie1Seco	6	4	2	4	2
Serie2Seco	5	5	0	0	0
Serie3Seco	3	5	-2	4	2
serie1Hum	2	4	-2	4	2
Serie2Hum	5	5	0	0	0
Serie3Hum	7	5	2	4	2
				$X^2$	= <b>8</b>

**Tabla 17: Registro de las Precipitaciones (en mm.) en la Localidad de Balcarce en el Período 1931-1999**

<b>Año</b>	<b>Precipitaciones (en mm.)</b>	<b>Recta Regresión</b>	<b>Año</b>	<b>Precipitaciones (mm.)</b>	<b>Línea de Tendencia</b>
1931	761	825.3134576	1970	687	862.710425
1932	994	826.2723542	1971	901	863.6693216
1933	1080	827.2312508	1972	1040	864.6282182
1934	843	828.1901474	1973	828	865.5871148
1935	524	829.149044	1974	789	866.5460114
1936	759	830.1079406	1975	956	867.5049081
1937	559	831.0668372	1976	972	868.4638047
1938	810	832.0257338	1977	1042	869.4227013
1939	920.2	832.9846304	1978	997	870.3815979
1940	1091	833.943527	1979	632	871.3404945
1941	682	834.9024236	1980	1227	872.2993911
1942	716	835.8613202	1981	845	873.2582877
1943	790	836.8202168	1982	929	874.2171843
1944	802	837.7791134	1983	1006	875.1760809
1945	777	838.73801	1984	953.5	876.1349775
1946	1406	839.6969066	1985	912	877.0938741
1947	809	840.6558032	1986	650	878.0527707
1948	802	841.6146998	1987	825	879.0116673
1949	772	842.5735964	1988	759	879.9705639
1950	755	843.532493	1989	844.5	880.9294605
1951	802	844.4913896	1990	930.7	881.8883571
1952	882	845.4502862	1991	1012.1	882.8472537
1953	859	846.4091828	1992	971.5	883.8061503
1954	682	847.3680794	1993	882	884.7650469
1955	813	848.326976	1994	986.8	885.7239435
1956	872	849.2858726	1995	636.4	886.6828401
1957	904	850.2447692	1996	945.2	887.6417367
1958	993	851.2036658	1997	909	888.6006333
1959	799	852.1625624	1998	792.5	889.5595299
1960	808	853.121459	1999	690.8	890.5184265
1961	885	854.0803556			
1962	792	855.0392522			
1963	991	855.9981488			
1964	679	856.9570454			
1965	697	857.915942			
1966	949	858.8748386			
1967	760	859.8337352			
1968	806	860.7926318			
1969	1019	861.7515284			
			<b>Total pp:</b>	<b>59196.2</b>	
			<b>Mediana:</b>	<b>843</b>	
			<b>Desv. Est:</b>	<b>148.790</b>	
			<b>Media:</b>	<b>857.92</b>	
			<b>Varianza:</b>	<b>22136.98</b>	

**Tabla 18: Registro de las Precipitaciones (en mm.) en la Localidad de Balcarce en Dos Series Temporales**

<i>Serie 1</i>	<b>1931-1965</b>	<i>Serie 2</i>	<b>1966-1999</b>
1931	761	1966	949
1932	994	1967	760
1933	1080	1968	806
1934	843	1969	1019
1935	524	1970	687
1936	759	1971	901
1937	559	1972	1040
1938	810	1973	828
1939	920.2	1974	789
1940	1091	1975	956
1941	682	1976	972
1942	716	1977	1042
1943	790	1978	997
1944	802	1979	632
1945	777	1980	1227
1946	1406	1981	845
1947	809	1982	929
1948	802	1983	1006
1949	772	1984	953.5
1950	755	1985	912
1951	802	1986	650
1952	882	1987	825
1953	859	1988	759
1954	682	1989	844.5
1955	813	1990	930.7
1956	872	1991	1012.1
1957	904	1992	971.5
1958	993	1993	882
1959	799	1994	986.8
1960	808	1995	636.4
1961	885	1996	945.2
1962	792	1997	909
1963	991	1998	792.5
1964	679	1999	690.8
1965	697		
	<b>Serie 1</b>	<b>Serie 2</b>	
Total pp.	29110.2	30086	
% del total	49.17%	50.83%	
Desv. Est.	158.83	134.72	
Varianza	25226.97	18149.48	
Media	831.72	884.88	
Coefficiente de Variabilidad	0.19	0.15	
Var pp. en series	---	975.8	
Var % en series	—	3.35%	

