



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y TRANSFORMACIÓN
DE LA REGIÓN DE CABO SAN LUCAS,
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO, (1973 1993)**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

P r e s e n t a

Luis Francisco Madriñán V.

La Paz, Baja California Sur, noviembre 28 del 2002

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 13 horas del día 12 del Mes de noviembre del 2002, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., para revisar la Tesis de Grado titulada:

"Ecología del paisaje y transformación de las región de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México (1973 – 1993)"

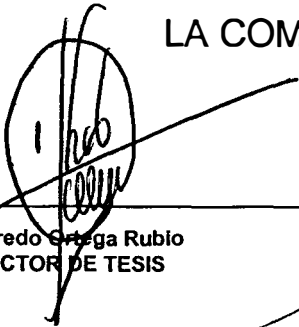
Presentada por el alumno:

Luis Francisco Madriñán Valderrama

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Ecología de Zonas Áridas

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA



Dr. Alfredo Ortega Rubio
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Luis Felipe Beltrán Morales
CO-TUTOR



Dr. Cesar Salinas Zavala
CO-TUTOR



Dra. THELMA CASTELLANOS CERVANTES,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CONFORMACIÓN DEL COMITÉ

La presente tesis fue dirigida por:

Dr. Alfredo Ortega Rubio

El comité Tutorial, comité revisor y comité sinodal fue integrado por:

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Dr. Cesar Salinas Zavala

M.C. Yolanda Maya

Todos los miembros del comité tutorial, revisor y sinodal, son investigadores activos en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

RESUMEN

Con el fin de analizar el proceso de cambio de las 30,700 ha ubicadas alrededor de la ciudad de Cabo San Lucas, B.C.S., México; se estudió el proceso de transformación en las 3 sub – zonas que conforman el área de estudio (Zona Montañosa, Zona de Valles Aluviales y Zona Costera), con base en una serie multitemporal de fotografías aéreas (1973-1993).

Durante el período estudiado la vegetación de las zonas montañosas de la región de Cabo San Lucas ha disminuido en un 12.7%, las coberturas aluviales en un 16.9% y la vegetación costera ha sido la mas afectada al perder el 30.4% de su cobertura original, mientras que las coberturas humanas mostraron un notorio incremento al pasar de una ocupación del 0.97% al 6.64% del área total.

En conjunto se ha producido una marcada fragmentación del ecosistema. Se pudo constatar que los cambios en las coberturas vegetales en estos ambientes es compleja, ya que las actividades humanas actúan de tres distintas maneras, a nivel local con el casco urbano de Cabo San Lucas, a lo largo de toda la franja costera, con los múltiples desarrollos sub – urbanos y a nivel regional por la acción de los caminos y carreteras.

Utilizando como indicador de impacto a la vegetación costera, se pudo esclarecer que esta marcadamente afectada y en un claro proceso de deterioro, así mismo se encontró una relación entre la disminución de la diversidad de especies y el aumento de las actividades relacionadas con turismo de playa.

En conjunto las coberturas vegetales de la región de Cabo San Lucas han disminuido el tamaño original de su área y las comunidades mas afectadas se encuentran a menos de 4 km de la línea de costa.

Palabras Clave:

Cabo San Lucas, Transformación humana, Vegetación costera, Fragmentación, Deforestación.

ABSTRACT

In this work we analyzed the landscape change in a total area of 30,700 ha, around the Cabo San Lucas's city. The area was divided in 3 sub – zones (mountain zone, alluvial zone and coastal zone) using a multi-temporal set (1973-1993) of aerial photographs.

During the studied period, we observed that the mountain zone vegetation has decreased in 12.7%; the alluvial vegetation has been diminished in 16.9% while the coastal vegetation presented the higher decrease percentage with 30.4% being the most affected. Meanwhile the humanized landscape showed a great increased passing from 0.97% to 6.64% of occupation of the total area.

Human activities had produced a highly fragmented landscape. The changes in the vegetal covers in this region is very complex, because the human activities affect in three different ways: at a local level, with the border urban zone effect of the city of Cabo San Lucas; at medium scale, multiple sub–urban developing cities built on the coastal line; and at regional level by the action of the highways and roads constructions.

The coastal vegetation, a good indicator is being greatly affected by the three reasons exposed above. We also found a relationship between the decrease of the coastal vegetation diversity and the growing of the human activities related to tourism activities in beaches.

The vegetation cover at Cabo San Lucas region had diminished its original area and the most affected vegetation communities are found at less than 4 km from the coastal line.

DEDICATORIA

Te dedico este a trabajo a ti **Claudia Fernanda**, mi esposa, compañera y colega. Pues gracias a ti, que me enseñaste a usar las alas que tenía adormecidas hoy puedo volar, y tomando como ejemplo tu tesón y empuje, descubrí que todo es posible si se hace con amor y entrega.

A mi mamá **Martha Cecilia**, que ha sido mi luz y mi guía durante toda la vida y por quien tome amor a investigar y a luchar por mis ideales; a mi papá **Fernando**, que aunque ya no esta con nosotros siempre me acompaña en todas mis luchas y proyectos.

A mi amiga **Eugenia Garzón** en la que siempre he encontrado apoyo y me ha ayudado en esta nueva vida, siempre con una sonrisa.

Al Dr. **Alfredo Ortega**, que gracias a su apoyo y guía, que me permitieron salir adelante en este país, he concluido felizmente este proyecto.

Y en especial a **Dios**, mi compañero y protector, que día a día me demuestra que las cosas buenas están frente a nosotros, y que el camino difícil siempre trae mejores recompensas.

AGRADECIMIENTOS:

Quiero en este momento agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo de una u otra forma en la realización de esta investigación y durante el desarrollo de mi maestría.

Al los Doctores Sergio Hernández Vásquez y Thelma Rosa Castellanos, por el apoyo que me brindaron para la realización y culminación de mis estudios de maestría en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C.; gracias por creer en mi.

A mi director, Dr. Alfredo Ortega Rubio quien desde el primer momento me brindó su apoyo, amistad y confianza; dándome todas las herramientas para realizar este trabajo y a mis asesores Dr. Luis Felipe Beltrán y Dr. Cesar Salinas Zavala, quienes me han brindado siempre su apoyo a lo largo de esta investigación.

A la Bióloga Patricia Gonzáles Zamorano y al M.C. Federico Salinas Zavala, quienes más que nadie me ayudaron e instruyeron en las técnicas del manejo de sistemas de información geográfica y siempre me dieron ideas frescas y con quienes sostuve importantes discusiones científicas que llevaron a feliz término este trabajo.

A la técnica Serafina Argüelles, M.C. Heidi L. Romero y Bióloga Martha Gómez, quienes me han ayudado en todo lo que he necesitado y me han brindado su concejo y amistad sincera y dentro del grupo de impacto ambiental han sido siempre un apoyo y con sus ideas han enriquecido este trabajo.

Al técnico Marcos Acevedo por toda su ayuda en los muestreos de campo y la logística a lo largo de este proyecto y su permanente disposición a apoyarme en todo mi trabajo de tesis.

A mi esposa, la M.C. Claudia Fernanda Bravo Garzón, por su ayuda en la fase de campo y su apoyo incondicional, quien es mi fuerza, mi aliento y mi principal inspiración, el motivo de esta tesis y de todas mis luchas.

A los técnicos del Herbario del CIBNOR, S.C. Miguel Salvador Domínguez y José Juan Pérez y al Dr. José Luis León de la Luz quienes me ayudaron en la determinación de los ejemplares colectados y de quienes recibí importantes orientaciones acerca de la vegetación del Cabo y al técnico Joaquín Rivera por su ayuda e instrucción en el laboratorio de sistemas de información Geográfica.

A mis profesores en la Maestría, pero especialmente a la M.C. Yolanda Maya, y al Dr. Cesar Salinas, por sus consejos y recomendaciones en la realización de este trabajo.

Y a mis amigos Marlene, Miguel, Azucena, Paloma, Armando, Flavio, Sergio “Scarry”, y Roberto, quienes siempre me brindaron su apoyo y ayuda en todo momento y a quienes guardo con mucho cariño en mi corazón.

CONTENIDO

Acta de revisión	
Conformación del comité	ii
Dedicatoria	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Agradecimientos	vi
Contenido	viii
Lista de figuras	x
Lista de tablas	xii
Lista de formulas	xiii
Lista de anexos	xiii
Lista de abreviaturas	xiv
1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.ANTECEDENTES	4
2.1 Paisaje	4
2.2 Percepción remota	5
2.2.1 Sistemas de información geográfica	5
2.2.2 Fragmentación	6
2.3 Vegetación	8
2.3.1 Selva Baja Caducifolia	9
2.3.2 Matorral Sarcocaulle	9
2.3.3 Vegetación Costera	10
2.4 Influencia Humana	10
2.5 Suelos	11
2.7 Desertificación	12
3. HIPÓTESIS	13
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general	14
4.2 Objetivos específicos	14
5. ÁREA DE ESTUDIO	15
5.1 Ubicación	15
5.2 Geología	16
5.3 Clima	17
6. METODOLOGÍA	20
6.1 Fase de interpretación aéreo – fotográfica	21

6.1.1 Georeferenciación	21
6.1.2 Generación de mapas de cobertura vegetal	23
6.2 Fase de campo	26
6.2.1 Selección de puntos de muestreo	26
6.2.2 Ubicación de transectos de vegetación	26
6.3 Fase final	28
6.3.1 Cartografía multitemporal	28
6.3.2 Cálculo de tasas de deforestación	29
6.3.2.1 Cálculo de tasas de deforestación por buffer	29
6.3.3 Análisis de similaridad de especies de Jaccard	30
6.3.4 Evaluación de criterios de amenaza o riesgo	30
7. RESULTADOS	32
7.1 Proceso de foto interpretación	32
7.1.1 Región Costera	32
7.1.2 Región de Valles Aluviales	33
7.1.3 Región Zona Montañosa	34
7.1.4 Coberturas humanas y terreno desnudo	36
7.2 Vegetación de Dunas	36
7.3 Índice de similaridad de especies de Jaccard	41
7.4 Cartografía Multitemporal	41
7.5 Cálculo de tasas de deforestación	47
7.6 Evaluación de criterios de amenaza o riesgo	59
7.6.1 Pérdida de la superficie original	59
7.6.2 Grado de fragmentación de la región	59
7.6.3 Cambio en la densidad de las poblaciones humanas	59
8. DISCUSIÓN	60
8.1 Vegetación costera	60
8.2 Cambios temporales en coberturas	65
8.3 Criterios de amenaza o riesgo	73
8.3.1 Pérdida de la superficie original	73
8.3.2 Grado de fragmentación de la región	74
8.3.3 Cambio en las densidades de las poblaciones humanas	75
9. CONCLUSIONES	77
10. RECOMENDACIONES	79
11. LITERATURA CITADA	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	15
Figura 2. Categoría de ciclones en el área de estudio durante el periodo de tiempo estudiado	19
Figura 3. Organigrama de materiales y métodos	20
Figura 4. Ubicación de levantamiento de unidades de paisaje y muestreos de vegetación costera	22
Figura 5. Mosaico aéreo – fotográfico.....	23
Figura 6: Modelo digital de elevación	24
Figura 7: Ángulo de las pendientes en grados	24
Figura 8: Dirección de la pendiente	25
Figura 9: Geología del área de estudio	25
Figura 10. Ocupación de los relevés situados en la zona de las dunas del faro	37
Figura 11. Ocupación de los relevés situados en la zona de Cabo San Lucas	38
Figura 12. Ocupación de los relevés situados en la zona de dunas el Molino 1	39
Figura 13. Ocupación de los relevés situados en la zona de dunas el Molino 2	40
Figura 14. Ocupación de los relevés situados en la zona de dunas el Golf	40
Figura 15. Matorral Crasicaule 1 (Verde oscuro) y Sarcocaulle 2 (verde claro) en 1973	44
Figura 16: Matorral Crasicaule 1 (Verde oscuro) y Sarcocaulle 2 (verde claro) en 1978.....	44
Figura 17: Matorral Crasicaule 1 (Verde oscuro) y Sarcocaulle 2 (verde claro) en 1993.....	45
Figura 18 : Casco urbano de Cabo san Lucas (rojo) en 1973.....	45
Figura 19 : Casco urbano de Cabo san Lucas (rojo) en 1978.....	46
Figura 20 : Casco urbano de Cabo san Lucas (rojo) en 1993.....	46
Figura 21. Cambio de las coberturas humanas a 6 km	48
Figura 22. Cambio de las coberturas Costeras a 6 km	48
Figura 23. Cambio de las coberturas de montaña a 6 km	48
Figura 24. Cambio de las coberturas aluviales a 6 km	48
Figura 25. Cambio de las coberturas humanas a 12 km	49
Figura 26. Cambio de las coberturas Costeras a 12 km	49
Figura 27. Cambio de las coberturas de montaña a 12 km	49
Figura 28. Cambio de las coberturas aluviales a 12 km	49
Figura 29. Cambio de las coberturas humanas a 18 km	50
Figura 30. Cambio de las coberturas Costeras a 18 km	50
Figura 31. Cambio de las coberturas de montaña a 18 km	51
Figura 32. Cambio de las coberturas aluviales a 18 km	51
Figura 33. Cambio de las coberturas humanas a 24 km	51
Figura 34. Cambio de las coberturas Costeras a 24 km	51
Figura 35. Cambio de las coberturas de montaña a 24 km	52
Figura 36. Cambio de las coberturas aluviales a 24 km	52
Figura 37. Cambio de las coberturas vegetales a 4 Km. de la costa	53
Figura 38. Cambio de las coberturas vegetales a 8 Km. de la costa	55
Figura 39. Cambio de las coberturas vegetales a 12 Km. de la costa	57

Figura 40. Curva de acumulación de especies por área	60
Figura 41. Confluencia de dunas y arroyo en la zona El Molino 1	63
Figura 42. Actividades humanas sobre las dunas del corredor Turístico	64
Figura 43. Uso de cuatrimotos sobre cresta de dunas de la zona de Faro	65
Figura 44. Crecimiento de la ciudad de Cabo San Lucas y aumento del terreno desnudo.....	67
Figura 45: Buffer de distancia a 6, 12, 18 y 24 km del casco urbano de C.S.L.	69
Figura 46: Cambio de coberturas humanas por matorrales en el periodo trabajado.....	69
Figura 47. Porcentaje de ocupación de las coberturas humanas desde casco Urbano de C.S.L a 24 Km.	70
Figura 48. Buffer de distancia a 4 , 8 y 12 Km. de la línea de costa	71
Figura 49. Porcentaje de ocupación de las coberturas humanas desde la línea de costa a 12 Km	72

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Datos climáticos generales de la región de Cabo San Lucas	18
Tabla II. Frecuencia de ciclones en el área de estudio durante el periodo de tiempo estudiado.....	19
Tabla III. Índices de Jaccard para los distintos puntos de muestreo	41
Tabla VI. Proporción de coberturas en Porcentaje y en Hectáreas para las tres fechas trabajadas	43
Tabla V. Tasas de deforestación anual de las principales coberturas vegetales y su pérdida de hectáreas, por período trabajado	47
Tabla VI. Tasas de deforestación de coberturas humanas y Matorrales entre los distintos Buffer por fecha trabajada	52
Tabla VII. Ocupación en Ha. de cada una de las coberturas por fecha trabajada a 4km de la línea de costa	54
Tabla VIII. Ocupación en Ha. de cada una de las coberturas por fecha trabajada a 8km de la línea de costa	56
Tabla IX. Ocupación en Ha. de cada una de las coberturas por fecha trabajada a 12km de la línea de costa	58

LISTA DE FORMULAS

(1) Formula de cálculo de tasas de deforestación por Dirzo & Garcia, 1990	29
(2) Análisis de similaridad de especies de Jaccard	30

LISTA DE ANEXOS

(1) Mapa anexo # 1 (1.973)	90
(2) Mapa anexo # 2 (1.978)	91
(3) Mapa anexo # 3 (1.993)	92

LISTA DE ABREVIATURAS

1. **SIG:** Sistemas de Información Geográfica
2. **LU / LC:** Land Use - Land Cover (Uso y cobertura del suelo)
3. **AVHRR:** Advanced very High Resolution Radiometer (Radiómetro avanzado de muy alta resolución)
4. **LANDSAT MSS:** Landsat Multispectral Scanner Scenes (Landsat Scanner de escenas multiespectrales)
5. **LANDSAT TM:** Landsat Thematic Mapper Imagery (Landsat Imágenes de Mapas Temáticos)
6. **SPOT:** Satélite para la observación de la tierra
7. **SBC:** Selva Baja Caducifolia
8. **MSC:** Matorral Sarcocaulle
9. **UTM:** Universal Transversal Mercator
10. **INEGI:** Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática
11. **GPS:** Sistema de posicionamiento global.
12. **NAD27:** North American Datum 1927
13. **m.s.n.m:** Metros sobre el nivel del mar

**ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y TRANSFORMACIÓN DE LA REGIÓN DE CABO
SAN LUCAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO (1973 – 1993)**

1. INTRODUCCION

La ecología de paisajes estudia los efectos ecológicos del patrón espacial de los ecosistemas, considerando el desarrollo, la dinámica y el manejo de la heterogeneidad espacial, las interacciones e intercambios a través de paisajes diferentes y la influencia de la diversidad espacial sobre los procesos bióticos (Turner, 1989).

Un buen manejo para la conservación de los sistemas naturales requiere de un básico entendimiento de las ciencias ecológicas en todos los niveles, especialmente en lo referente a los aspectos de la ecología del paisaje (Bridgewater, 1993).

La mayoría de los estudios a nivel de paisaje han sido desarrollados en Norte América y Europa (Yang, 2002; Mc. Marigal, 2001; Moreira, 2001; Forman, 1998; Reed, 1996; Tinker, 1997; Turner, 1989); de las cuales, la gran mayoría de estas investigaciones se relacionan con el manejo forestal y se concentran en estudiar los efectos de la fragmentación en los ecosistemas y la deforestación y sus respectivos cambios en el tiempo (Madriñán, 2001; Viña y Cavelier, 1999; Reed *et al.*, 1993). Por esto la importancia de realizar estudios de este tipo en las zonas áridas de México.

El proceso de fragmentación trae como consecuencia sobre la dinámica de especies la disminución del tamaño de ciertas poblaciones como resultado de la muerte o daño directo de los individuos. En algunos casos puede conducir a la extinción local. En segunda instancia, algunas poblaciones de especies que sobreviven a la perturbación inicial muestran un incremento en el número para compensar la pérdida de individuos. La tercera consecuencia es la colonización del área perturbada por parte de nuevas especies (Forman & Godron, 1986).

La vegetación es el elemento principal del paisaje y puede considerarse un indicador de los potenciales de desarrollo de una región (León de la Luz, 1999). Tradicionalmente las aproximaciones llevadas a cabo por los ecólogos al examinar, entender y mapear los patrones de la vegetación natural han sido frecuentemente contrastados por los problemas espacio – temporales y económicos. Dichos problemas son particularmente serios en estudios de sucesión que involucran grandes escalas de tiempo, ya que en algunos casos para que los cambios puedan ser detectables en la vegetación deben pasar décadas. (Green *et al.*, 1993)

México posee una gran riqueza biológica y un alto nivel de endemismos que se caracterizan en su biota y en sus diversos ambientes geográficos por lo que se considera un país mega diverso (Mittermeier & Gotees, 1992). Al sur de la península de Baja California se ubica la región del Cabo. En esta zona montañosa se ubican las comunidades boscosas de Pino – Encino (BPE) y Encinar (BE). La denominada Selva Baja Caducifolia (SBC) es una comunidad que ocupa cañones y piedemontes, contiene la

mayor diversidad de especies de la región. Una de las comunidades poco conocidas y documentadas es el Matorral Sarcocaula (MSC), misma que ocupa planicies aluviales (León de la Luz, 1999), la vegetación costera ha sido poco estudiada en esta región y ha sufrido un serio proceso de deterioro en los últimos años (Pérez, 1995) . Tanto el MSC y la SBC soportan la mayor presión de aprovechamiento del medio rural en el sur de la península de Baja California (León de la Luz, 1999).

La ciudad de Cabo San Lucas se encuentra dentro de la región del Cabo y es el punto central del área de estudio en el presente trabajo. Cabo San Lucas es uno de los principales polos turísticos en crecimiento de México y en los últimos 25 años se han creado importantes desarrollos urbanísticos y de vías de comunicación en esta región; lo cual ha traído como consecuencia la pérdida de coberturas vegetales y el aumento de la erosión.

En este trabajo se analiza el cambio de la vegetación y las coberturas humanas, con el fin de conocer el proceso de transformación del paisaje adyacente a la ciudad de Cabo San Lucas entre los años 1973 – 1993.

2. ANTECEDENTES

2.1. PAISAJE

Pocos son los estudios temporales a nivel nacional y mundial, que integran en una sola visión los procesos naturales y socioeconómicos sobre el cambio del uso y cobertura del suelo (Reid, 2000).

Farina (1998) define un paisaje cultural como una región en donde la influencia humana se ha venido dando durante cientos de años, creando una asociación única de procesos, estructura y composición de especies. En los paisajes culturales dominados por la influencia humana el cambio producido en los mismos está determinado por factores socioeconómicos (Moreira, 2001) que son frecuentemente ignorados en estudios de cambio en paisajes.

Los eventos más relevantes en los procesos de cambio de un paisaje son la intensificación o abandono de la agricultura, control de fuegos, pastoreo, deforestación y crecimiento urbano (Farina, 1998); estos dos últimos muy relevantes en el área de estudio.

El paisaje como un todo abarca cada uno de sus elementos (Geología, Relieve, Hidrología, Clima, Edafología y Vegetación) y las relaciones existentes entre ellos, considerando conceptos de homogeneidad y estabilidad, que define la plasticidad de los elementos susceptibles a cambiar, ya por causas naturales o por influencia antrópica. (Arriaga *et al.*, 2000)

2.2 PERCEPCIÓN REMOTA

La percepción remota en el estudio de vegetación y suelos tiene tres objetivos principales: 1) Identificación de distintos tipos de vegetación y suelos para su representación cartográfica, 2) Obtener información de factores de variación rápida, y 3) la evaluación del nivel de degradación de la vegetación y el suelo con fines de la conservación del recurso (Bonn y Escadafal, 1996).

La fotografía aérea se ha utilizado desde principios del siglo XX para el análisis de paisajes a nivel global (Bonn y Rochon, 1992; Shoshany *et al.*, 2002) y el uso de imágenes de satélite se presenta como una excelente herramienta para el estudio de los paisajes abarcando dominios espectrales a los que es insensible el ojo humano (Bonn y Rochon, 1992)

2.2.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Los SIG son herramientas útiles en la investigación que abren un mundo de posibilidades en el campo de la ecología del paisaje. Entre sus posibles aplicaciones están el inventario, monitoreo de recursos naturales, planeación de grandes territorios y legislación en el manejo de los recursos naturales e investigación. Generalmente esto va acompañado con el complemento de la percepción remota que sin la visión a gran escala, podría resultar en la fragmentación del ecosistema. También contribuyen al consenso para la toma de decisiones al hacer posible la colaboración interactiva entre administradores, políticos, investigadores y demás participantes (Franklin, 1994)

Una aplicación de los SIG en el manejo de cuencas es la predicción de la variabilidad espacial de la erosión superficial (perdida de suelo), utilizando bases de datos provenientes de mapas de cobertura vegetal, suelos y pendientes del área. (Brooks *et al.*, 1997)

Otro de los usos que se le dan a los SIG es el relacionado con el uso y cobertura del suelo más conocido por sus siglas en inglés como “LU/LC” (*land use, land cover*). Es muy útil para las investigaciones relacionadas con los distintos tipos de impacto ambiental, ya que abarca temas tales como, análisis de la calidad del agua, crecimiento y manejo de poblaciones, índices de erosión, etc ... (USDI / USGS, 1999).

La cobertura del suelo es un tipo de clasificación utilizada para identificar distintos parámetros ambientales y se puede obtener de diferentes fuentes de datos y a distintas escalas de resolución (AVHRR, Landsat MSS y TM, SPOT, fotografías aéreas, etc..).

La información obtenida de estas fuentes puede ser usada para monitorear cambios a través del tiempo, sobreponer áreas e incorporar información más detallada sobre el uso del suelo (USDI / USGS, 1999), como es el caso del presente estudio.

2.2.2 FRAGMENTACION

La fragmentación tiene una influencia negativa en muchas especies de plantas y animales y de sus procesos ecológicos, produciendo aislamiento geográfico y disminuyendo las probabilidades de re - colonización dependiendo de la distancia entre los parches y de la matriz circundante (Farina, 1998). Los parches más pequeños que sobreviven a una

perturbación suelen estar más afectados por la matriz circundante, aumentando su vulnerabilidad ante disturbios externos con graves consecuencias que hacen que estos parches difícilmente puedan conservar su estado inicial y se conviertan en un mosaico de vegetación de borde. (Crome, 1997). La reducción del área total de hábitat disponible genera cambios en las densidades poblacionales determinando las respuestas bióticas ante la fragmentación (Saunders et al 1991).

Los parches remanentes son causados por un disturbio alrededor de un área pequeña generando "islas" no afectadas por el este fenómeno, que se vuelen relictos de las comunidades de plantas y animales previamente existentes, incrustados en una matriz que ha sido perturbada (Forman y Godron, 1986). Los parches remanentes pueden generarse por dos tipos de perturbación: únicas o crónicas.

En los parches la diversidad de especies está fuertemente influida por el tamaño; tomando como modelo de análisis un conjunto de islas, se puede verificar que islas grandes contienen mayor número de especies que islas pequeñas, pero el incremento del número de especies no es lineal: inicialmente hay un cambio rápido en el número de especies, que paulatinamente va decreciendo en la medida que se consideran tamaños cada vez mayores de islas, aunque este crecimiento se sigue dando en pequeñas cantidades. Desde el punto de vista de la teoría de la biografía insular, el número de especies (diversidad de especies o riqueza), se relaciona directamente con los siguientes factores en su orden: área de la isla, aislamiento y edad (Forman y Godron, 1986).

El efecto de borde en los parches y su forma afecta la relación borde superficie: formas alargadas presentan una mayor relación borde/ superficie que formas isodiamétricas. El micro ambiente en el interior de un pequeño parche de bosque es considerablemente diferente al que existe en el centro de un gran parche; las corrientes de aire provenientes de la matriz pasan a través de los pequeños parches, pero en los grandes parche el efecto no alcanza el centro del mismo. Esta franja externa que posee una significativa diferencia con el interior del parche, es la que se conoce como borde de parche (Forman y Godron, 1986).

2.3 VEGETACIÓN

Es el elemento del medio natural que funciona como receptor de energía solar, constituye el productor primario de todos los ecosistemas terrestres y se relaciona con los componentes del medio abiótico. La vegetación es estabilizador del suelo, retarda la erosión e influye en la calidad y cantidad de agua disponible (Arriaga *et al.*, 2000) .

Los aprovechamientos sobre la vegetación sudcaliforniana se han venido dando históricamente ya sea como forraje para crianza de ganado bovino, como fuente de energía y construcción en general. Estas actividades se consideran de impacto de diverso grado sobre el balance y la estructura natural de la vegetación; en muchos casos la erosión del suelo es un reflejo del abuso de tales prácticas (León de la Luz, 1999).

El grado de alteración de la vegetación en un lugar es también un indicador del grado de disturbio de su ambiente. La vegetación es el elemento del medio natural mas inestable y por lo tanto el que requiere mayor esfuerzo de conservación (Arriaga, *et al.*, 2000) .

2.3.1 SELVA BAJA CADUCIFOLIA (SBC)

Se encuentra en superficies medias de la Sierra de La Laguna, en una franja que va de los 500 m.s.n.m a los 1000 m.s.n.m, sobre laderas con pendientes moderadas a fuertes, no obstante este tipo de vegetación trasciende este límite para desarrollarse a otras elevaciones siguiendo principalmente el curso de cañones profundos. Los suelos asociados a esta comunidad se encuentran en fase inmadura, con poca cantidad de materia orgánica, su textura es básicamente migajón – arenoso.

Se han identificado 73 especies arbóreas y arbustivas dentro de esta comunidad (León de la Luz, 1999).

2.3.2 MATORRAL SARCOCUALE (MSC)

Esta comunidad se encuentra en las planicies aluviales de la región del Cabo, por debajo de los 500 m. El MSC comprende una superficie estimada de unos 5,400 km², representando la superficie más extensa de la región del Cabo y por ende es la vegetación característica de ésta. Los suelos del MSC se encuentran en fase de acumulación, el horizonte superficial contiene niveles mínimos de materia orgánica, la textura es básicamente arenoso – limoso. Prácticamente no se presenta pedregosidad.

Se han identificado 98 especies arbóreas y arbustivas dentro de esta comunidad (León de la Luz, 1999).

2.3.3 VEGETACIÓN COSTERA

Comprende aproximadamente 115 km² de superficie. De acuerdo a Pérez - Navarro (1995), la mayor diversidad de especies vegetales se encuentra en los cordones de dunas, en los que se destacan las formas de vida denominadas como “herbáceas rastreras perennes”, mismas que constituyen la forma vegetal con mayores ventajas adaptativas. Esta zona se divide en cuatro subzonas: playa (14 spp), frente de dunas (14 spp) cresta de duna (32 spp) y costado interno de duna (58 spp) (Johnson, 1977; Johnson, 1982).

La vegetación costera abarca la vegetación que se presenta en la zona litoral.

La vegetación de esta unidad se encuentra conformada por formas de vida vegetales sumamente especializadas, ya que deben afrontar en sus diferentes etapas de vida y desarrollo de múltiples adversidades ambientales, que si bien son limitativas en el ambiente semiárido de la región se acentúan en el ambiente costero (Pérez, 1995).

2.4 INFLUENCIA HUMANA

Las modificaciones topográficas con fines de urbanización tales como la construcción de caminos, pueden originar la formación de cárcavas (Reid, 1993). La apertura de caminos implica la eliminación total de la cubierta vegetal en un corto tiempo, exponiendo el suelo al golpeteo directo de las lluvias y provoca el desprendimiento de partículas en volúmenes cada vez mayores (Schwab *et al.*, 1990).

Los caminos y carreteras son objetos sin precedentes en la historia ecológica de los paisajes (Mc Marigal, *et al.*, 2001) y potencialmente pueden afectar procesos ecológicos, por incremento de la erosión, sedimentación, cierres de flujo genético y deslizamiento de

suelos (Jaarsman, 2002; Saunders, 2002; Brown, 2001; Forman y Alexander, 1998; Reed, 1996; Reed, 1995; y Van Bohemen, 1995). Las carreteras pueden aumentar la aparición de fuegos debido al incremento de actividades humanas asociadas al corredor de transporte (Franklin y Forman, 1987, Serrano, *et al.*, 2002). Igualmente al ser objetos lineales dentro del paisaje pueden crear altos contrastes entre parches de vegetación cercanos y en consecuencia las carreteras pueden causar la fragmentación de hábitat y la pérdida directa de los mismos, por obras de construcción y las actividades asociadas al camino (Reed *et al.*, 1996; Tinker *et al.*, 1997).

2.5 SUELOS

El suelo es el soporte y fuente de nutrientes para la cubierta vegetal y da sustento a diversos ecosistemas en los medios natural y antrópico. Al mismo tiempo recibe impactos del medio que resultan en la pérdida de fertilidad, erosión, degradación biológica y contaminación. De la estabilidad del suelo en el medio natural depende la estabilidad de la hidrología y la vegetación (Arriaga *et al.*, 2000).

El material parental y la historia climática y geológica tienen un importante efecto en las propiedades del suelo en una escala regional o continental; los procesos de formación del suelo están ligados a componentes físicos, bióticos y abióticos, y al uso que se les da a los mismos (Wang, 2001).

Las prácticas de manejo del uso del suelo influencia en gran medida los procesos de erosión, oxidación y mineralización; asimismo acarrea los procesos de transporte y

predistribución de nutrientes. Los suelos que cambian de uso (pastizal – cultivo) muy frecuentemente presentan alteraciones y usualmente disminuye su calidad (Wang, 2001).

2.7 DESERTIFICACION

La desertificación es un proceso muy complicado que implica una gran variedad de condiciones naturales y actividades socioeconómicas. Se define como la pérdida de la vegetación y de suelo, que viene relacionada con las actividades de uso sobre la capa arable del mismo; sin embargo, puede ser acelerada por la variabilidad climática (Pickup, 1998).

El problema de la desertificación se debe principalmente a tres factores:

- 1) La sobreexplotación, La cual incluye sobrepastoreo, sobreexplotación maderera, degradación de los ecosistemas y pérdida de la biodiversidad.
- 2) La excesiva colonización y pérdida de suelos asociada a la degradación de la capa arable de la tierra.
- 3) La falta de corredores de amortiguamiento alrededor de las áreas urbanas que impida la invasión de la arena acarreada por el viento (Wu, 2002).

3. HIPÓTESIS

Ha: La cobertura vegetal en la región de Los Cabos, B.C.S. ha disminuido por efecto de actividades humanas como la deforestación y por el crecimiento urbano de la ciudad de Cabo San Lucas del año 1973 a 1993.

H0: La cobertura vegetal en la región de Los Cabos, B.C.S. no ha disminuido por efecto de actividades humanas como la deforestación y por el crecimiento urbano de la ciudad de Cabo San Lucas del año 1973 a 1993.

4. OBJETIVOS:

4.1 Objetivo General

Analizar los cambios en la transformación del paisaje en la región de los Cabos, B.C.S. y su impacto sobre la vegetación entre 1973 y 1993.

4.2 Objetivos Específicos

- a) Cuantificar el área y la tasa de deforestación de los distintos tipos de vegetación en la región de Cabo San Lucas entre los años de 1973 a 1993.
- b) Cuantificar el área y la tasa de crecimiento del terreno desnudo (erosión, caminos) y la mancha urbana de Cabo San Lucas entre los años de 1973 a 1993.
- c) Conocer las razones de persistencia de la vegetación costera en relación a las condiciones edafológicas, geomorfológicas y las actividades turísticas en el área de estudio.
- d) Analizar comparativamente las propiedades de la vegetación costera en relación a la proximidad de perturbaciones de origen antrópico.

5. AREA DE ESTUDIO

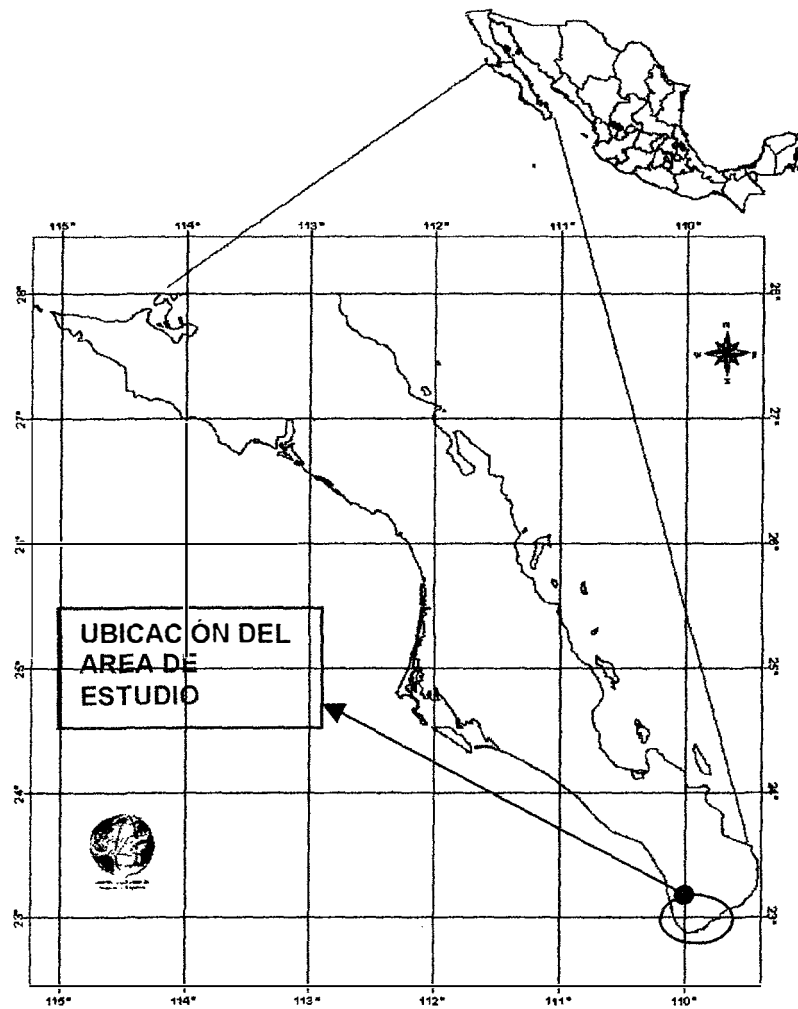


Figura 1: Ubicación del área de estudio

5.1 UBICACIÓN

El área de estudio se localiza en extremo sur de la zona biogeográfica denominada Región del Cabo. Comprende un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 550 m,s,n,m, ubicándose entre las coordenadas 110° 60' 00" long. OESTE , 23° 30'

00''Lat. NORTE y 109° 39' 36'' long. OESTE, 22° 51' 36''Lat. Norte; abarcando un área aproximada de 30,700 ha.

Dentro del área de estudio se localiza la ciudad de Cabo San Lucas, el mayor desarrollo hotelero y turístico de baja California Sur y uno de los más importantes de México y América latina.

5.2 GEOLOGÍA:

En el medio natural los factores geológicos son los primeros en orden cronológico y los de mayor estabilidad y permanencia (Arriaga *et al.*, 2000).

El área de estudio muestra una estratigrafía que representa el lapso comprendido entre el periodo Triásico al reciente. Las rocas mas antiguas son metasedimentarias, metavolcánicas y metaígneas, que con frecuencia se encuentran afectadas por cuerpos intrusivos o por metamorfismo dinámico, se han considerado como del Cretácico Medio (Mina, 1956).

La geomorfología del área corresponde a montañas complejas, altas y bajas, con una etapa geomorfológica de madurez para una zona árida, moldeada por corrientes fluviales que han formado hondos cañones; son de tipo consecuente, longitudinales, radiales. Se utilizó como base la propuesta de Mina (1956), ya que en su clasificación esta basada la cartografía de INEGI.

En la zona de estudio se encuentran estos tipos principales de material parental:

Kgd: Rocas ígneas intrusivas del tipo Grandiorita pertenecientes al Mesozoico (Cretácico Superior)

Kgr: Rocas ígneas intrusivas del tipo Granito pertenecientes al Mesozoico (Cretácico Superior)

Tgr: Rocas ígneas intrusivas del tipo Granito pertenecientes al Cenozoico (Terciario)

Qal: Suelos compuestos por rocas sedimentarias de tipo aluvial pertenecientes al Cenozoico (Cuaternario)

Qar – cg: Suelos compuestos por rocas sedimentarias de tipo arenisca - conglomerado pertenecientes al cenozoico (Cuaternario)

Qcg: Suelos compuestos por rocas sedimentarias de tipo conglomerado pertenecientes al Cenozoico (Cuaternario)

Qeo: Suelos compuestos por rocas sedimentarias de tipo eólico pertenecientes al Cenozoico (Cuaternario)

Qli: Suelos compuestos por rocas sedimentarias de tipo litoral pertenecientes al Cenozoico (Cuaternario)

5.3 CLIMA

Según Coria (1988) tomando como referencia la clasificación de Köppen modificada por García (1981) se presenta un clima **BW(h)** correspondiente a muy seco – muy cálido y cálido, la mayoría de los días del año son despejados a medio nublados representando en promedio cerca del 80 % .

La precipitación media anual es de 262.7mm y los meses más lluviosos son agosto, septiembre y octubre; la temperatura media anual registrada para Cabo San Lucas es de 23.7C°. (Anónimo, 1999)

Tabla I: Datos climáticos generales de la región de Cabo San Lucas

Temperatura media anual	23.7 °C
Temperatura mínima extrema	8.0 °C
Temperatura mínima promedio	13.0 °C
Temperatura máxima extrema	38.0 °C
Temperatura máxima promedio	32.0 °C
Precipitación media anual	262.7 mm
Vientos dominantes	NW (50%)
Humedad ambiental relativa promedio	48 – 68%

En esta región predomina un régimen de lluvias de verano acentuado por los ciclones y “chubascos” originados en el Pacífico Tropical. También se presentan lluvias de invierno o “equipatas” que corresponden a menos del 10% de la precipitación anual (León de la Luz, *et al.* 1998).

Tabla II: Frecuencia de ciclones en el área de estudio durante el periodo de tiempo estudiado

AÑO	MES	NOMBRE
73	Sep	IRAH
76	Sep – Oct	LIZA
77	Ago	DOREEN
78	Sep	PAUL
78	Oct	ROSA
81	Ago	IRWIN
81	Oct	LIDIA
82	Sep	PAUL
84	Jul	GENEVIEVE
84	Sep – Oct	POLO
85	Oct	WALDO
86	Sep	NEWTON
86	Sep – Oct	PAINE
88	Ago	JHON
89	Ago	KIKO
90	Sep – Oct	RACHEL
93	Jul	CALVIN
93	Ago	HILARY
93	Sep	LIDIA

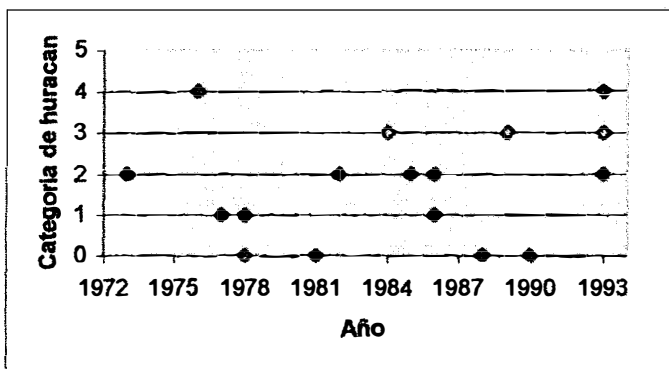


Figura 2: Categoría de ciclones en el área de estudio durante el periodo de tiempo estudiado (puntos rojos = categoría 4, puntos naranja = categoría 3, puntos azules = categorías 2 y 1, y puntos verdes = tormentas tropicales)

6. METODOLOGÍA:

El estudio se realizó en tres fases tal como se presenta en la figura 3 (Las fases se representan con los números 1, 2 y 3 en cada proceso).