**Tabla 19: Registro de las Precipitaciones (en mm.) en la Localidad de Balcarce en Tres Series Temporales**

<i>Serie 1</i>	<b>1931-1953</b>	<i>Serie 2</i>	<b>1954-1976</b>	<i>Serie 3</i>	<b>1977-1999</b>
1931	761	1954	682	1977	1042
1932	994	1955	813	1978	997
1933	1080	1956	872	1979	632
1934	843	1957	904	1980	1227
1935	524	1958	993	1981	845
1936	759	1959	799	1982	929
1937	559	1960	808	1983	1006
1938	810	1961	885	1984	953.5
1939	920.2	1962	792	1985	912
1940	1091	1963	991	1986	650
1941	682	1964	679	1987	825
1942	716	1965	697	1988	759
1943	790	1966	949	1989	844.5
1944	802	1967	760	1990	930.7
1945	777	1968	806	1991	1012.1
1946	1406	1969	1019	1992	971.5
1947	809	1970	687	1993	882
1948	802	1971	901	1994	986.8
1949	772	1972	1040	1995	636.4
1950	755	1973	828	1996	945.2
1951	802	1974	789	1997	909
1952	882	1975	956	1998	792.5
1953	859	1976	972	1999	690.8
<i>Total pp.:</i>	19195.2		19622		20379
<i>% del total</i>	32.43%		33.15%		34.43%
<i>Desv. Est.:</i>	182.04		112.55		145.61
<i>Varianza:</i>	33138.56		12667.50		21202.27
<i>Media:</i>	830.42		852.61		894.87
<i>Var pp. series:</i>	--		426.8		757
<i>Var % series:</i>	--		2.22%		3.86%

**Tablas 20, 21: Chi Cuadrado - Balcarce**

Chi cuadrado ( $X^2$ )			
<i>Series</i>	<i>Secos</i>	<i>Húmedos</i>	<i>Total</i>
1931-1953	5.2	4.8	10
1953-1976	4.1	3.9	8
1976-1999	5.7	5.3	11
<i>Total</i>	15	14	29

Series	$O$	$E$	$O-E$	$(O-E)^2$	$(O-E)^2/2$
Serie 1Seco	6	5.2	0.8	0.64	0.32
Serie2Seco	4	4.1	-0.1	0.01	0.005
Serie3Seco	5	5.7	-0.7	0.49	0.245
serie1Hum	4	4.8	-0.8	0.64	0.32
Serie2Hum	4	3.9	0.1	0.01	0.005
Serie3Hum	6	5.3	0.7	0.49	0.245
				$\chi^2$	= 1.14

## **Anexo II: Modelos Digitales de Terreno, Sistemas de Información Geográfica y Clasificación Multiespectral de Imágenes Satelitales**

### MODELOS DIGITALES DE TERRENO

Un modelo digital de superficie o terreno (MDT) es una representación simplificada de un objeto geográfico en tres dimensiones. Dos de ellas se refieren a los ejes ortogonales (X e Y), la tercera mide la altura (Z) de la variable temática representada en cada punto del espacio. Es posible crear un MDT de cualquier variable que tenga continuidad espacial; de este modo, se pueden representar y analizar como un MDT distintos aspectos físicos-naturales tales como la topografía, niveles piezométricos, precipitación temperatura, litología, acidez de los suelos, etc. Los MDT pueden construirse mediante tres tipos de datos diferentes, según se utilicen puntos, líneas o funciones matemáticas como elementos base (BOSQUE SENDRA, 1992).

Un modelo digital de terreno es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua. Por lo tanto:

$$z = F(x,y)$$

Donde,

z = altura del punto.

x,y = coordenadas planimétricas correspondientes al punto de altura z.