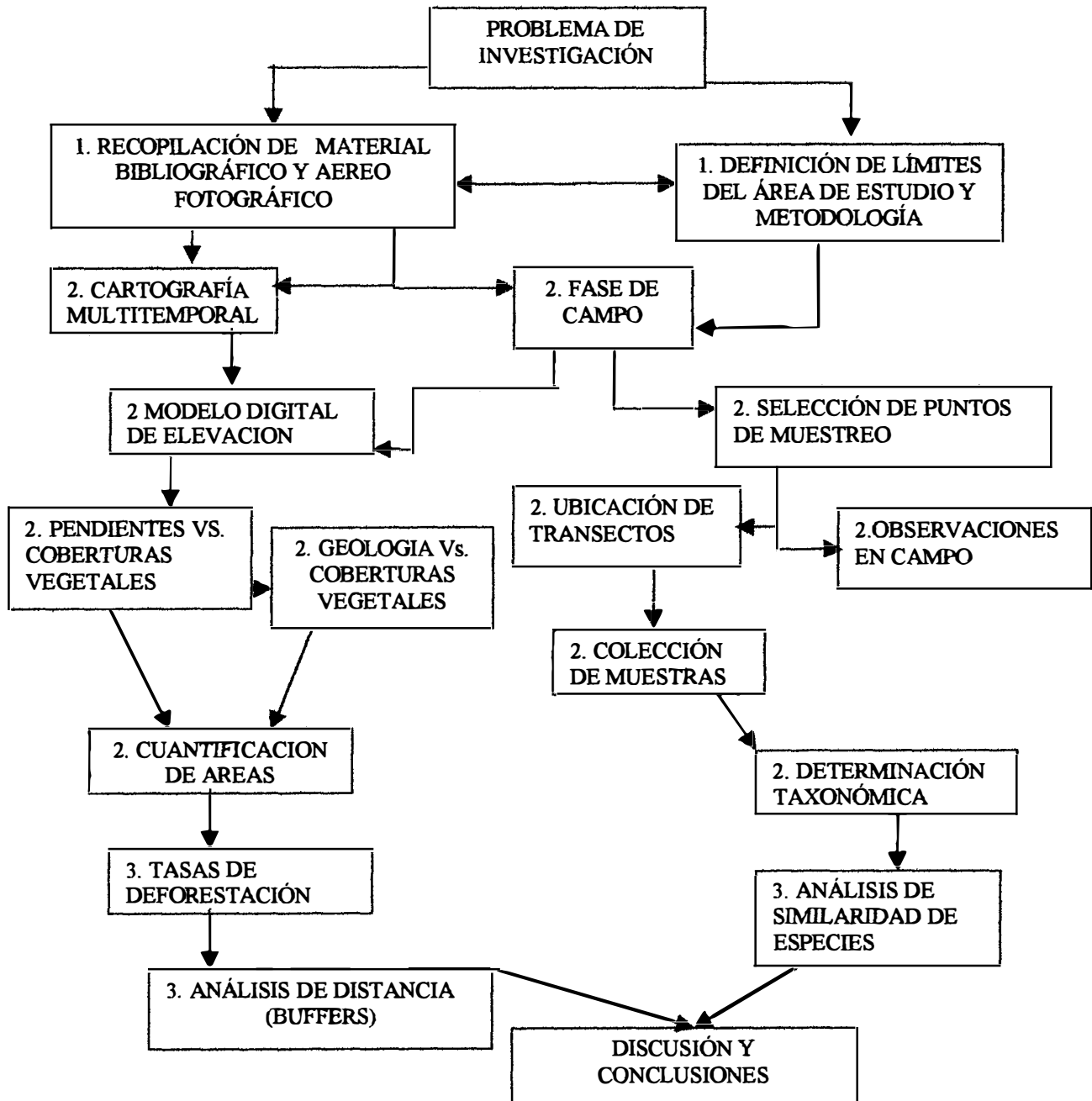


Figura 3: Organigrama de materiales y metodología utilizada.

6.1 FASE DE INTERPRETACIÓN AEREO – FOTOGRÁFICA

Para este punto se recopiló todo el material aéreo – fotográfico disponible al público del área de estudio, en un período de 20 años; dichas fotografías perteneces a el vuelo R - 519 CETENAL, líneas 18 y 20 de 1973 a escala 1:70,000, vuelo R- 202 DETENAL, líneas 40 y 41de 1978 a escala 1:80,000, y el vuelo R -819/94 INEGI, líneas 67 y 68 de 1993 a escala 1: 75,000. Por provenir la información de distintas escalas fue homogenizada a la escala 1:80,000.

Por medio de foto – interpretación con estereoscopio de espejos y por patrones de grises se definieron las coberturas vegetales, cada una de las cuales fueron confirmadas con muestreos de campo.

La mínima unidad cartografiable fue de 150.88 m² correspondiente a 4 píxeles de centro por 12 de contorno, el tamaño de cada píxel corresponde a 9.43 m²

6.1.1 GEOREFERENCIACIÓN

Para poder establecer las coordenadas sobre los mapas a trabajar se tomaron puntos de referencia por medio de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y así delimitar el área de estudio, y los puntos de muestreo de los fragmentos de vegetación.

Se utilizó la cartografía base correspondiente a las cartas topográficas Boca San Cristóbal y Cabo San Lucas de 1998 a escala 1:50,000 del Instituto (INEGI).

La información de las fotografías aéreas y la información en campo fue cruzada con la cartografía existente, para homogenizar el área de estudio y georeferenciar los mapas, siguiendo las coordenadas cartesianas utilizando el elipsoide GRS80, proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) y el DATUM horizontal NAD 27.

Para definir cada una de las unidades de paisaje se tomaron los siguientes datos en campo:

- Sitio de muestreo
- Vegetación dominante (especies)
- Geología
- Pendiente
- Fecha
- Latitud / Longitud
- Influencia humana
- Ocupación
- Información Original

En total se realizaron 29 reconocimientos de unidades de paisaje en donde se anotaron los anteriores parámetros.

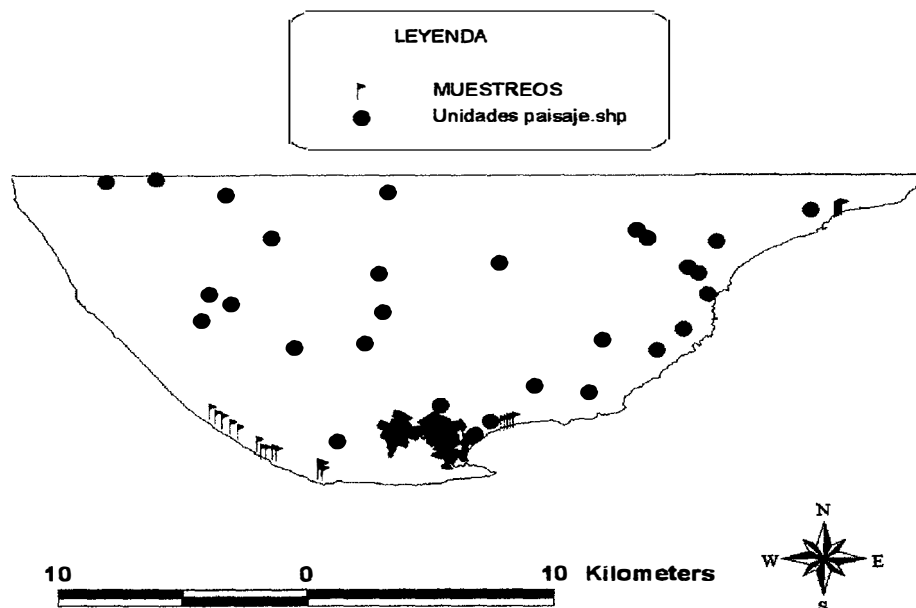


Figura 4: Ubicación de levantamiento de unidades de paisaje y muestreos de vegetación costera

6.1.2 GENERACIÓN DE MAPAS DE COBERTURA VEGETAL

Una vez terminada la fotointerpretación de las aerofotografías se generaron calcos temáticos con las clasificaciones. Al mismo tiempo se georeferenciaron las aerofotografías y los calcos temáticos utilizando como puntos de control los tomados con el GPS y la cartografía de INEGI.

Ya georeferenciadas las aerofotografías se elaboraron mosaicos con todo el material disponible para cada año de referencia, a partir de los cuales se seleccionó el área final de estudio, cuya característica principal es ser plenamente identificable en todas las fechas.

Con la delimitación final del área única de estudio, se utilizó el sistema de información geográfica ArcView versión 3.1 para determinar las áreas correspondientes a cada uno de los tipos de coberturas, y se cruzó con la información topográfica, geológica y la dirección y grado de pendientes (Figuras 5, 6, 7, 8 y 9) generando una base de datos de áreas asociadas a cada una de las fechas de referencia y a cada una de las coberturas.



Figura 5: Mosaico aéreo - fotográfico

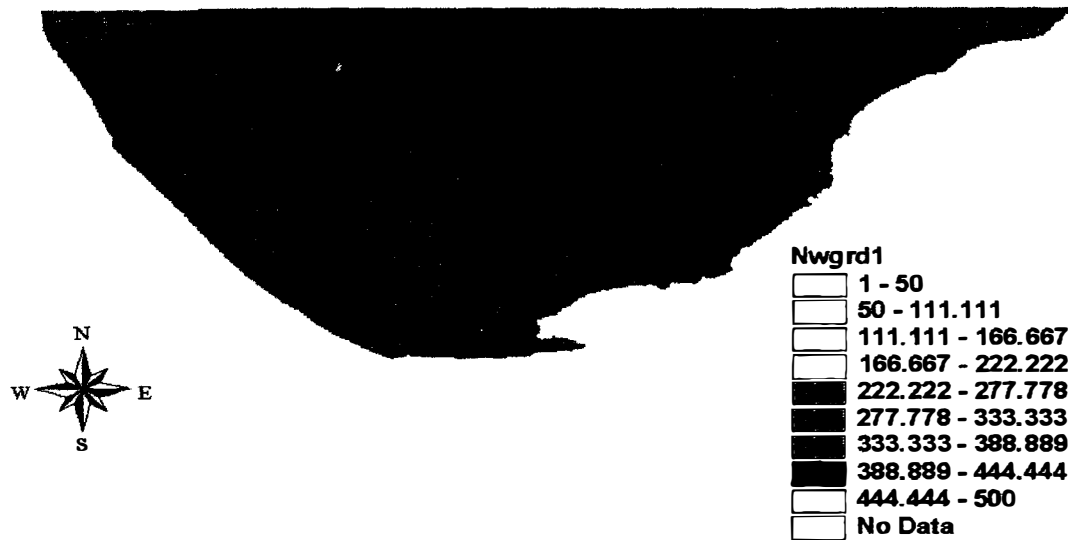


Figura 6: Modelo digital de elevación



Figura 7: Ángulo de las pendientes en Grados

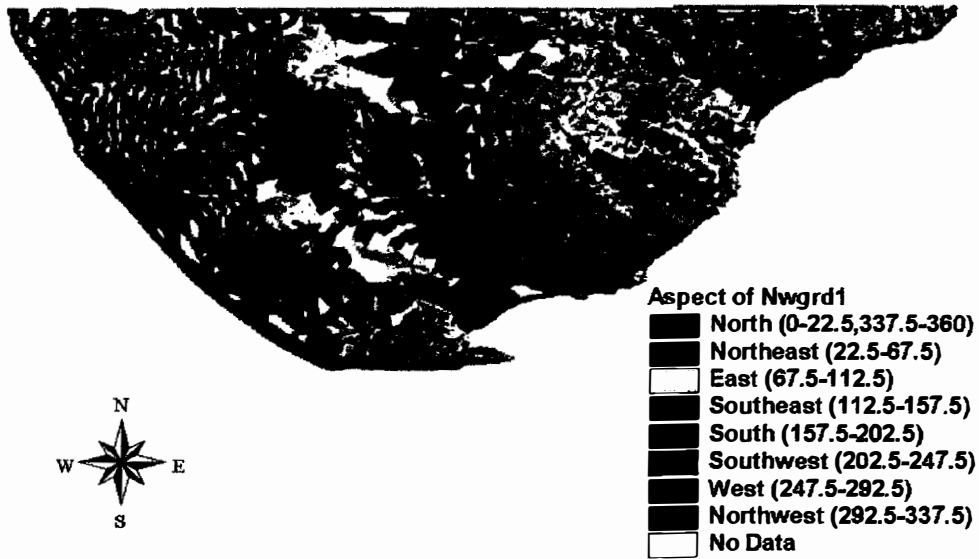


Figura 8: Dirección de la pendiente

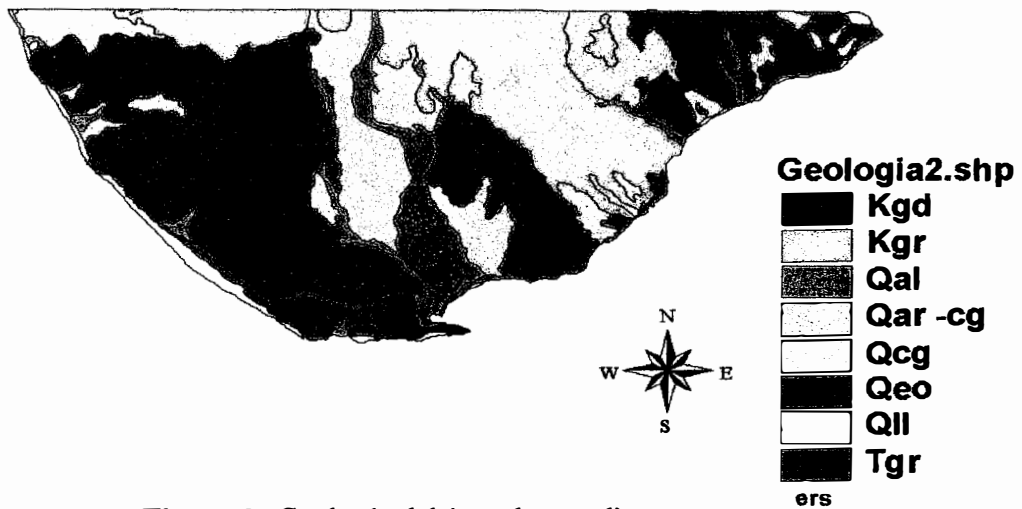


Figura 9: Geología del área de estudio

6.2 FASE DE CAMPO

6.2.1. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La selección de los puntos de muestreo partió de la fotointerpretación, y se concentró en 3 zonas:

- a.) Dunas costeras y playas de la zona del Faro (Cabo San Lucas).
- b.) Dunas costeras y Playas de la zona adyacente a la ciudad de Cabo San Lucas
- c.) Dunas costeras y playas en la zona del corredor turístico entre las ciudades de San José del Cabo y Cabo San Lucas.

Todos los muestreos se concentran en la vegetación costera, por ser la menos estudiada (Pérez, 1995) y ser la que se ha degradado en mayor proporción en los últimos años, usándola como indicador de alteración.

6.2.2. UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE VEGETACIÓN

Se utilizó la metodología “relevés” para levantamientos de vegetación. La escuela de Braun – Blaquet, propone los “relevés” como áreas representativas de muestreo de talla variable en la que se describe la composición florística y a cada una de las especies se les asigna un número en la escala cobertura – abundancia, acompañada de anotaciones de

campo como topografía, vegetación acompañante, y actividades humanas. (Moreno-Casola *et al*, 1982).

Se ubicaron transectos de 100 m, partiendo de la línea de costa hacia el interior muestreando 5 cuadrantes de 10m X 10m, ubicados aleatoriamente (izquierda o derecha del transecto) (Johnson, 1977)

Siguiendo la metodología “relevés” se asignaron 6 clases de cobertura por ocupación:

Clase 1: $< 1\%$

Clase 2: 2 – 10%

Clase 3: 11 – 25%

Clase 4: 26 – 50%

Clase 5: 51 – 75%

Clase 6: 76 – 100%

Adicionalmente fue utilizada la escala ordinal propuesta por Westhoff y Van der Maarel (citado por Moreno-Casola *et al*, 1982 y Pérez, 1995) los cuales se tomaron como datos adicionales en campo en donde se incluyeron 4 criterios:

Criterio 1: Uno a pocos individuos

Criterio 2: Ocasional o menor al 5% del área total.

Criterio 3: Abundante con poca cobertura ($< 5\%$)

Criterio 4: Muy abundante

La colecta de información en campo y el etiquetado del material siguió el formato del herbario HCIB del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

CIB CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, B.C.S. (HCIB)	
Nombre común:	_____
Nombre científico:	_____
Familia:	_____ Altitud: _____
Tipo de vegetación:	_____
Fecha de Colecta:	_____
Latitud:	_____ Longitud: _____
Forma Biológica:	_____ Distribución: _____
Colectó:	_____ Determinó: _____
Información adicional:	_____

6.3 FASE FINAL

6.3.1 CARTOGRAFÍA MULTITEMPORAL

Terminadas las interpretaciones de las aéreo – fotografías de todas las fechas trabajadas, ajustadas con las observaciones y los levantamientos de unidades de paisaje en campo y validadas con los valores de pendientes, dirección de pendientes y geología; se generó una base de datos con la ayuda del programa ArcView versión 3.1 que contiene el área total para cada cobertura, número de fragmentos y tamaño de cada fragmento por cada fecha de referencia.

6.3.2 CÁLCULO DE TASAS DE DEFORESTACIÓN

Para estimar la tasa de pérdida de cobertura vegetal entre los períodos 1973 – 1993, se utilizó el modelo de Dirzo y García, 1990, que mide la tasa de deforestación anual; siendo los valores positivos pérdida de área y los valores negativos crecimiento.

$$r = (1 - (1 - ((A1 - A2) / A1))^{1/t})$$

*Donde: A1 = Área en el tiempo 1; A2 = Área en el tiempo 2;
t = Número de años entre A1 y A2.*

6.3.2.1 CÁLCULO DE TASAS DE DEFORESTACIÓN POR BUFFER

Para esclarecer las causas de los cambios de cobertura se realizaron 2 análisis de distancia partiendo de un centro de origen, siguiendo anillos equidistantes y amortiguándose a medida que se aleja de el sitio inicial (buffer).

El primer Buffer se realizó partiendo desde el casco urbano de Cabo San Lucas, abarcando 4 anillos concéntricos ubicados a 6 km uno del otro respectivamente para así comparar la influencia de la ciudad sobre el resto de las coberturas.

De igual manera se hizo un buffer partiendo desde la línea de costa e introduciéndose hacia el interior de la península, formando 3 anillos concéntricos de 4 km para así analizar las influencias de las actividades humanas de la costa hacia el interior.

6.3.3 ANÁLISIS DE SIMILITUD DE ESPECIES DE JACCARD

Para comparar la similitud de especies vegetales entre los sitios se utilizó el índice de diversidad de Jaccard. (Muller-Dombois, D. Ellenberg, h. 1974).

$$A / A + B + C$$

Donde: A = Totalidad de especies en el sitio 1; B = Especies comunes entre el sitio 1 y el sitio 2 y C = Especies diferentes entre el sitio 1 y el sitio 2.

Este índice está diseñado para ser igual a 1 en casos de similitud completa e igual a 0 en comunidades sin especies en común. Sin embargo estos índices, no considera abundancias de especies de forma que todas las especies tienen igual peso en la ecuación con independencia de su mayor o menor abundancia (Pérez-López y Fernández, 1993)

6.3.4 EVALUACION DE CRITERIOS DE AMENAZA O RIESGO

Para evaluar el grado de amenaza sobre los distintos sitios en la zona de estudio, se utilizaron los criterios propuestos por Arriaga *et al.*, 2000, que fueron usados para la delimitación de las regiones terrestres prioritarias en México:

a) Pérdida de la superficie original

El área ocupada por ecosistemas conservados con respecto al total de una región (expresada en porcentaje) es un indicador dinámico del grado de amenaza que está

presenta. Los valores asignados corresponden al porcentaje de la superficie original alterada de modo considerable. En donde:

0 = nulo

1 = bajo (1 – 30%)

2 = medio (31 – 60%)

3 = alto (61 – 100%)

b) Grado de fragmentación de la región

Este criterio se refiere a la pérdida de conectividad de la vegetación en el área.

En donde:

0 = No hay fragmentación

1 = Pérdida de conectividad y aumento de efecto de borde

2 = Conectividad alterada y relictos remanentes poco agrupados

3 = Fragmentos muy pequeños sin conexión, rodeados por una matriz circundante

c). Cambios en la densidad de poblaciones humanas (Cobertura)

Los cambios en la densidad poblacional y los cambios en la mancha urbana son indicadores directos de la estructura productiva y los niveles de bienestar social que en ella existen. En donde:

0 = Negativa (< 0%)

1 = Estable (0%)

2 = Bajo (0.1% - 5% anual)

3 = Alto (> 5.1% anual)

7. RESULTADOS

7.1 PROCESO DE FOTOINTERPRETACIÓN

En las fotografías aéreas se definieron (13) tipos de coberturas vegetales y (4) tipos coberturas humanas y el terreno desnudo, para un total de 17 variables sobre el área de estudio.

Con el proceso de interpretación y confirmación de unidades de paisaje se ubicaron las 13 coberturas vegetales en 3 regiones: Región Costera (se encuentra a una altitud menor de los 100 m,s,n,m.), Valles Aluviales (siguen el drenaje natural y se ubican en los cañones y arroyos) y Zona Montañosa (Se ubica a una altitud mayor de los 100 m,s,n,m y no se encuentra entre cañones y arroyos).

7.1.1 REGIÓN COSTERA

C1 Duna: Coloración muy blanca, ubicada cerca al mar, textura lisa (cerca del 95% del área es terreno desnudo, presencia de herbáceas y arbustos bajos.

C2 Costera: Tonalidad gris clara, ubicada cerca de dunas y acantilados, textura lisa, 25% del área es terreno desnudo, presencia de herbáceas y arbustos.

C3 Acantilados: Tonalidad gris oscura, ubicada junto al mar, se observan olas rompientes en su base de color blanco, textura granular fina, 90% del área es terreno desnudo, presencia de herbáceas.

C4 Estero: Tonalidad negra oscura, ubicada cerca de barras de arena junto al mar y a desembocadura de arroyos, textura granular gruesa, vegetación arbustiva.

7.1.2 REGIÓN DE VALLES ALUVIALES:

A1 Arroyo: Tonalidad grisácea clara, y blanca oscura, ubicada en las bases de nivel, textura granular media y granular fina, forma meandriforme y anastomosa.

A2 Matorral de arroyo: Tonalidad gris y gris oscura, ubicada en las márgenes y sobre el curso de los arroyos, textura granular media, los polígonos siguen la forma del cauce del arroyo. Comunidad dominada por Mezquites

A3 Pastos asociados a arbustos: Tonalidad gris clara, se ubican azarosamente en zonas de baja altitud y cerca de obras de infraestructura, textura lisa con manchas en su interior.

A4 Pastos: Tonalidad blanquecina a gris clara, cercanos a arroyos o a obras de infraestructura, textura lisa.

7.1.3 REGIÓN DE ZONA MONTAÑOSA:

M1. (MATORRAL SARCO -CRASICAULE): Tonalidad gris oscura a negra clara, parte de las partes altas de las montañas y sigue los corredores de escorrentía, textura granular gruesa a granular media. Densidad de la vegetación entre un 45% y un 95%. Se asocia generalmente a rocas intrusivas de tipo granítico. Las especies dominantes en orden de importancia en esta cobertura son: *Pachycerus pringlei* (Cardón), *Jatropha cinerea*, *Stenocerus thurberi* (Pitaya) y *Bursera microphylla* (Torote Colorado), que constituye el Cardonal..

M2. (MATORRAL SARCOCAULE): Tonalidad gris a gris muy clara, se ubica en las partes bajas de las montañas, usualmente cercano a M1, textura granular media a lisa. Densidad de la vegetación menor al 45% del área. Se asocia generalmente a rocas intrusivas de tipo granítico. Matorral Subinorme. Las especies dominantes en orden de importancia en esta cobertura son: *Fouquieria diguetii* (Palo Adán), *Jatropha cinerea* (Lomboy), *Bursera microphylla* (Torote Colorado), *Pachycerus pringlei* (Cardón), *Opuntia cholla* (Cholla), *Stenocerus thurberi* (Pitaya) y *Yuca valida* (Palma).

M3. (SELVA BAJA CADUCIFOLIA): Tonalidad gris oscura, se encuentra entre la vegetación de los valles aluviales y las zonas montañosas, textura granular gruesa a granular media, vegetación de baja altitud, no sigue los corredores de escorrentía. Densidad de vegetación entre un 60% al 100%. Se asocia en mayor proporción a compuestos por rocas sedimentarias de tipo conglomerado pertenecientes al cenozoico y

en menor escala a rocas intrusivas de tipo granítico. Las especies dominantes en orden de importancia en esta cobertura son: *Lysiloma divaricata* (Mauto), *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cardón Chino), *Cytocarpa edulis*, *Lysiloma candida*, *Mimosa spp.* y *Bursera microphylla* (Torote Colorado).

M4. (MATORRAL SARCO – CRASICAULE DE SUELOS EOLICOS): Tonalidad gris clara, se encuentra cercano a la costa, con influencia de arroyo y dunas, textura granular fina. Densidad de la vegetación superior al 70%. Se asocia a suelos compuestos por rocas sedimentarias de tipo eólico pertenecientes al Cenozoico. Las especies dominantes en orden de importancia en esta cobertura son: *Fouquieria diguetii* (Palo Adán), *Cyrtocarpa edulis*, *Opuntia cholla* (Cholla), *Jatropha cinerea* (Lomboy), *Machaerocereus gumusus* (Pitaya dulce).

M5. VEGETACIÓN DE CÁRCAVAS: Tonalidad gris oscura a negra, se encuentra en zonas de pendiente alta donde se unen varios corredores de escorrentía, por lo general se unen a los arroyos o al mar, textura granular media. Usualmente presenta erosión en la parte alta.

M6. ARBUSTOS Y AFLORAMIENTOS ROCOSOS: Tonalidad gris con manchas blancas y negras, se encuentra en las partes más altas de cerros y montañas, textura granular fina, se asocia a suelos de tipo granítico. Densidad de la vegetación menor al 25%.

7.1.4 COBERTURAS HUMANAS Y TERRENO DESNUDO:

H1. Ciudad de Cabo San Lucas: tonalidad gris y blanco, forma cuadrangular.

H2. Carreteras: Tonalidad blanca o gris muy clara, formas lineales a través del paisaje.

H3. Coberturas Sub – Urbanas: Tonalidad gris y blanca, forma cuadrangular, ubicadas fuera del casco urbano de cabo San Lucas.

T1. Terreno Desnudo: Tonalidad blanca muy fuerte, textura lisa, se ubica predominantemente cerca de m5, m6, H1, H2. Origen natural y antrópico.

7.2 VEGETACIÓN DE DUNAS:

Durante los meses de abril, mayo y julio de 2002 se realizaron 80 levantamientos “relevés” en 20 transectos ubicados en 4 diferentes sitios, donde se muestreó un área total de 800 m² y se encontraron un total de 13 especies pertenecientes a los ambientes de frente de duna y frente de playa, la mayoría de los organismos muestreados pertenecen a la forma de vida conocida como “herbáceas rastreras perennes”

El primer sitio de levantamiento se ubicó entre los puntos lat. 606.077, long. 2’529.935 y lat. 606.128, long. 2’530.117 (coordenadas planas UTM zona 12) el total de ocupación de los 12 “relevés” levantados allí fue de 32 y se encontraron en total 7 especies. El

ambiente corresponde a cresta de duna y se ubica entre los 54 m y los 90 m sobre el nivel medio del mar (Figura 10)

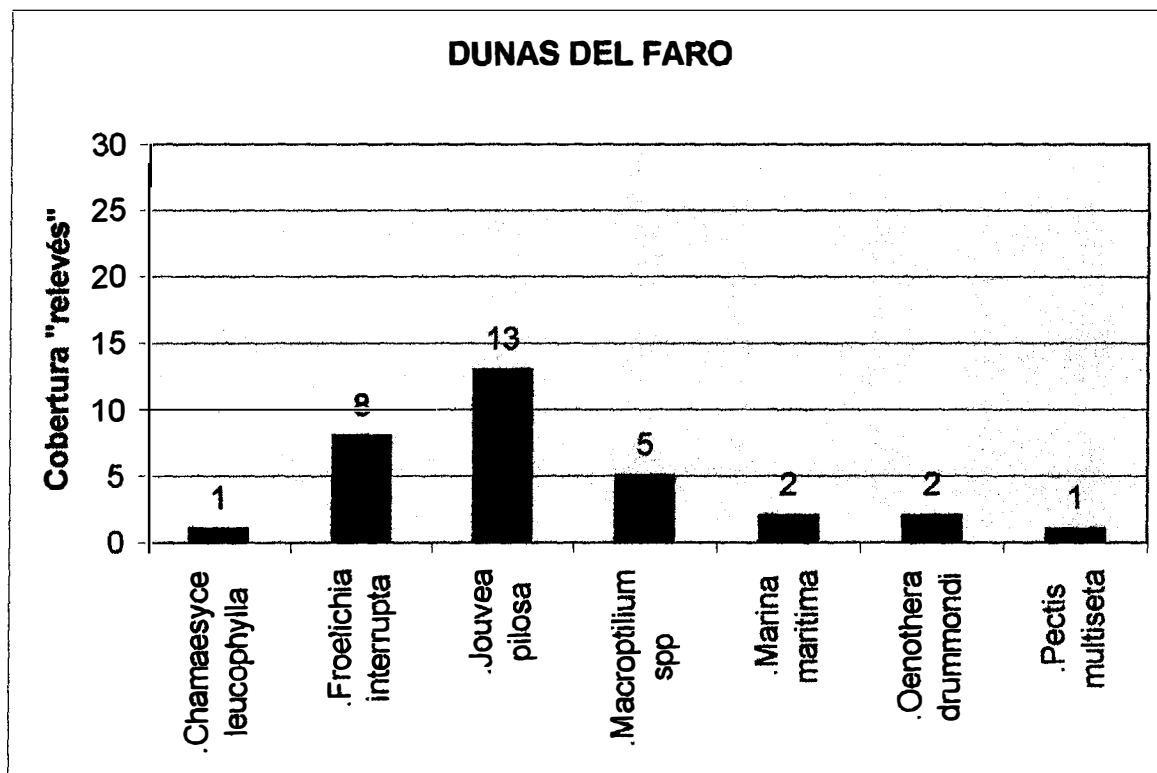


FIGURA 10: Ocupación de los "relevés" situados en la zona de las dunas del faro

El segundo sitio de levantamiento se ubicó entre los puntos lat. 613.656, long. 2°532.443 y lat. 613.804, long. 2°532.573 (coordenadas planas UTM zona 12) el total de ocupación de los 20 "relevés" levantados allí fue de 45 y se encontraron en total 7 especies. (Figura 11). El ambiente corresponde a playa y frente de duna y se ubica entre los 29 m y los 33 m sobre el nivel medio del mar (Figura 11)

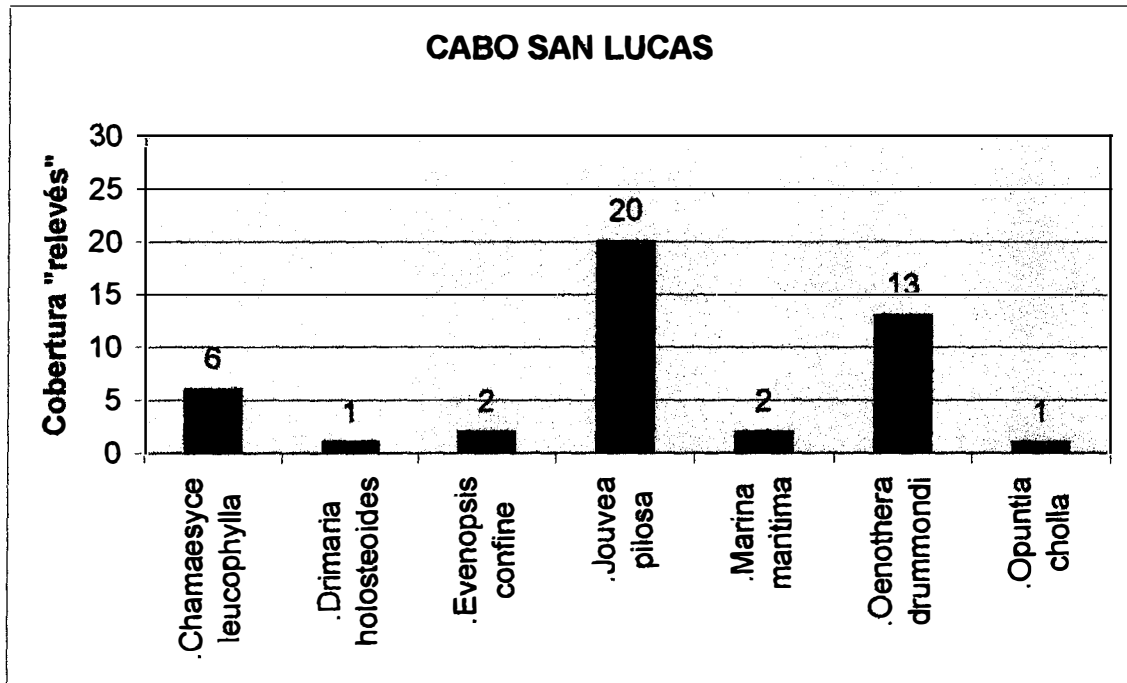


FIGURA 11: Ocupación de los "relevés" situados en la zona de Cabo San Lucas

El tercer sitio de levantamiento se ubicó entre los puntos lat. 603.500, long. 2°531.321 y lat. 603.847, long. 2°531.154 (coordenadas planas UTM zona 12) el total de ocupación de los 20 "relevés" levantados fue de 47 y se encontraron en total 5 especies. (Figura 12). El ambiente corresponde a playa y frente de duna y se ubica entre los 22 m y los 24 m sobre el nivel medio del mar (Figura 12)

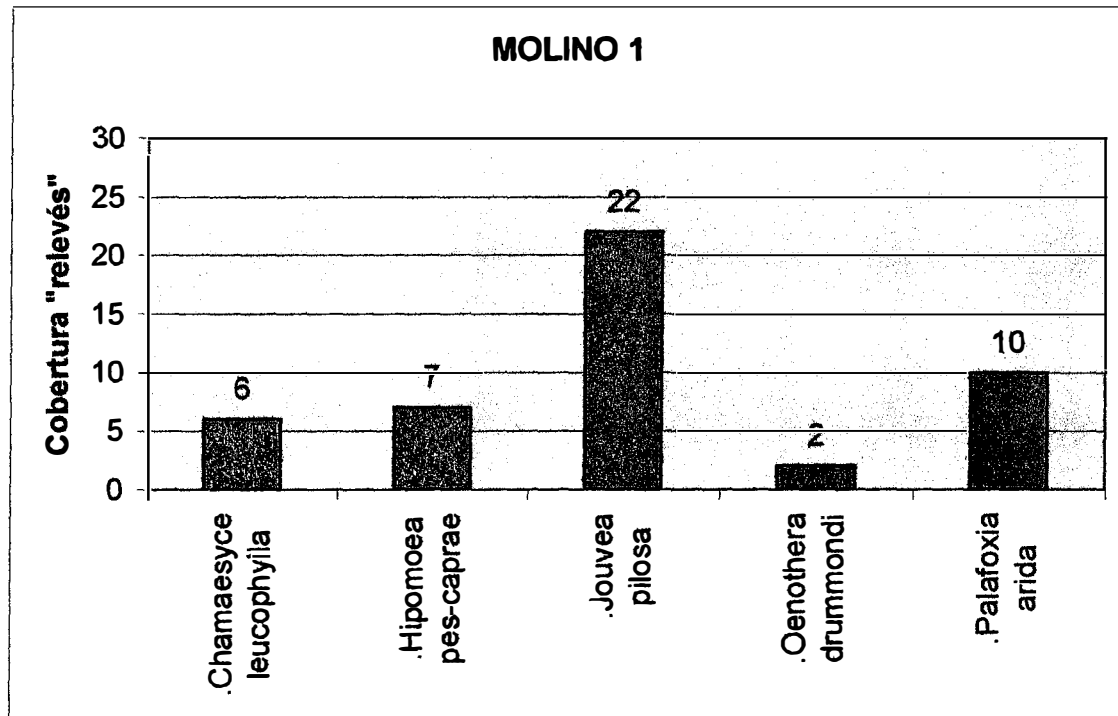


FIGURA 12: Ocupación de los "relevés" situados en la zona de dunas el Molino 1.

El cuarto sitio de levantamiento se ubicó entre los puntos lat. 603.936, long. 2'531.014 y lat. 604.288, long. 2'530.865 (coordenadas planas UTM zona 12) el total de ocupación de los 15 "relevés" levantados fue de 46 y se encontraron en total 5 especies. (Figura 13). El ambiente corresponde a playa y frente de duna y se ubica entre los 22 m y los 27 m sobre el nivel medio del mar (Figura 13)

El quinto y último sitio de levantamiento se ubicó entre los puntos lat. 627.430, long. 2'542.377 y lat. 628.650 long. 2'542.533 (coordenadas planas UTM zona 12) el total de ocupación de los 13 "relevés" levantados fue de 20 y se encontraron en total 3 especies. (Figura 14). El ambiente corresponde a frente de duna y se ubica entre los 20 m y los 27 m sobre el nivel medio del mar (Figura 14)

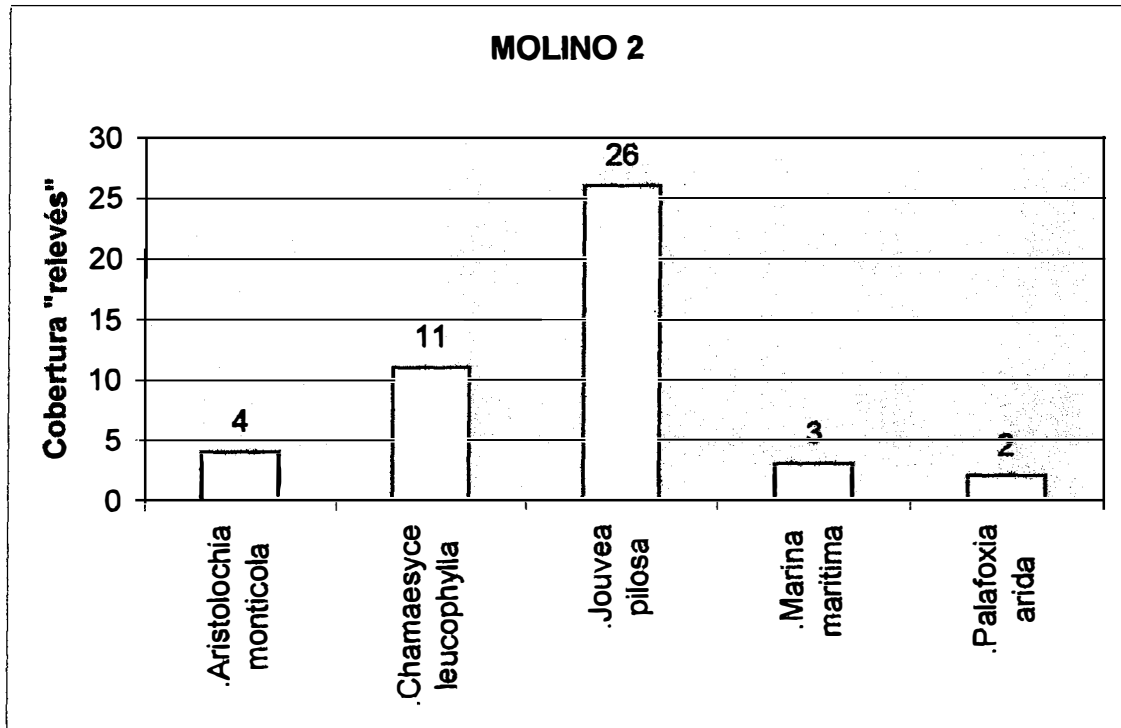


FIGURA 13: Ocupación de los "relevés" situados en la zona de dunas el Molino 2.