F = función que relaciona la variable con su localización geográfica.

Un MDT presenta las siguientes características:

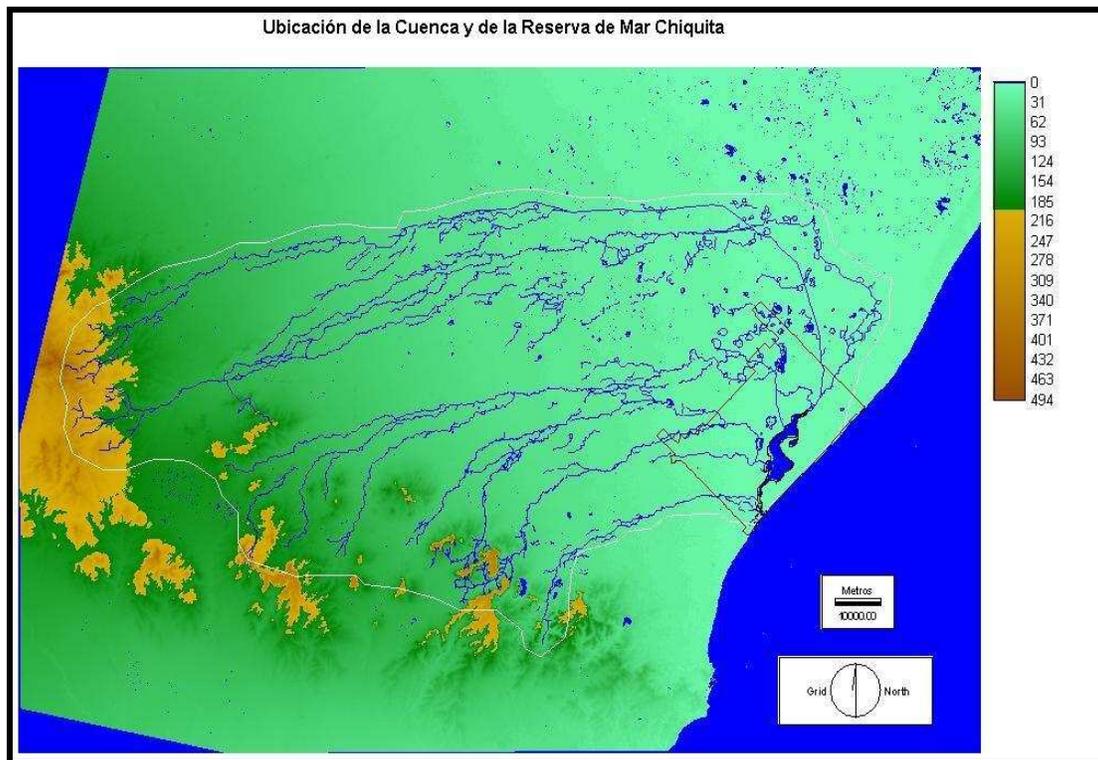
- Son simbólicos.
- Las relaciones de correspondencia con la realidad se establecen mediante algoritmos.
- Los MDT representan la distribución espacial de una variable cuantitativa y de distribución continua.

Además, los MDT contienen información de dos tipos diferentes:

- Información explícita: altitud.
- Información implícita: distancia, vecindad.

La descripción del relieve a partir del MDT se realiza mediante un juego de medidas que definen características geométricas del terreno a diferentes escalas. Esto se conoce como parametrización del relieve, lo que genera un conjunto de medidas que describen las formas topográficas, y permite distinguir diferentes tipos de relieves, en resumen, la descripción numérica de formas topográficas.

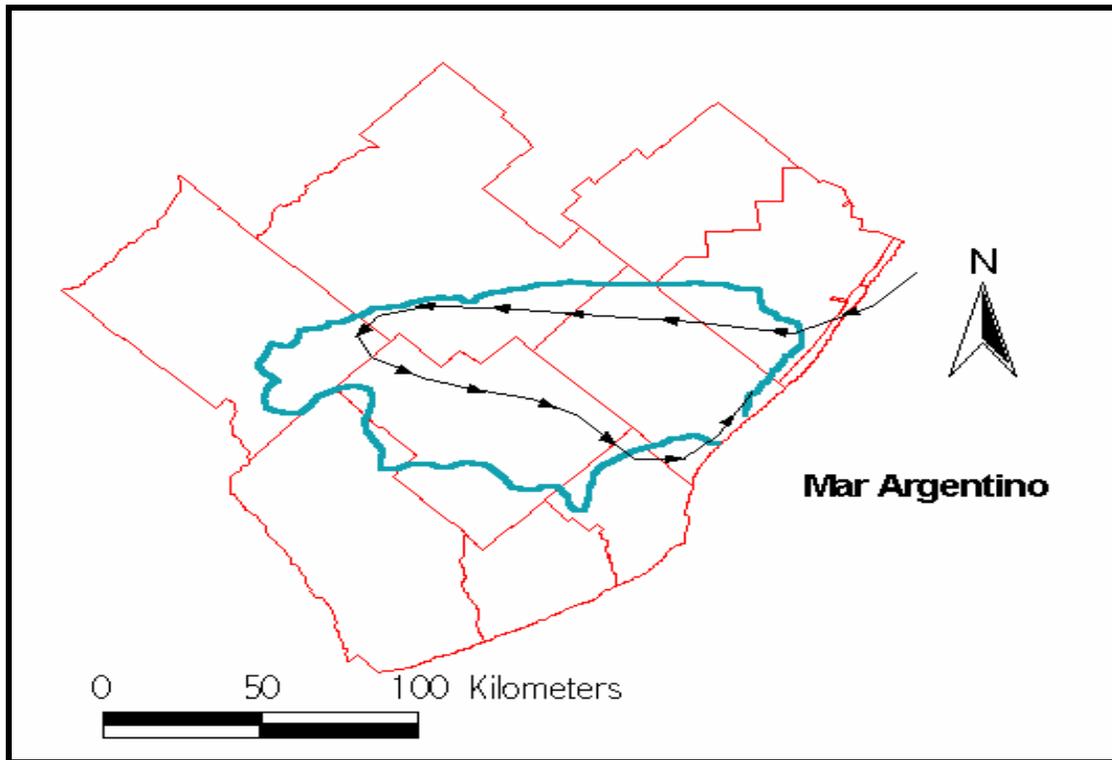
### MAPA 17: MAPA TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE LA CUENCA DE MAR CHIQUITA



Fuente: elaboración propia

Para la presente tesis, el MDT se generó a partir del uso de un archivo ya existente con curvas de nivel con tres metros de equidistancia que permitió elaborar el mapa topográfico. A partir de éste se creó uno de gradientes que luego fue utilizado, junto con otros productos cartográficos, para la concepción del mapa de riesgo de inundaciones. Posteriormente se le agregó una capa conformada por un falso color compuesto del área de estudio (bandas 4,5,7 de Landsat TM). Finalmente, se creó un modelo tridimensional y un vuelo simulado (ver CD-ROM) de un minuto de duración que permite recorrer de forma virtual la zona en consideración. El color negro corresponde al agua, el celeste oscuro a los cultivos, el naranja a las pasturas, mientras que el azul-violenta refiere a los centros urbanos. El vuelo sigue un recorrido pautado, como muestra el mapa que se encuentra a continuación, que permite distinguir claramente las diferentes unidades geomorfológicas.

**MAPA 18: LÍNEA DE VUELO**



Fuente: elaboración propia

### LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Como sugiere BOSQUE SENDRA Y COLABORADORES (1994) un mejor entendimiento de los Sistemas de información geográfica (SIG) y su potencia de análisis surge de las diferentes definiciones dadas por los siguientes autores:

- Una base de datos computarizados que contiene información espacial (MIGUEL y MARK, 1986)
- Un conjunto poderoso de herramientas que permiten coleccionar, ingresar, almacenar, recuperar a discreción, transformar y visualizar datos espaciales del mundo real para un conjunto particular de objetivos (BURROUGH, 1989).
- Un sistema basado en procedimientos-técnicas computarizados que pueden almacenar y manipular información espacial (ARONOFF, 1989).
- Un SIG es un caso especial de sistema de información donde la base de datos contiene un conjunto de observaciones sobre características, eventos o actividades espacialmente distribuidas, las cuales se definen en el espacio como puntos, líneas o áreas. Un SIG manipula datos sobre esos puntos, líneas o áreas para recuperar información para consultas ad hoc y análisis (DUEKER, 1979).
- Un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un número de preguntas en concreto (RODRÍGUEZ PASCUAL, 1993).