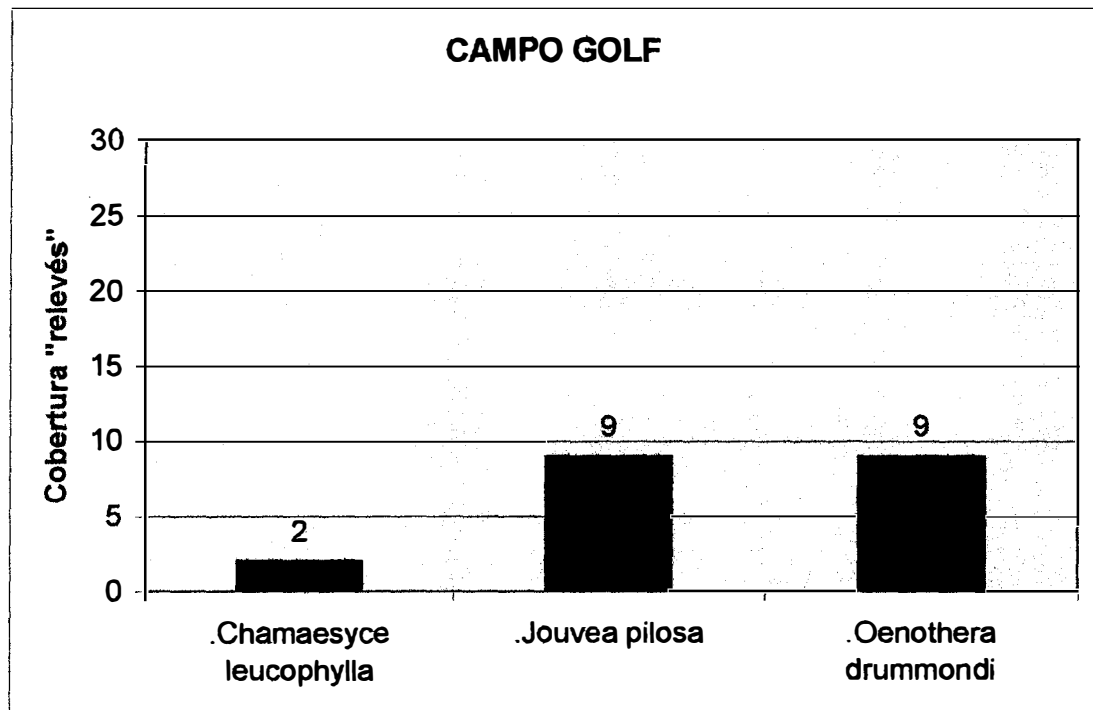


FIGURA 14: Ocupación de los "relevés" situados en la zona del campo de Golf.

7.3 INDICE DE SIMILITUD DE ESPECIES DE JACCARD

Se aplicó el índice de similitud de especies de Jaccard para comparar la similitud florística entre los distintos puntos de muestreo. (Tabla III)

Tabla III: Índices de Jaccard para los distintos puntos de muestreo.

	FARO	MOLINO 1	MOLINO 2	C.S.L.	GOLF
FARO	/	0.6	0.6	0.7	0.8
MOLINO 1	0.8	/	0.6	0.8	0.8
MOLINO 2	0.8	0.6	/	0.8	0.6
C.S.L.	0.7	0.8	0.8	/	0.8
GOLF	0.4	0.4	0.4	0.4	/

En el índice de Jaccard los valores cercanos a 1 representan una alta similitud de especies y los valores cercanos a 0 baja similitud (Pérez - López y Fernández, 1993).

7.4 CARTOGRAFIA MULTITEMPORAL

Con base en la interpretación de las series temporales de aerofotografía y el trabajo de campo, se elaboraron mapas de cobertura vegetal para las fechas de 1973, 1978 y 1993 utilizando como cartografía base la escala 1:80,000, cubriendo un área aproximada de 30,700 Hectáreas por fecha (Mapas 1 a 3).

Para 1973 el 79.88% del área estudiada se dividía en 5 coberturas: el M1 con un 27.12% , M2 con 25.83%, M3 con 13.36%, A2 con 7.44% y los arroyos existentes (A1) abarcaban el 6.11%. En tanto las coberturas humanas (ciudad y carreteras) sumaban el 0.97% equivalente a 299.3 Ha. (Tabla IV).

Para 1978, no se evidencia un cambio significativo en dichas proporciones, para esta fecha las 5 coberturas principales alcanzan al 78.52% del total del área de estudio, en tanto las coberturas humanas muestran un crecimiento del 138.53%, pasando de 299.3 a 414.62 Ha. (Tabla IV).

Finalmente en 1993 las 5 coberturas principales muestran un decremento de casi el 10% ocupando el 68.93% del total de área de estudio; sin embargo, en términos absolutos entre 1978 y 1993 M1 perdió el 21.7% de su área total y se paso de tener 16 a 110 fragmentos, M2 resulta ser el menos afectado al perder tan solo el 1.2% y paso de 80 fragmentos a 124 y finalmente M3 perdió el 8.6% de su superficie original y pasó de 51 fragmentos en 1978 a 98 fragmentos en 1993.

Tabla III: Proporción de coberturas en Porcentaje y en Hectáreas para las tres fechas trabajadas (en verde se observan las tres coberturas con mayor tamaño y en rojo las coberturas humanas).
 Donde: A = Aluvial, C = Costero, H = Humano, M = Montañoso y T = terreno desnudo

	1973 Ha.	1973%	1978 Ha.	1978%	1993 Ha.	1993%
A1	1877,44	6,12	1780,35	5,79	1561,48	5,08
A2	2285,03	7,44	2231,46	7,25	1897,86	6,18
A3	1426,28	4,65	1316,46	4,28	2182,41	7,10
A4	135,76	0,44	217,86	0,71	259,63	0,84
C1	852,66	2,78	948,412	3,08	909,907	2,96
C2	305,91	1,00	270,09	0,88	212,76	0,69
C3	97,24	0,32	56,47	0,18	44,66	0,15
C4	72,26	0,24	102,35	0,33	57,45	0,19
H1	103,79	0,34	151,42	0,51	478,42	1,56
H2	195,53	0,64	258,19	0,84	712,4	2,32
H3	0	0,00	5,41	0,01	850,34	2,77
M1	8325,75	27,12	9216,16	29,95	7214,34	23,48
M2	7930,34	25,84	7019,67	22,81	6936,2	22,57
M3	4102,62	13,37	3913,32	12,72	3575,74	11,64
M4	355,59	1,16	348,61	1,13	357,21	1,16
M5	734,2679	2,39	801,31	2,60	871,07	2,83
M6	1522,93	4,96	1678,09	5,45	1867,58	6,08
T1	372,57	1,21	453,95	1,48	742,01	2,41

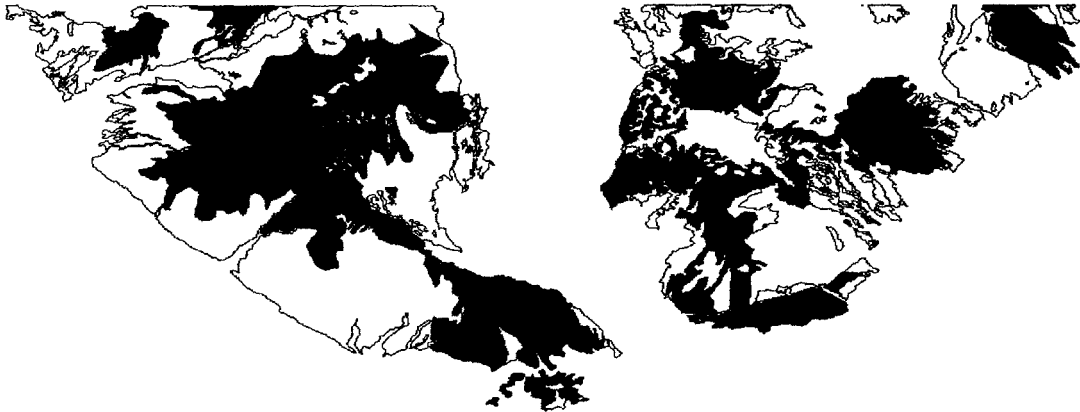


Figura 15: Matorral Crasicaule 1 (Verde oscuro) y Sarcocaul 2 (verde claro) en 1973.

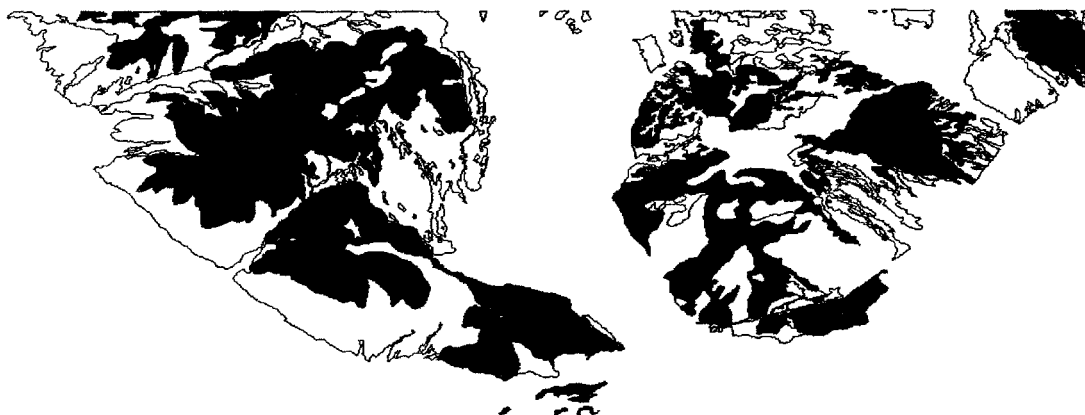


Figura 16: Matorral Crasicaule 1 (Verde oscuro) y Sarcocaul 2 (verde claro) en 1978.

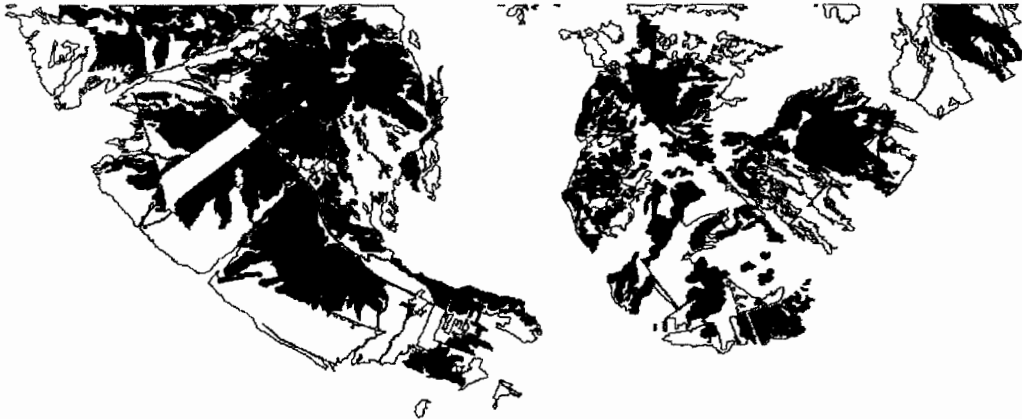


Figura 17: Matorral Crasicaule 1 (Verde oscuro) y Sarcocaulle 2 (verde claro) en 1993.

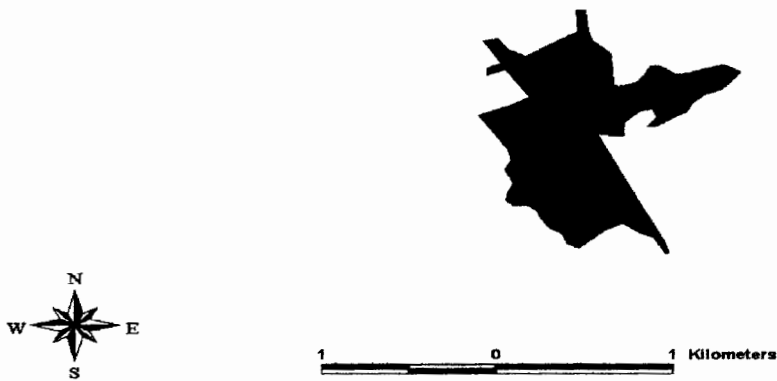


Figura 18 : Casco urbano de Cabo san Lucas (rojo) en 1973.

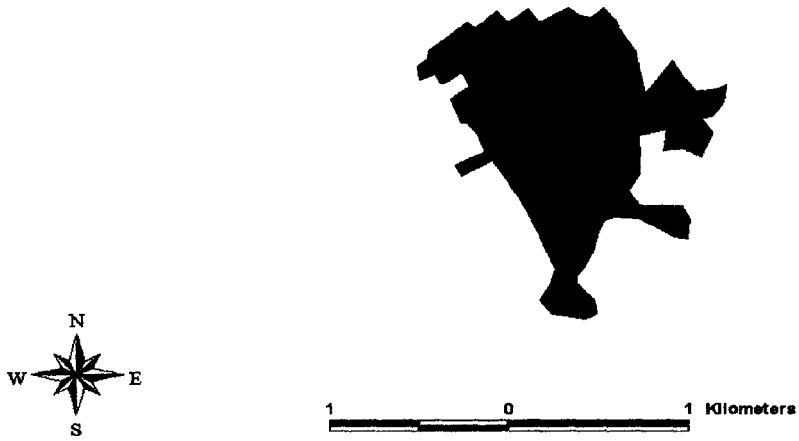


Figura 19 : Casco urbano de Cabo san Lucas (rojo) en 1978.



Figura 20 : Casco urbano de Cabo san Lucas (rojo) en 1993.

7.5 CALCULOS DE TASAS DE DEFORESTACION:

El cálculo de las tasas de deforestación anual para los períodos estudiados con base en la propuesta de Dirzo y García, (1990) se presenta en la Tabla V. Se puede apreciar como para la última fecha trabajada hay un notorio decremento en la pérdida de Ha /año de las coberturas M1, M2, M3, A1 Y A2; en tanto para las coberturas M5, M6, T1 Y A3, que están fuertemente asociadas a actividades humanas muestran un importante crecimiento.

Tabla V: Tasas de deforestación anual de las principales coberturas vegetales y pérdida en hectáreas, por período trabajado (Los valores negativos significan incremento).

1973 / 1978	Tasa de deforestación anual (%)	Deforestación promedio por periodo (ha. /año)	1978 / 1993	Tasa de deforestación anual (%)	Deforestación promedio por periodo (ha. /año)
A1	0,552	10,363	A1	0,869	15,471
A2	0,472	10,785	A2	0,881	19,659
A3	0,599	8,541	A3	-0,972	-12,802
A4	-0,904	-1,227	A4	-0,896	-1,951
C1	-0,645	-5,5	C1	0,808	7,66
C2	0,651	1,991	C2	0,902	2,436
C3	0,84	0,817	C3	0,901	0,509
C4	-0,839	-0,606	C4	0,947	0,969
M1	-0,639	-53,237	M1	0,903	83,24
M2	0,649	51,438	M2	0,744	52,235
M3	0,541	22,172	M3	0,849	33,233
M4	0,456	1,62	M4	-0,781	-2,724
M5	0,619	4,545	M5	-0,85	-6,81
M6	-0,633	-9,64	M6	-0,865	-14,51
T1	-0,737	-2,746	T1	-0,97	-4,404

Sin embargo para conocer el impacto real de las coberturas humanas sobre las otras unidades de paisaje, se realizó un análisis buffer cada 6 kilómetros partiendo del casco urbano de Cabo San Lucas formando 4 anillos concéntricos

El primer buffer tiene un tamaño aproximado de 7,750 ha; en este se encontraron las siguientes relaciones (Figuras 21 a 24)

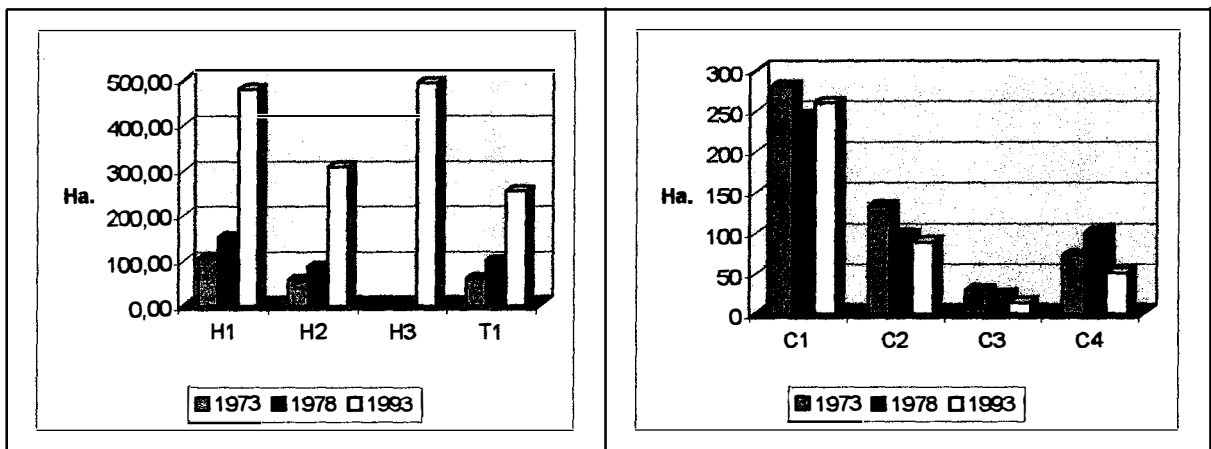
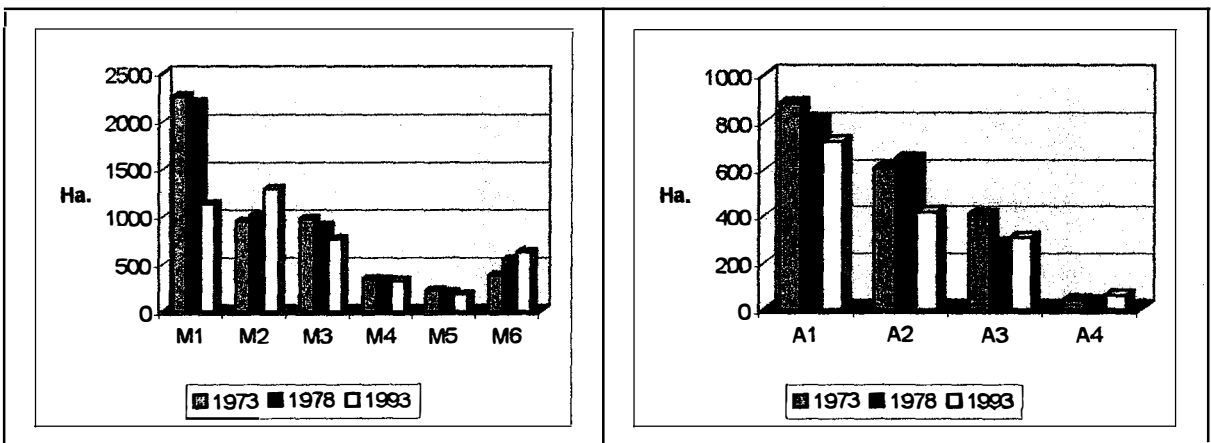


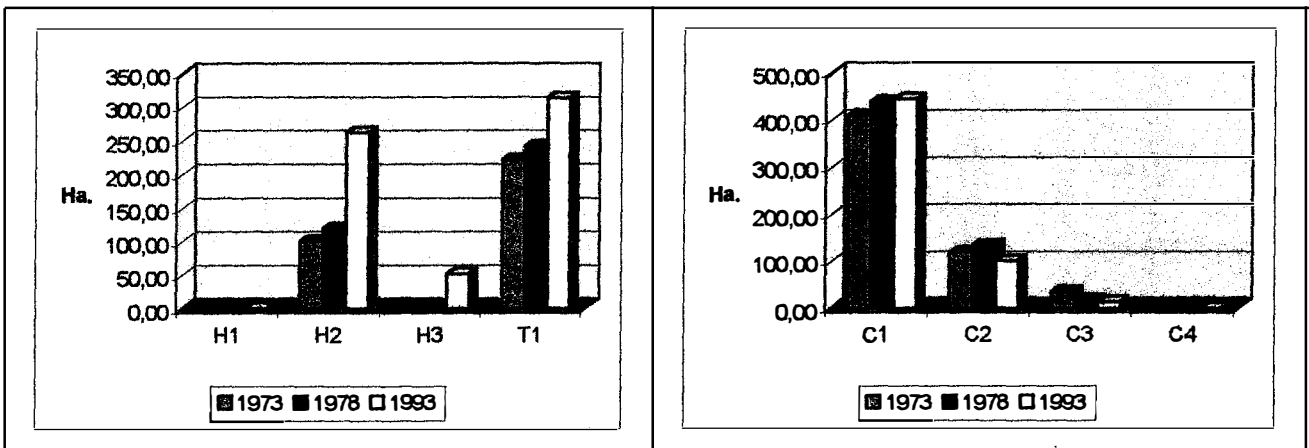
Figura 21 y 22: Cambio de las coberturas humanas y costeras a 6 km



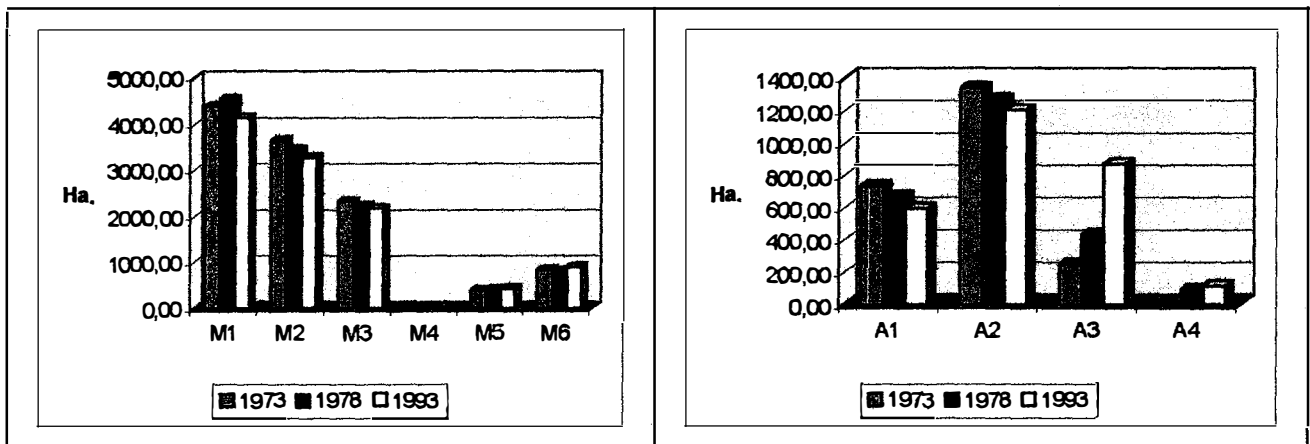
Figuras 23 y 24: Cambio de las coberturas de montaña y aluviales a 6 km

En los anteriores Figuras se aprecia un considerable incremento de las coberturas humanas contra un marcado descenso de las otras coberturas exceptuando a M2, M6, A3 y A4 que muestran una tendencia de crecimiento.