A pesar de las diferentes definiciones, todas ellas tienen en común que un SIG trabaja con un tipo de dato, el dato espacial, el cual es único porque puede ser vinculado a un mapa. En resumen, los SIG se desarrollaron para coleccionar, almacenar y analizar objetos o fenómenos donde la localización geográfica es una característica importante, incluso crítica para el tipo de análisis que se desea efectuar (BURROUGH, 1989).

Finalmente cabe aclarar que un SIG, en un sentido amplio, incluye tanto el conjunto de datos geográficos relativos a una aplicación, como al software que los manipula mientras que en un sentido restringido, un SIG se refiere sólo al software (CANCES, 1984).

Las principales características de los SIG pueden resumirse de la siguiente manera:

- Almacenamiento de datos geográficamente referenciados con una base de datos asociada.
- Datos en forma digital.
- Almacenamiento y recuperación de datos a gran velocidad y a bajo costo.
- Funciones de análisis y modelado de datos espaciales y atributos.

Entre las funciones que los SIG pueden realizar se pueden mencionar las establecidas por CHUVIECO, 1990:

- El ingreso de la información geográfica a la computadora.
- La gestión y consulta de una base de datos geográfica de manera tal que conserve sus características de forma coherente y económica.
- El análisis y generación de una nueva información a partir de la ya existente en la base de datos.
- La representación gráfica y cartográfica de los datos ingresados y de la información resultante de los análisis realizados sobre ellos.

En un SIG, los datos espaciales pueden estructurarse con dos tipos de modelos digitales: el modelo vectorial y el modelo raster.

En un modelo de datos vectorial, los objetos geográficos son representados por puntos y líneas que definen sus límites, en tanto que, en el modelo raster, el espacio geográfico es dividido regularmente en celdas cuadradas o rectangulares.

En el tipo vectorial, la posición de cada objeto geográfico es definida por coordenadas que pertenecen a un sistema de referencia, donde cada posición en el espacio tiene un par de coordenadas único. En él, un punto es representado por un punto, una línea por una serie de coordenadas o definida de manera paramétrica por un número limitado de puntos y una función matemática asociada, y el área como una serie de pares de coordenadas, donde el punto inicial y final coinciden. El espacio de coordenadas es supuestamente continuo ya que una posición puede ser definida en forma tan precisa como se desee.

En el modelo raster la localización de los objetos geográficos es definida por las filas y las columnas que estos ocupan. En lo posible, estas filas y columnas deberán estar basadas en alguna proyección cartográfica de manera que se encuentren propiamente georreferenciadas. En este modelo, los datos puntuales se mapean como una celda

individual, la línea como un conjunto de celdas vecinas y las áreas como una aglomeración de celdas contiguas. Es decir, que en el modelo vectorial los límites son explícitos y en el raster, implícitos.(ARONOFF,1989; BURROUGH, 1989;CANCES, 1984).

<b>Tabla 22: Ventajas y Desventajas de Ambos Modelos de Datos (Raster/Vector)</b>		
	<i>Vector</i>	<i>Raster</i>
V E N T A J A S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Provee una estructura de datos más compacta que el modelo raster.</li> <li>- Provee codificación eficiente de la topología.</li> <li>- Sólo almacena información relevante.</li> <li>- Posición precisa de los datos geográficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es una estructura de datos más simple.</li> <li>- Las operaciones de superposición se implementan más rápida y eficientemente.</li> <li>- La variabilidad espacial es eficientemente representada.</li> </ul>
D E S V E N T A J A S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la superposición de mapas se recurre a algoritmos que requieren una topología perfecta.</li> <li>- La estructura de datos es mucho más compleja.</li> <li>- Es ineficiente en la representación de la variabilidad espacial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La precisión depende del tamaño de la celda (resolución), por lo tanto, es poco precisa al igual que las medidas de distancias y superficies.</li> <li>- Capacidad de memoria importante para almacenar los datos.</li> <li>- Imposible llevar a cabo algunas operaciones topológicas.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia a partir de textos citados