El segundo buffer tiene un tamaño aproximado de 14,800 ha; en este se encontraron las siguientes relaciones (Figuras 25 a 28)



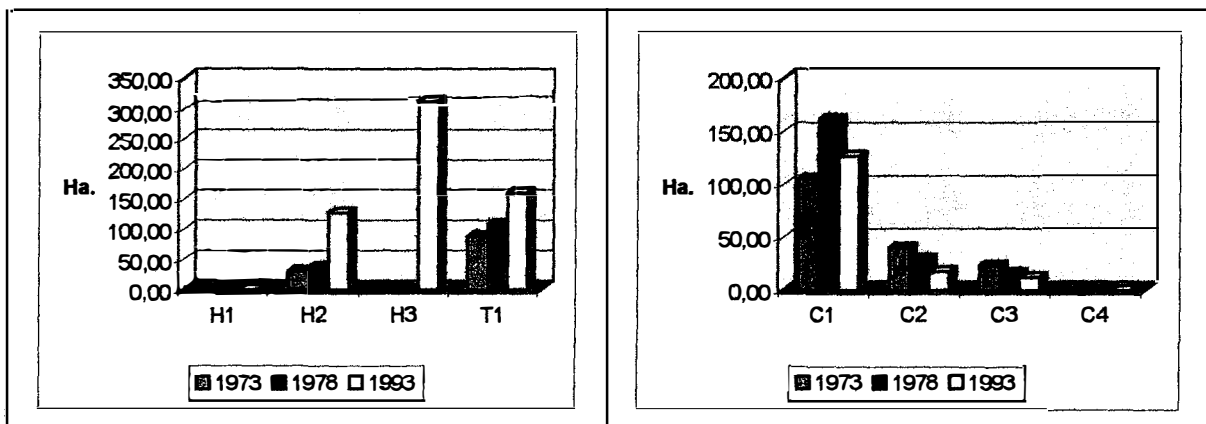
Figuras 25 y 26: Cambio de las coberturas humanas y costeras a 12 km



Figuras 27 y 28: Cambio de las coberturas de montaña y aluviales a 12 km

Entre los 6 y 12 kilómetros de distancia de Cabo San Lucas se aprecia que las coberturas humanas siguen mostrando una marcada tendencia a incrementarse, no obstante, las coberturas costeras a pesar de verse afectadas muestran un menor deterioro que en el buffer inmediatamente anterior. M1, M2 y M3 que son las principales coberturas en extensión muestran una elevada pérdida de área y la cobertura A3 correspondiente a pastos asociados a arbustos muestra un importante incremento asociado principalmente a las actividades humanas (Figuras 25 a 28).

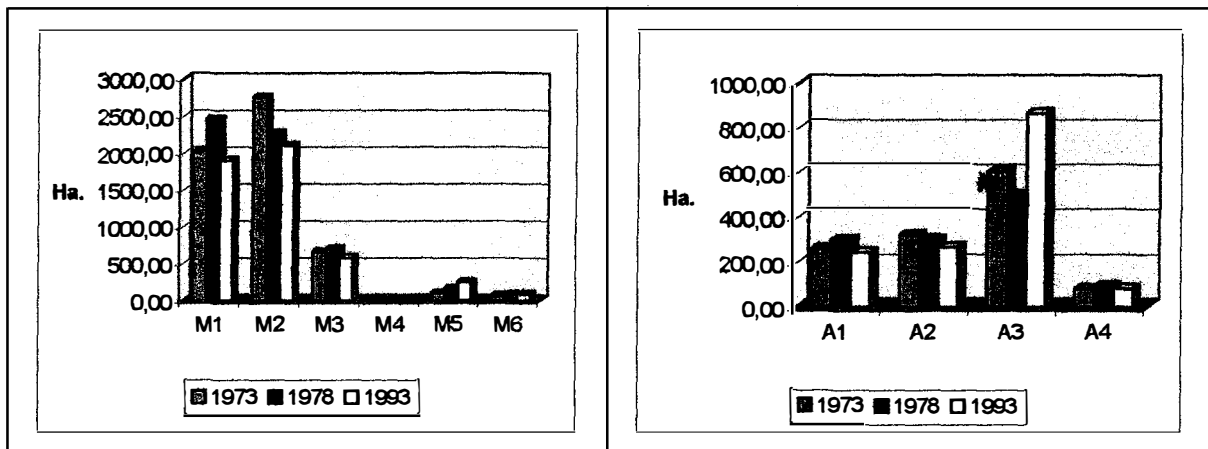
El tercer buffer tiene un tamaño aproximado de 7,150 ha; en este se encontraron las siguientes relaciones (Figuras 29 a 32) :



Figuras 29 y 30: Cambio de las coberturas humanas y costeras a 18 km

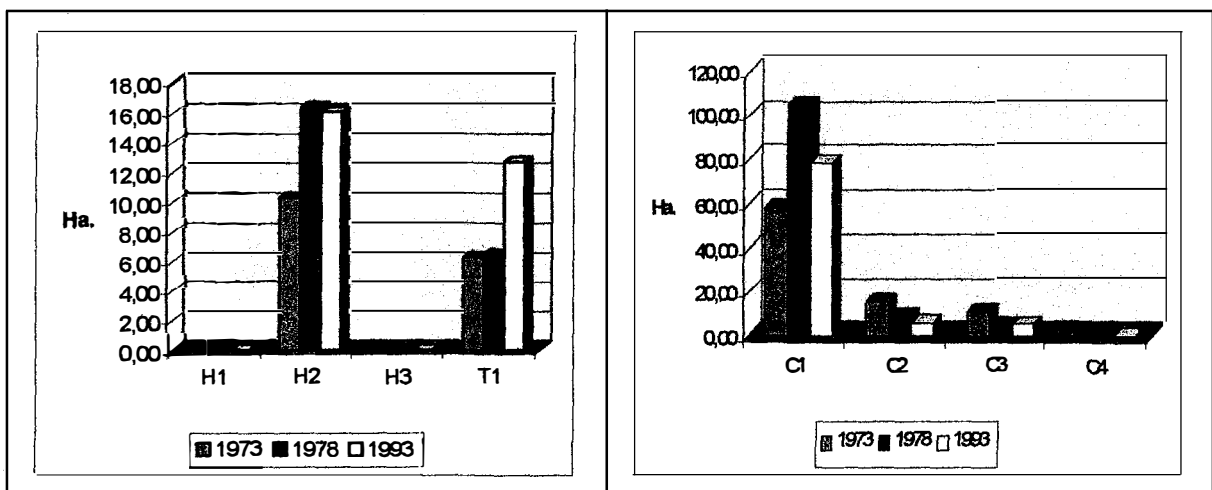
Entre 12 y 18 km de distancia del casco urbano las carreteras y caminos a pesar de incrementarse de manera sustancial disminuyen en extensión, en tanto que el terreno desnudo muestra una tendencia al alza siguiendo el patrón impuesto en los otros buffers (Figura 29).

Las coberturas costeras a esta distancia se ven disminuidas notoriamente para la última fecha trabajada y las coberturas de montaña siguen mostrando la misma tendencia a la baja como en los casos anteriores, aunque de manera menos pronunciada. Las coberturas aluviales aunque disminuyen permanecen estables y A3 muestra una marcada tendencia de crecimiento (Figuras 30 a 32).

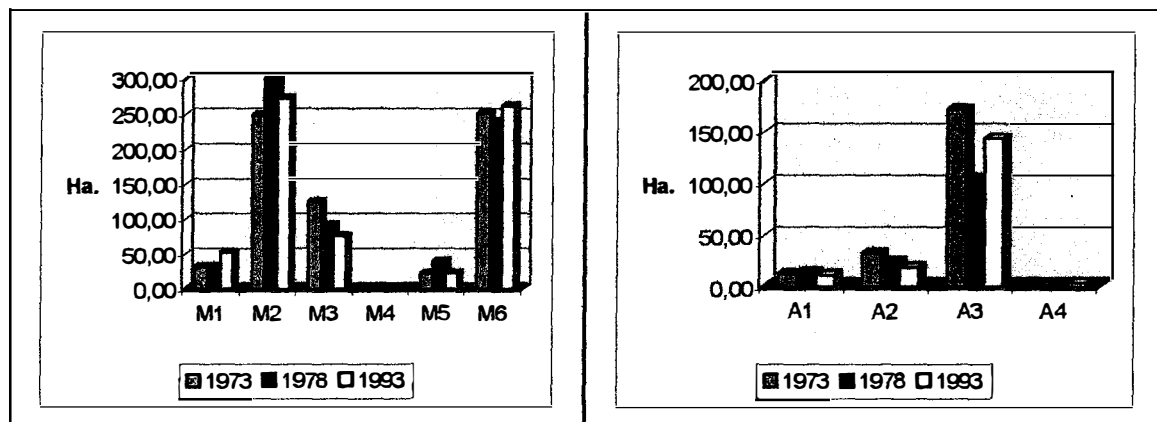


Figuras 31 y 32: Cambio de las coberturas de montaña y aluviales a 18 km

El cuarto buffer tiene un tamaño aproximado de 980 ha; en este se encontraron las siguientes relaciones (Figuras 33 a 36) :



Figuras 33y 34: Cambio de las coberturas humanas y costeras a 24 Km.



Figuras 35 y 36: Cambio de las coberturas de montaña y aluviales a 24 Km.

Una vez realizada la serie de buffer se analizaron las tasas de deforestación para las coberturas humanas y las principales coberturas vegetales cada 6 Km.

Tabla VI: Tasas de deforestación de coberturas humanas y matorrales entre los distintos Buffer por fecha trabajada (Los números negativos significan incremento)

A 6 Km. De distancia		A 12 Km. De distancia	
Matorrales	Tasa de deforestación	Matorrales	Tasa de deforestación
73 - 78	0,45 ha / año	73 - 78	0,41 ha / año
78 - 93	0,90 ha / año	78 - 93	0,83 ha / año
Humanas	Tasa de deforestación	Humanas	Tasa de deforestación
73 - 78	-0,86 ha / año	73 - 78	-0,72 ha / año
78 - 93	-1,10 ha / año	78 - 93	-1,23 ha / año
A 18 Km. De distancia		A 24 Km. De distancia	
Matorrales	Tasa de deforestación	Matorrales	Tasa de deforestación
73 - 78	0,34 ha / año	73 - 78	0,54 ha / año
78 - 93	0,88 ha / año	78 - 93	0,82 ha / año
Humanas	Tasa de deforestación	Humanas	Tasa de deforestación
73 - 78	-0,76 ha / año	73 - 78	-0,89 ha / año
78 - 93	-1,17 ha / año	78 - 93	-0,69 ha / año

Se realizó la segunda serie buffer partiendo del perímetro de la línea de costa creando una serie buffer cada 4 kilómetros formando 3 anillos concéntricos

El primer buffer ubicado a 4km de la línea de costa, tiene un tamaño aproximado de 16,500 ha; en este confluyen todas las coberturas estudiadas y es el que presenta una mayor extensión, dentro de el se hallaron las siguientes relaciones:

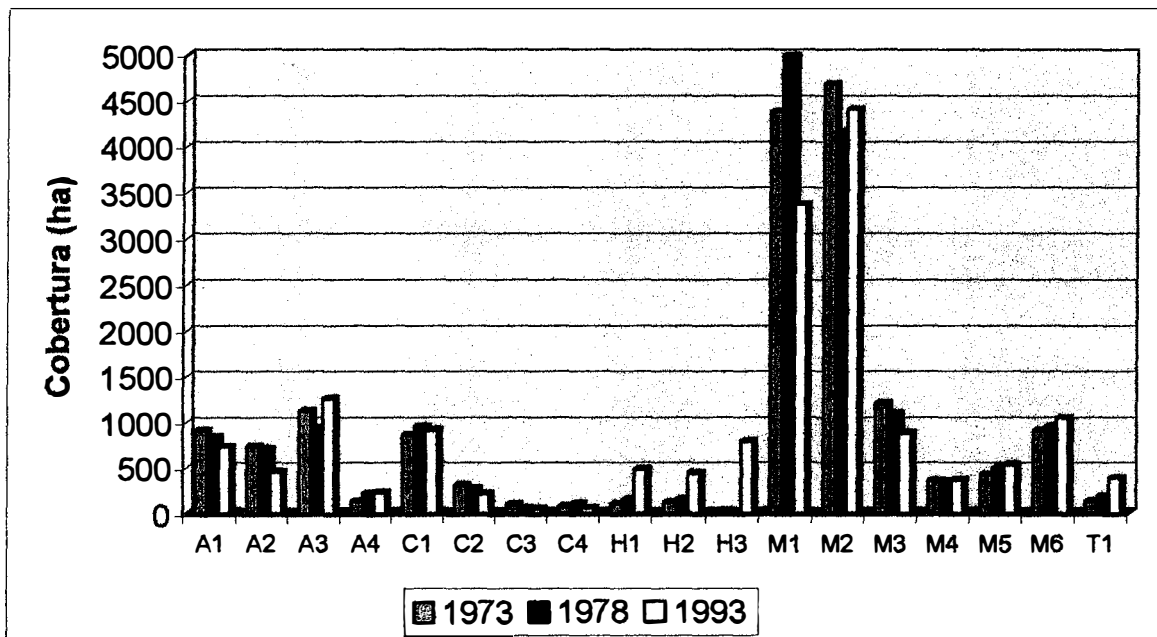


Figura 37: Cambio de las coberturas vegetales a 4 km de la costa

En el primer buffer se encontró una relación directa entre la pérdida de cobertura de M1 y M3 y el crecimiento de las coberturas humanas.

A 4 km de la línea de costa M1 durante el periodo 73 – 78 mostró un incremento del 13.91% en su cobertura en tanto que durante el periodo 78 – 93 perdió el 32.49% de su cobertura para una tasa de deforestación del 0.92%

M2 no mostró cambios significativos en a esta distancia mostrando inclusive entre el periodo 78 – 93 un crecimiento del 5.84%, no obstante haber perdido un 11.02% entre 1973 y 1978. M3 si se ha visto afectada directamente por las actividades humanas, entre 1973 y 1978 sufrió una pérdida del 8.98% de su área total con una tasa de deforestación del 0.61% anual, para el periodo 78 – 93 la pérdida del área se incremento al 19.72% de su cobertura y la tasa de deforestación alcanzo el 0.89% anual.

Tabla VII: Cobertura en ha. de cada una de las coberturas por fecha trabajada a 4km de la línea de costa

	1973	1978	1993
A1	904,65	837,36	724,24
A2	732,12	704,70	449,17
A3	1116,24	934,07	1250,68
A4	133,38	211,11	227,55
C1	852,66	948,41	909,91
C2	305,92	270,09	212,76
C3	97,25	56,48	44,66
C4	72,26	102,36	57,45
H1	103,79	151,18	478,42
H2	119,80	155,22	436,41
H3	0,00	0,00	786,57
M1	4374,30	4982,93	3363,97
M2	4671,50	4156,30	4399,30
M3	1195,41	1088,01	873,45
M4	355,59	348,62	357,21
M5	424,44	491,97	524,42
M6	900,12	943,22	1038,93
T1	132,19	177,19	384,79

Las coberturas humanas mostraron un incremento sustancial entre 1973 y 1978 al incrementarse H1 en un 45.66% y H2 en un 29.5%; sin embargo para el periodo 78 – 93 este incremento se dispara llegando al 216.45% para H1 y 181.15% para H2; igualmente en este último periodo H3 aparece abarcando una extensión mayor que H1 y H2 (Tabla

VII). La suma total de todas las coberturas humanas al acabar el periodo 78 – 93 es de 1,701.39 ha, equivalentes al 10.29% del total del buffer.

El segundo buffer ubicado a 8 km de la línea de costa, tiene un tamaño aproximado de 9,930 ha; en el cual ya no están presentes las coberturas costeras, ni la ciudad de Cabo San Lucas; dentro de él se hallaron las siguientes relaciones:

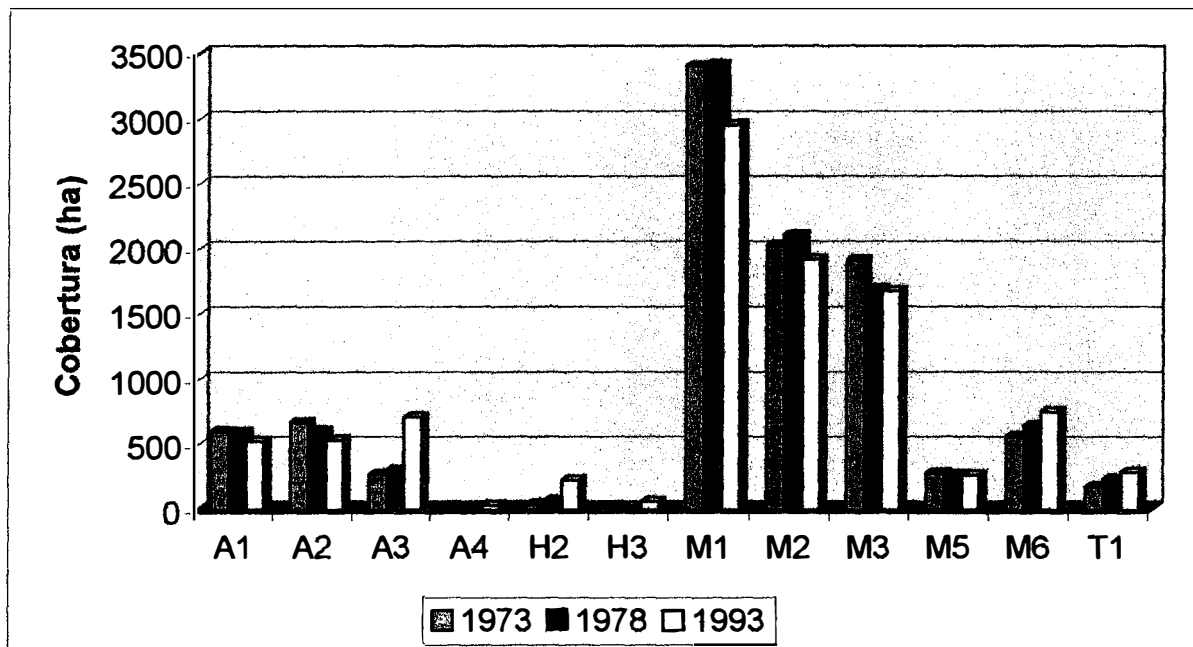


Figura 38: Cambio de las coberturas vegetales a 8 Km. de la costa

En el segundo buffer se evidencia una disminución de la actividad humana, sin embargo las principales coberturas presentaron una disminución de su cobertura.

A 4 km de la línea de costa M1 durante el periodo 73 – 78 mostró un incremento del 0.26% en su cobertura y para el periodo 78 – 93 perdió el 13.53% que aunque elevado, es

inferior al buffer anterior su tasa de deforestación en este último periodo de tiempo fue del 0.87% anual.

M2 en el lapso de tiempo transcurrido entre 1973 y 1978 mostró una tendencia a crecer aumentando en un 4.25% su cobertura, no obstante durante el periodo 78 – 93 perdió el 8.83% de su área, para una tasa de deforestación del 0.85%.

M3 sigue mostrando la misma tendencia que en el buffer anterior ya que durante 1973 y 1978 sufrió una pérdida del 11.5% de su área total con una tasa de deforestación del 0.64% anual, para el periodo 78 – 93 la pérdida del área se disminuyo al 8.83% , sin embargo la tasa de deforestación aumento al 0.72% anual.

Tabla VIII: Cobertura en ha. de cada una de las coberturas por fecha trabajada a 8km de la línea de costa

	1973	1978	1993
A1	596,303539	594,4146	522,378483
A2	666,532733	604,3065	533,351316
A3	267,135457	303,5545	709,28416
A4	2,3834278	5,076	32,0818503
C1	0	0	0
C2	0	0	0
C3	0	0	0
C4	0	0	0
H1	0	0	0
H2	43,6265593	67,266	225,640182
H3	0	0	63,7677443
M1	3403,40467	3412,2887	2950,46305
M2	2020,98063	2107,0077	1920,86184
M3	1912,43153	1692,3505	1678,11137
M4	0	0	0
M5	277,268886	269,8373	263,83943
M6	559,401948	640,8422	749,143984
T1	176,881765	234,8472	289,058296

Las coberturas humanas mostraron un incremento no comparable con el buffer anterior, más sin embargo muy alto. Entre 1973 y 1978 H2 en un aumento en un 54.18%, y siguiendo la misma tendencia del buffer anterior para el periodo 78 – 93 este incremento llega hasta el 235.44% siendo una cifra aún más elevada que en el buffer anterior. Es interesante que en este buffer la suma total de cobertura de H3 alcanza sólo 63.76 ha, cifra muy inferior a la encontrada en el buffer cercano a la costa (Tabla VIII).

La suma total de todas las coberturas humanas al acabar el periodo 78 – 93 es de 400.03 Ha, equivalentes al 4.03% del total del buffer.

El tercer buffer ubicado a 12 Km. de la línea de costa, tiene un tamaño aproximado de 4240 Ha; dentro de el se hallaron las siguientes relaciones:

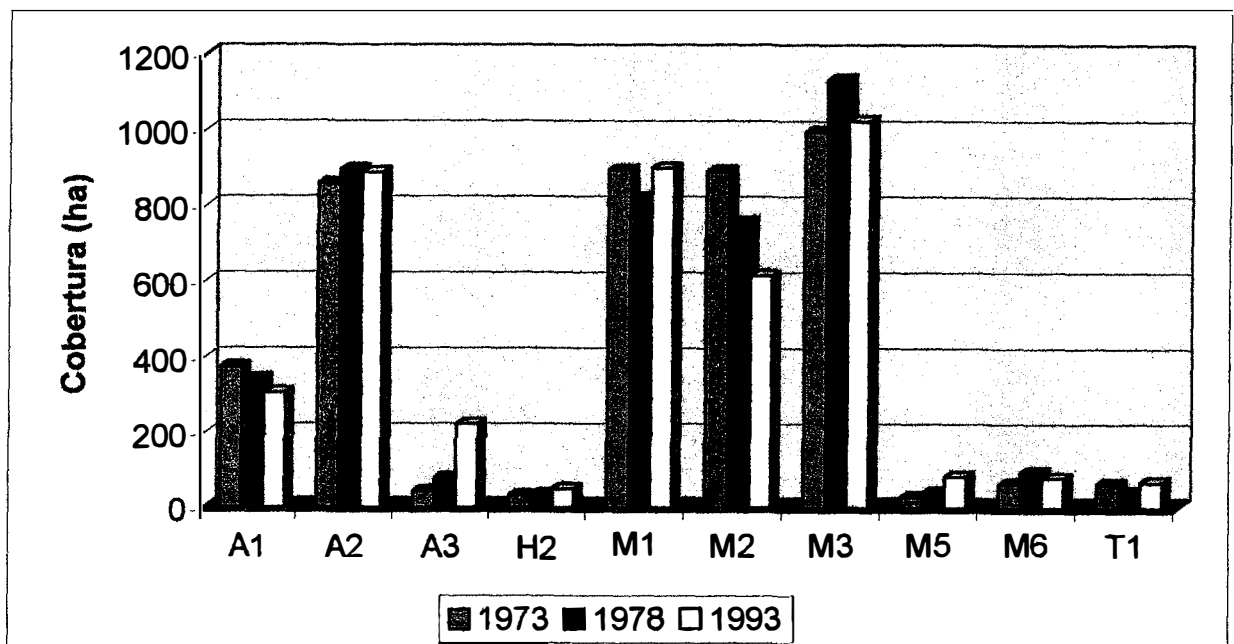


Figura 39: Cambio de las coberturas vegetales a 12 Km. de la costa

En el tercer y último buffer la actividad humana deja de tener una fuerte relación con los cambios en los paisajes, y tanto M1 como M3 no muestran afectación notoria (Figura 39); sin embargo, en M2 se observa una importante pérdida de cobertura al perder el 15.16% para el periodo 73 – 78 y el 18.49% para el periodo 78 – 93, con unas tasa de deforestación del 0.68% y 0.89% respectivamente.

Tabla IX: Cobertura en ha. de cada una de las coberturas por fecha trabajada a 12km de la línea de costa

	1973	1978	1993
A1	373,518021	342,24	306,286917
A2	858,678615	895,65	889,444451
A3	42,9091029	78,84	222,443249
A4	0	1,68	0
C1	0	0	0
C2	0	0	0
C3	0	0	0
C4	0	0	0
H1	0	0	0
H2	32,1026749	35,71	50,3608458
H3	0	0	0
M1	895,075879	820,94	899,907404
M2	890,845871	755,71	615,921084
M3	994,780246	1131,67	1024,18585
M4	0	0	0
M5	28,6557834	39,60	82,8161838
M6	63,4177907	93,99	79,5114894
T1	63,5035484	41,91	68,1622206

Las coberturas humanas mostraron un leve incremento reflejado tan solo en H2 que entre 1973 y 1978 aumentó en un 11.23%, y para el periodo 78 – 93 se da un aumento del 41.02% que aunque alto es muy inferior a los niveles observados en los otros buffer (Tabla IX). H1 y H3 están ausentes a esta distancia de la línea de la costa.

La suma total de todas las coberturas humanas al acabar el periodo 78 – 93 es de 50.36 ha, equivalentes al 1.18% del total del buffer.

7.6 EVALUACION DE CRITERIOS DE AMENAZA O RIESGO

Siguiendo los criterios dados por Arriaga *et al.*, 2000; se pueden afirmar para la zona de estudio los siguientes criterios:

7.6.1 Pérdida de la superficie original:

Para el total de las coberturas de la región de Cabo San Lucas se puede considerar que la pérdida total de la superficie original es baja al haber disminuido en conjunto el 13.1% de su cobertura original, encontrándose en el criterio 1 (del 1 – 30%); no obstante dentro de este análisis la vegetación costera C2 y los esteros C4 entra en la categoría media al mostrar una pérdida del 30.45% y 50.07% respectivamente.

7.6.2 Grado de fragmentación de la región:

El grado de fragmentación de la región a aumentado en los últimos años, sobre todo por la apertura de carreteras y caminos pero en términos generales se puede considerar en grado “1”, ya que aunque la conectividad ha sido alterada, los relictos remanentes se mantienen aún bastante agrupados (Forman y Gordon, 1986).

7.6.3 Cambios en la densidad de poblaciones humanas:

Los cambios en las densidades de las poblaciones humanas han sido altos ubicándose en el criterio “3”, al haberse incrementado en más del 5.1% el tamaño de la ciudad.

8. DISCUSIÓN

8.1 VEGETACIÓN COSTERA

El esfuerzo de muestreo de la vegetación fue representativo al levantarse en total 800 m² equivalente al 0.65% del total del área de la vegetación costera sobre dunas estabilizadas en esta zona. Metodologías propuestas por Matteucci & Colma (1982), plantean que el esfuerzo de muestreo para ser representativo debe ser igual o mayor a 0.1 ha en ecosistemas con coberturas boscosas y de 0.05 ha en sabanas, o que se detengan los muestreos al encontrar que la curva de acumulación de especies halladas pasa a una tendencia asintótica. Para el presente estudio se realizó un levantamiento total de 0.08 ha y se observó una tendencia asintótica en la curva de acumulación de especies desde el transecto # 13 (releves # 58) y no se encontraron más especies nuevas (Figura 40).

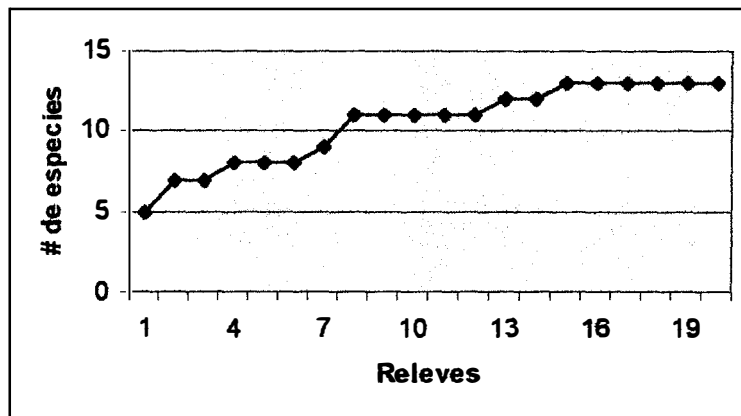


Figura 40: Curva de acumulación de especies por área

No obstante, para trabajos futuros vale la pena aumentar los muestreos a la época de invierno y al final de la época de lluvias, para abarcar en la colecta las especies estacionales, no visibles en los meses de trabajo de campo (abril – julio).

Las llamadas herbáceas rastreras perennes constituyen una forma vegetal ampliamente resistente que se ha adaptado a las duras presiones selectivas de las dunas de arena. Según Johnson (1977, 1982) en su zonificación de las dunas para Baja California, entre la playa y el frente de dunas suman un total de 46 especies (14 para la primera y 32 para la segunda).

En los muestreos realizados en la región de Cabo San Lucas se encontraron en total 13 especies, el cual es un número bajo en relación a los trabajos realizados en la región anteriormente (Johnson, 1977; Johnson, 1982, Pérez, 1995).

Comparando este estudio con el trabajo de Johnson, (1982) se encuentra que especies como *Chamaesyce leucophylla* (endémica de la región del Cabo), *Ipomoea pes – caprae*, *Palafoxia arida* y *Jouvea pilosa*, no han sido seriamente afectadas en el corredor de dunas cercano a la región de Cabo San Lucas y se encuentran bien representadas en los muestreos; en tanto que especies reportadas en el trabajo de Johnson como *Sporobolus virginicus*, *Sesuvium portulacastrum*, y la especie endémica *Heliantus niveus* no pudieron ser ubicadas en los muestreos, lo que indica que estas especies son muy escasas, están ausentes de la zona de estudio o por azar no fueron colectadas en los muestreos. La vegetación costera en la región de Cabo San Lucas se encuentra en un serio proceso

de deterioro, asociado a las actividades relacionadas con el sector turístico. En primer lugar se analiza el estado de la vegetación costera en la zona denominada “El Golf” donde el desarrollo de los distintos complejos hoteleros ubicados en el corredor turístico Cabo San Lucas – San José del Cabo han acarreado consigo la fragmentación de predios y el desmonte para hacerlos atractivos a los turistas (Pérez, 1995), las poblaciones vegetales aquí presentes han sido seriamente afectadas, y han dejado de compartir características florísticas con los otros puntos muestreados, hecho comprobado al aplicar el índice de similitud de especies de Jaccard que arrojo para todos los casos comparativos valores de 0.4 (Tabla II); dentro de este índice se considera como muy semejantes valores de 1 a 0.9 y poco semejantes por debajo de 0.4 .

Los puntos de muestreo El Molino 1 y 2 y la duna de Cabo San Lucas en principio por compartir geoformas y una distancia similar al mar, muestran una importante similitud de especies según el índice de Jaccard (Tabla II) en todos los casos alcanzando una similitud de 0.8, que aunque no los hace totalmente similares, comparten características muy semejantes y un estado de deterioro parecido.

Estos tres enclaves de vegetación costera han sufrido un marcado deterioro debido a la apertura de nuevas playas públicas y a la actividad de recreación con vehículos automotores, en particular cuatrimotos que han fragmentado seriamente la conectividad de estas poblaciones y favorecen la inestabilidad de los frentes activos de dunas evitando que la vegetación colonice y se asiente en estos lugares.



Figura 41: Confluencia de dunas y arroyo en la zona El Molino 1

En cuanto al punto de muestreo “El Faro” por ser una cresta de duna presenta una mayor cobertura vegetal y en principio presenta una mayor cantidad de especies, ya que se levantaron tan solo 3 transectos en este sitio por presentar una menor extensión que los otros; no obstante sobre este ambiente se encuentra en apogeo una floreciente actividad recreativa relacionada con la renta de cuatrimotos, que a expensas de ella se ha deteriorado significativamente y en un muy corto periodo de tiempo gran parte de la vegetación de herbáceas perennes allí presentes y han aislado e iniciado un proceso de fragmentación de la vegetación de tipo arbustivo .



Figura 42: Actividades humanas sobre las dunas del corredor Turístico

Si bien es cierto que el turismo es la principal económica de la zona, se puede afirmar que la vegetación que esta siendo marcadamente afectada y que se establece en estos ambientes, tiene una gran importancia dentro del contexto regional de diversidad vegetal y a nivel nacional por la presencia de un género endémico exclusivo para la región (Pérez, 1995)

Dentro de la región costera de Cabo San Lucas se pueden encontrar 2 especies endémicas que actualmente se encuentran en un grave peligro de desaparecer localmente del área de estudio:

Bursera ceracifolia: Esta es una especie de distribución muy restringida en la actualidad, los registros mas recientes la ubican al sur de la Región del Cabo y en la franja costera se le encuentra principalmente en la cresta de dunas (Pérez, 2001).

Bursera compacta: Esta especie se distribuye exclusivamente en el sur de la región del cabo siempre adyacente a los ambientes costeros, principalmente en las dunas semi – estabilizadas y unos pocos individuos en el matorral sarcocaula (Pérez, 2001).

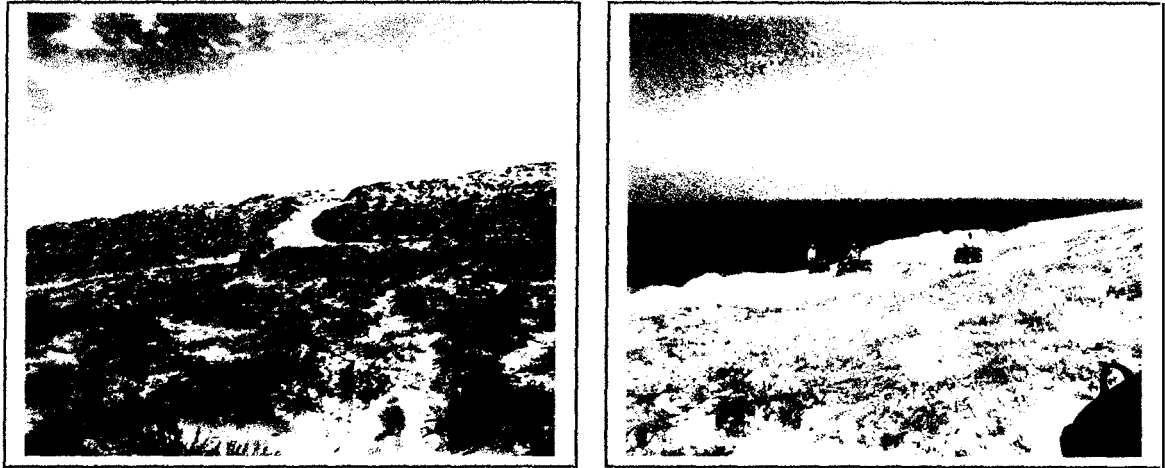


Figura 43: Uso de cuatrimotos sobre cresta de dunas de la zona de Faro

8.2 CAMBIOS TEMPORALES EN COBERTURAS:

Las coberturas vegetales de montaña (M1, M2, M3 y M4) han disminuido en conjunto un 12.7% en el periodo de tiempo estudiado (1973 – 1993). La cobertura M1 ha disminuido en un 13.35%, M2 ha perdido el 12.53%, M3 el 12.84% y M4 tan solo en un 0.4% (Tabla I).

Las coberturas aluviales en tanto (A1, A2) han disminuido un 16.82% y 16.94%; no obstante la mayor pérdida se concentra en la zona costera en donde estas coberturas C2, C3 y C4 han perdido el 30.45%, 20.49% y 54.07% respectivamente. Entre tanto las dunas (C1) han crecido un 6.71% durante las mismas fechas, en parte por la desaparición de otras coberturas y por alejamiento de la línea de costa.

A simple vista estos datos reflejan un bajo grado de impacto y pérdida de cobertura por parte de estos tipos de vegetación, si se compara con los estudios realizados en zonas tropicales en donde para periodos de tiempo similares se reportan cifras de pérdida del 68% de la cobertura en bosques inundables en Colombia (Madriñán, 2001), y 44% para bosques andinos (Viña y Cavelier, 1999) en donde el proceso de deforestación ha sido más ampliamente estudiado; no obstante son más altos que estudios realizados en las montañas rocosas de Colorado, EUA, donde se encontró que las áreas que habían sido completamente o parcialmente taladas o remplazadas alcanzan el 9.5% (McGarigal, *et al.*, 2001).

Las coberturas vegetales asociadas a las actividades humanas como lo son A3 y A4 han sido ampliamente favorecidas y han crecido 53.01% y 91.23% respectivamente. De la misma forma M5 ha aumentado en un 18.63% su ocupación original y el terreno desnudo representado en M6 y T1 muestra un incremento del 91.23% y 99.15% respectivamente. No obstante el mayor cambio registrado en el área de estudio se da en las coberturas antrópicas, que en conjunto pasaron del 0.97% al 6.64% del área total.

Los datos de las tasas de deforestación anual muestran para la última fecha, una tendencia general a un aumento en las mismas para las coberturas naturales, sin embargo no aplicable en todos los casos (M2, M4); pues a pesar de haber un impacto este no es tan notorio en la totalidad de las 30,700 ha del área de estudio.



Figura 44. Crecimiento de la ciudad de Cabo San Lucas y aumento del terreno desnudo

8.2.1 BUFFER DE DISTANCIA DESDE EL CASCO URBANO DE C.S.L

Con la aplicación de los buffers partiendo del casco urbano de Cabo San Lucas se evidenció que alrededor de los primeros 6 km (Figura 44). de la ciudad todas las coberturas humanas se incrementaron significativamente al igual que la franja de dunas y los terrenos desnudos, y en contraste casi todas las coberturas vegetales muestran una disminución, a excepción de M2. Este hecho se puede deber en parte a dos factores: el primero corresponde a los errores inherentes a la fotointerpretación que a pesar de ser minuciosamente realizada, muchas veces las propiedades del Matorral Sarcocaulé y el Matorral Sarco - Cracicaule son muy similares y sólo identificables en campo; el segundo se puede deber a que las coberturas vegetales tienden a desplazarse, contraerse y

expandirse en el tiempo, (Madriñán, 2001) y si se observa la figura 23, se denota que se da una pérdida muy grande de M1, y viendo el Mapa anexo # 3, correspondiente a 1993 y se compara con el Mapa anexo # 2, de la fecha de 1978, se observará que estos dos tipos de cobertura se expanden y retraen ganándose terreno mutuamente.

Por dicha razón se decidió realizar el análisis de las tasas de deforestación uniendo todas las coberturas de Matorrales y la Selva Baja (M1, M2, M3 y M4) y de igual manera se unieron las coberturas humanas (H1, H2, y H3).

Para los matorrales la tasa de deforestación paso del 0.45% en 1978 anual al 0.90% anual en 1993. Esto quiere decir que durante esta fecha la tasa de pérdida de cobertura se aceleró al doble, en tanto las coberturas humanas pasaron de un crecimiento del -0.81% en 1978 a -1.10% en 1993. En este caso se observa claramente una relación entre el crecimiento urbano y la pérdida de coberturas vegetales (Figura 21, 24 y 46).

De igual manera se observa la misma tendencia en el buffer ubicado entre los 6 y 12 km del casco urbano (Figuras 25 a 28) en donde las tasas de deforestación para los matorrales aumentan de 0.41% en el 78 a 0.83% en el 93 y las coberturas humanas crecen de -0.72% a -1.23% . Sin embargo a medida de que se aleja del casco urbano habría de esperarse que la tasa de deforestación del matorral disminuyera y que el crecimiento de las coberturas humanas no se acrecentara.

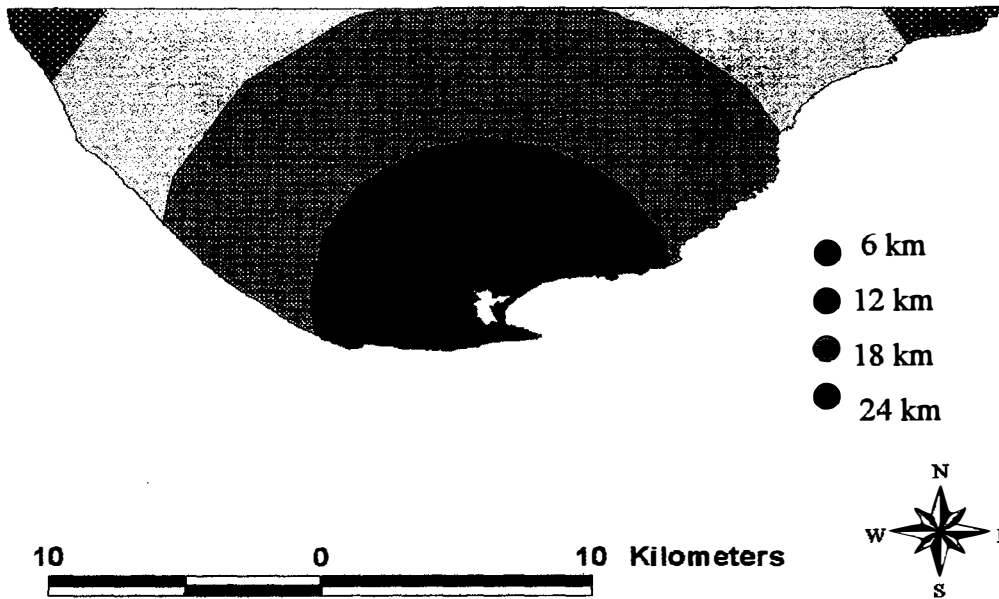


Figura 45: Buffer de distancia a 6, 12, 18 y 24 km del casco urbano de C.S.L.