### LA CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

La clasificación de imágenes satelitales es la denominación de un proceso para extracción de información en el cual el computador ha sido instruido para identificar píxeles por sus características radiométricas y asignarlos a ciertas categorías distintas, con el propósito de lograr automáticamente una clasificación que puede ser en forma de un mapa temático. Es esencial que el intérprete suministre al computador los datos de referencia que sirvan como parámetros, en base a los cuales aquél debería ser capaz de tomar decisiones con respecto a la clasificación de cada píxel.

El proceso de clasificación está compuesto por tres fases distintas:

Fase de entrenamiento o prueba: consiste en seleccionar un área de prueba bien representativa que contenga todas las categorías del terreno que el usuario puede clasificar. En esta ventana se seleccionan píxeles individuales representativos de las varias categorías de cobertura. Generalmente, se puede aceptar que cuanto más píxeles se utilicen, tanto más precisos serán los resultados.

Fase de clasificación: una vez cumplimentada la primera fase hay que agrupar los píxeles seleccionados para obtener las categorías que se desean conocer. Para la tesis se aplicó el método conocido como de "máxima probabilidad", en el cual se asigna cada píxel de la imagen a la categoría para la cual posee mayor probabilidad de pertenencia.

Fase de producción: el paso final es presentar los datos interpretados en una forma que pueda ser utilizado por el usuario o intérprete. La salida puede ser en forma de productos gráficos (mapas temáticos), tablas estadísticas y archivos de datos digitales. (CIAF, 1988).

### **Anexo III: Proyección Cartográfica Conforme Gauss-Kruger, Utilizada en la República Argentina**

La República Argentina ha adoptado como proyección para la cartografía topográfica de base oficial la proyección denominada Gauss Kruger. La misma es una variación de la mundialmente conocida proyección UTM (Universal Transverse Mercator). Esta es una proyección cilíndrica del tipo transversa (perpendicular al Ecuador) y tangente, es decir, que solamente hace contacto con la superficie terrestre en un solo Meridiano, lo que se conoce como Meridiano Central de Faja (MCF). El cilindro utilizado cubre la totalidad del país en sentido Norte-Sur pero es de limitado desarrollo longitudinal (Este-Oeste) abarcando solamente 3° (1° 30' a cada lado del MCF), por esta razón se han utilizado 7 cilindros generando las "7 Fajas" que conforman la proyección en su totalidad. Cada una de estas Fajas hace tangencia en un meridiano diferente cubriendo de esta manera el país en su totalidad. Esas fajas se enumeran de la siguiente manera:

FAJA	Meridiano	Central	(MCF)
Faja	1	72°	W
Faja	2	69°	W
Faja	3	66°	W
Faja	4	63°	W
Faja	5	60°	W
Faja	6	57°	W
Faja	7	54°	W

El sistema Gauss-Kruger posee ejes cartesianos como modo de representación de las coordenadas proyectados al plano generándose X,Y:

Eje X: Representa el eje NORTE de la proyección (al revés de los ejes cartesianos matemáticos), y su origen o valor 0 (cero) se encuentra en el Polo Sur (Latitud 90° Sur). De esta manera, la coordenada X de un punto expresado en Gauss-Kruger indicará siempre la cantidad de metros a que ese punto se encuentra del Polo Sur.

Eje Y: Representa el eje ESTE de la proyección y su origen está dado por cada MCF. En él, el valor que adopta la coordenada Y es 500.000 (expresado en metros). Este valor arbitrario distinto de 0 (cero) se adoptó simplemente para evitar los valores negativos en las coordenadas.