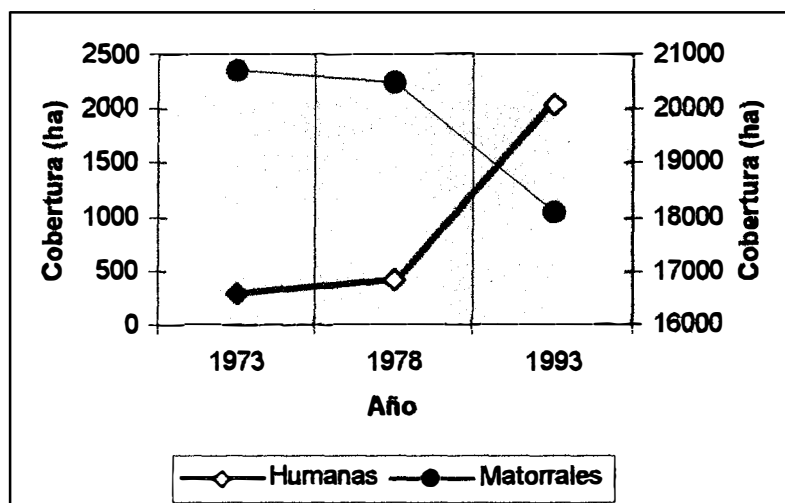


Figura 46: Cambio de coberturas humanas por matorrales en el periodo trabajado

En el tercer buffer entre 12 y 18 km las coberturas humanas tan solo alcanzan el 6% del área total, no obstante la tasa de deforestación del matorral se mantiene pasando de 0.34% en el 78 a 0.88% en el 93, valor más alto incluso que en el buffer anterior; de igual forma las coberturas humanas se incrementaron de un -0.76% anual a un -1.17% , donde ya la influencia de Cabo San Lucas no debería existir. Finalmente el último Buffer ubicado entre los 18 y 24 km, comienza a mostrar una tendencia hacia el menor impacto de las coberturas humanas al crecer tan solo -0.69% en 1993; no obstante las coberturas de matorral siguen presentando una tasa de deforestación similar (0.82%). Siendo este análisis insuficiente para explicar el proceso de deforestación ya que cerca de la ciudad funciona como se esperaría, pero lejos no disminuye su efecto (Figura 47).

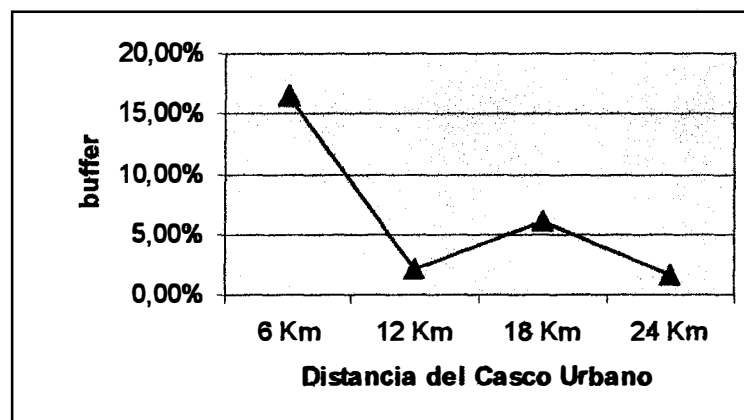


Figura 47: Porcentaje de ocupación de las coberturas humanas desde el casco urbano de C.S.L. a 24 km

8.2.2 BUFFER DE DISTANCIA DESDE LA LÍNEA DE COSTA

Con la aplicación del segundo análisis buffer se esclarecieron las dudas anteriores, ya que se encontró una relación directa entre la distancia de la costa y la tasa de deforestación siendo para el periodo 78 – 93 de 0.88% a 4 km, 0.85% a 6 km y 0.83% a 12 km. Para

las coberturas humanas ocurre de manera inversa siendo -1.1% a 4 km, -1.08% a 8 km y -0.94% a 12 km (Tablas VII, VIII y IX)



Figura 48: Buffer de distancia a 4 , 8 y 12 km de la línea de costa

A 4 km de la línea de costa las coberturas humanas alcanzan el 10.29% del área total correspondiente a 1,701 ha, no obstante no es el casco urbano la principal de estas coberturas, sino las manchas Sub – urbanas (H3) que se extienden a lo largo de la costa y abarcan el 4.76% del total del buffer, convirtiéndose en la principal causa de deforestación de otras coberturas. A 8 km el efecto de H3 comienza a reducirse significativamente pasando a ser el 0.64% del total del área, y a esta distancia de la costa el principal factor de cambio son las carreteras (H2), que ocupan el 2.27% del total del buffer. Finalmente a 12 km no se encuentran ya áreas sub – urbanas y el total de

cobertura de las carreteras (que en este buffer es la única cobertura de origen humano) disminuye al 1.18% del total del buffer (Figura 49).

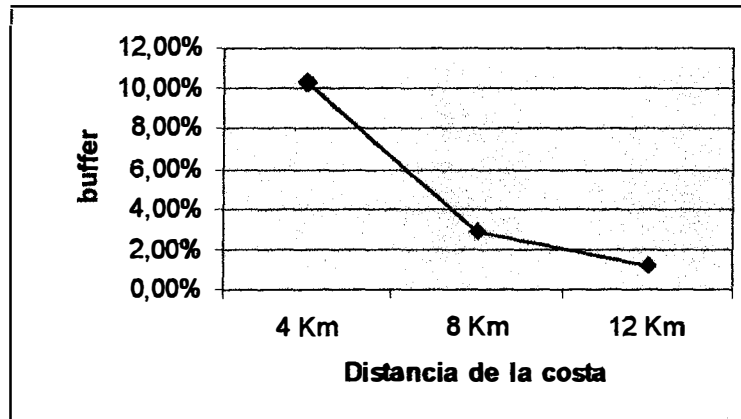


Figura 49. Porcentaje de ocupación de las coberturas humanas desde la línea de costa a 12 km

De igual manera con estos análisis se pudo esclarecer que existen 3 distintos factores influyendo al mismo tiempo pero en distinta medida sobre las coberturas vegetales, en primera instancia el casco urbano de Cabo San Lucas (H1) que a un nivel local (6 km alrededor) modifica ampliamente la cobertura del paisaje, en segundo lugar las áreas sub urbanas (H3) que se extienden a todo lo largo de la línea de costa siguiendo los corredores de los caminos y cuya influencia se extiende entre los 4 y 6 km al interior de la península y en última instancia las carreteras y caminos (H2) que por ser elementos lineares en el paisaje producen un efecto de fragmentación a nivel ecosistémico, actuando a nivel local (H1) y a nivel de distancia del mar, aunque a medida que se aleja del centro urbano y la línea de costa disminuye su cobertura .

8.3 CRITERIOS DE AMENAZA O RIESGO

8.3.1 Pérdida de superficie original

Las coberturas vegetales de la región de Cabo San Lucas han disminuido en conjunto el 13.1% de su cobertura original, encontrándose en el criterio 1 (del 1 – 30%), lo cual no indica en ningún momento que la región no muestre un acelerado proceso de pérdida de cobertura. Sobre la vegetación costera, existe una amenaza real de pérdida de cobertura C2 y C4 entran en la categoría media, teniendo en cuenta que sobre esta franja se encuentran un gran número de especies endémicas de la región del Cabo (Perez, 2001, Pérez, 1995; Rezedowsky, 1991, Wiggins, 1980).

De la misma forma las coberturas M1, M2 y M3 han perdido en conjunto alrededor de 2,500 ha en 20 años, donde especies como *Echinocerus sciurus*: (nombre común: Viejito), cuya distribución abarca principalmente los ecotonos entre el matorral sarcocaula y la selva baja caducifolia, se están viendo seriamente amenazadas; Taylor, (1985) especifica que hay muy poca información sobre los requerimientos ambientales de esta especie, lo que hace que su hábitat sea muy restringido y particular, y la principal amenaza que se presenta sobre esta especie es la modificación, fragmentación y desaparición de su hábitat, que como se ha constatado en el presente estudio se ha acelerado de manera dramática en los últimos años. Pérez, en el 2002 ha realizado una propuesta para el cambio de categoría de esta especie en la lista NOM – 059.

En las aceleradas condiciones actuales de pérdida de cobertura, si bien aún no se ha llegado a un estado en que estas comunidades vegetales no puedan recuperarse, se debe implementar un programa en donde se realice una búsqueda sistemática de las especies amenazadas, realizar un seguimiento de sus poblaciones, distribución, abundancia y estado de conservación de cada una de ellas. Igualmente para los casos en donde el desarrollo humano implique la necesaria destrucción de este ecosistema se deben poner en práctica las medidas de mitigación, como son rescate: propagación y reimplantación, en los estudios de impacto ambiental que requiere la legislación vigente.

8.3.2 Grado de fragmentación de la región

Durante el periodo 1973 – 1978 el grado de fragmentación de la región era inexistente en el sector oriental del área de estudio ubicándose en grado “0”, y en la parte occidental este se limitaba a las áreas adyacentes a las 2 carreteras principales, para un grado de fragmentación de “1” (Mapas anexos 1 y 2). El grado de fragmentación de la región aumentado entre 1978 y 1993, sobre todo por la apertura de carreteras y caminos pero en términos generales se puede considerar según la propuesta de Arriaga, *et al.* 2000 que aún se mantiene en grado “1”, ya que aunque la conectividad ha sido alterada, los relictos remanentes se mantienen aun bastante agrupados. No obstante las vías y las áreas sub – urbanas como se notó en el análisis buffer de la línea de costa hacia el interior (Tablas V, VI y VII) se han incrementado notoriamente en los primeros 4 km, llegando inclusive a grado 3 en algunos puntos del corredor turístico. Forman & Alexander, 1998; advierten sobre el marcado efecto de los caminos sobre el paisaje debido al incremento de las actividades humanas a través del transporte. Reed *et al.* 1996 describe que el proceso de

fragmentación ocurrido en las montañas rocosas de Colorado, EUA, se debe principalmente al incremento de las actividades humanas asociadas al camino, de la misma forma Tinker *et al.* 1997 y Baker & Knight, 2000, señala que la pérdida directa de la vegetación, por obras de construcción se ve acelerada cuando se abre una nueva carretera.

En total de 1978 a 1993 el M1 paso de tener 16 a 110 fragmentos, M2 de 80 a 124 y M3 de 51 a 98. Comparando estos datos con el estudio realizado por McGarigal, *et al.*, 2001, en donde por efecto de carreteras se aumento el número de fragmentos de 3603 a 4673 (un aumento del 28.9%) el efecto en la región de Cabo San Lucas es mucho mayor al aumentar en un 125.8% pasando de 147 fragmentos a 332.

Las carreteras son solo un factor que amplifica el efecto de borde y la pérdida de hábitat por fragmentación (Rochelle, *et al.* 1999), no obstante aún no es claro como la biota nativa responde ante los cambios del paisaje por efecto de la construcción de estos corredores lineares (McGarigal, *et al.*, 2001, Hejl, 1992).

8.3.3 Cambio en la densidad de poblaciones humanas

Los cambios en la densidad de la ciudad de Cabo San Lucas se ubicaron en el criterio “3” por haber presentado un aumento del 45% entre 1973 y 1978 (9% anual) al del 215% entre 1978 y 1993, (20% anual).

No obstante la cifra más alarmante es la relacionada con la cobertura H3, ya que se tomaron como poblaciones humanas las distintas áreas sub – urbanas que para el 73 no

existían en la zona de estudio y del 78 al 93 presentaron un aumento del 15,718%, al pasar de 5.41 ha a 850.34 ha.

9. CONCLUSIONES

Las herbáceas rastreras perennes son la forma vegetal más ampliamente distribuida y resistente sobre las dunas de arena en la región de Cabo San Lucas; no obstante la diversidad de esta comunidad ha sido disminuida por efecto directo de actividades humanas, como se pudo comprobar al comparar los sitios de muestreo entre si, y se encuentra en un serio proceso de deterioro.

Se encontró una relación entre la disminución de la diversidad de especies vegetales y el aumento de las actividades relacionadas con turismo de playa, siendo la zona con mayor influencia turística (El GOLF) la que presenta una menor diversidad de especies.

En conjunto, las coberturas vegetales de la región de Cabo San Lucas han disminuido el tamaño original de su área, siendo las comunidades más afectadas las que se encuentran a menos de 4 km de la línea de costa.

Todas las coberturas humanas muestran una marcada tendencia al aumento, con una tasa de crecimiento del 30.23% anual.

El efecto del casco urbano de la ciudad de Cabo San Lucas se da a nivel local y afecta todas las coberturas vegetales a 6 km a su alrededor; de la misma forma el llamado corredor turístico funciona como una ciudad lineal, ya que las coberturas sub – urbanas se

extienden a lo largo de la costa y aumentan el efecto de borde, constituyéndose en la principal causa de deforestación a 4 km de distancia desde el mar.

En la región de Cabo San Lucas 3 factores están influyendo al unísono en la pérdida y transformación de las coberturas naturales: a nivel local el casco urbano de la ciudad que tiene un efecto hasta 6 km de distancia, siguiendo línea de costa las áreas sub – urbanas cuyo efecto se remonta hasta los 4 km de distancia del mar y en tercer lugar los caminos y carreteras que tienen efectos locales y regionales, al formar corredores lineales que producen fragmentación del ecosistema y permiten la llegada de los otros 2 factores.

Aunque la región se encuentra en el criterio 1 de pérdida de superficie original, las comunidades costeras alcanzan al criterio 2 y localmente en puntos específicos del corredor turístico al criterio 3. De la misma forma aunque las coberturas del Matorral Sarco – Crasicuale (M1), Matorral sarcocaula (M2) y Selva Baja Caducifolia (M3) hallan perdido en conjunto tan sólo el 12.7% de su área original, su pérdida absoluta ha sido de 2,500 ha y actualmente se ve amenazada la existencia de especies endémicas que viven restringidas a este hábitat en particular y a los ecotonos entre estas coberturas como es el caso de *Echinocerus sciurus*.

El grado de fragmentación de la región está catalogado en categoría 1, y muestra un notorio proceso de incremento, ya que en los últimos 16 años el número de fragmentos ha pasado de 147 a 332 que representa un aumento del 125.85%.

La principal causa de fragmentación en la región son los caminos y las carreteras, en segunda instancia las áreas sub – urbanas y localmente la ciudad de Cabo San Lucas.

El aumento de la mancha urbana se encuentra en categoría 3, alcanzando el 20% anual en el casco urbano (17.78 ha / año) y el 1000% anual (53.14 ha/ año) en los sectores sub – urbanos, siendo este último el que presenta mayor dinamismo y una mayor expansión.

La principal causa de deterioro de las dunas del “Faro” es el uso de cuatrimotos que han iniciado un proceso de fragmentación y desestabilización de la duna, el mismo fenómeno ocurre en los otros puntos de muestreo a excepción de “El Golf” en donde la principal causa de daño sobre la comunidad es la construcción de obras de infraestructura y las actividades relacionadas con turismo de playa.

10. RECOMENDACIONES

En relación a la vegetación costera se deben establecer las siguientes medidas de protección y atenuación:

- ✓ Proteger las crestas de dunas de la región del Faro, ya que se pueden usar como islas que sirvan como punto de dispersión y banco de genes al estar en esta zona representadas la mayoría de las especies presentes en las dunas de la zona de Cabo San Lucas.
- ✓ Delimitar la actividad de cuatrimotos a los frentes activos de dunas y habilitar y señalizar senderos por los cuales circulen los automotores en las crestas de dunas, mismos que deben ser señalizados por las empresas prestadoras del servicio de renta de estos vehículos.
- ✓ Identificar los puntos en donde aún se encuentren enclaves de vegetación costera e intentar rescatar las especies que sean raras o estén en peligro de desaparecer de la región buscando reestablecerlas en puntos en donde la actividad turística no sea tan fuerte, igualmente se deben inventariar los recursos de una manera sistemática e identificar y proteger las especies endémicas de la región como lo son *Bursera ceracifolia* y *Bursera compacta*.

En relación a los asentamientos humanos:

- ✓ Se debe prohibir la construcción de nuevos asentamientos humanos y reubicar los existentes, que se encuentren cerca de la zona de influencia de la vegetación de

cárcavas, ya que ésta al ser destruida fomenta el crecimiento del frente activo de la cárcava poniendo en riesgo a las familias que ahí habitan.

- ✓ Se debe restringir la actividad de construcción de áreas sub – urbanas, a los primeros 4 km de la línea de costa y a las zonas que se encuentren fuera de la zona ecotónica entre la Selva baja Caducifolia y el Matorral Sarcocaula por presentar este ecotono especies endémicas como *Echinoserus scirus*, que tienden a desaparecer del área.

- ✓ En general para la región es necesaria la implantación de un programa en donde se realice la búsqueda sistemática de especies amenazadas, realizar un seguimiento a sus poblaciones, distribución, abundancia y estado de conservación de todas ellas.

- ✓ De la misma forma se recomienda ampliar el estudio tomando información de otros sistemas de percepción remota y de la misma forma analizar las variables climatológicas y la influencia de perturbaciones atmosféricas de origen tropical que inciden anualmente en la región y que pueden en algunos casos explicar el funcionamiento del solapamiento de algunas coberturas a través del tiempo.

11. LITERATURA CITADA

ANÓNIMO. 1999. Municipio de los Cabos, Baja California sur. *Plan director de desarrollo urbano de San José del Cabo, Cabo San Lucas, B.C.S.* pp. 36 – 37

ARRIAGA, L. ESPINOZA, J.M. AGUILAR, C. MARTINEZ, E. GOMEZ, L. LOA, E. (Coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México.* Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

BAKER, W.L. & KNIGHT, R.L. 2000. *Roads and forest fragmentation in southern Rocky mountains.* En: Knight, R.; Smith, F.W., Buskirk, S.W., Romme, W.H., and Baker, W. L. *forest Fragmentation in the southern Rocky Mountains.* University Press of Colorado, Boulder, CO, USA. pp. 97 – 122.

BONN, F., ROCHON, G. 1992. *Presis de teledetection. Vol 1: Principes et Methodes.* Presses de l'Universite du Quebec. Québec. Universites Francophones 485 pp.

BONN, F., ESCANDAFAL, R. 1996. *La teledetection appliquee aux sols. Cap. 3* En: F Bonn (ed.) *Precis de teledetection Vol 2: Applications thematiques.* Presses de l'Universite du Quebec. Canadá. pp 93 – 135.

BRIDGEWATER, P.B. 1993. *Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation*. Landscape ecology and GIS. Ed. Taylor and Francis. London. Cap. 3. pp. 23 – 36.

BROOKS, K.N., FOLLIOT, P.F., GREGERSEN, H.M., DEBANO, L.F. 1997. *Hydrology and de management of watersheds*. 2da. Ed. Iowa State University Press. E.U.A. 502 pp.

BROWN, G. & SCHOKENCHT, N. 2001. *Off – road vehicles and vegetation pattering in a degrades desert ecosystem in Kuwait*. Journal of Arid Environments. Vol. 49, No. 3: 413 – 429.

CORIA, R. 1988. *Climatología. En estrategia para la conservación de la Sierra de la Laguna de Baja California Sur*. Introducción. Arriaga y Ortega (Ed.) C.I.B. 137 pp.

CROME, F.H.J. 1997. *Researching tropical forest fragmentation: shall we sep on doing what we're doing?*. Tropical forest remmants, Laurence, W.F. and R.O. Bierregaard (Ed.). The University of Chicago Press. pp. 485 – 501.

DIRZO, R., GARCÍA, M.C. 1990. *Rates of deforestation in los Tuxtlas, a neotropical area in southeast México*. Conservation Biology. 6: 84 – 90.

ESPEJEL, I. 1992. *Coastal sand dune communities and soil relationships in the Yucatan Peninsula, México*. Coastal Plant Communities of Latin America. Academic press, Inc. U.S.A. 323 – 335 pp.

FARINA, A. 1998. *Principles and methods in Landscape Ecology*. Chapman and Hall. London, UK.

FORMAN, R. T.T. AND ALEXANDER L.E. 1998. *Roads and their major ecological effects*. Ann. Rev. Ecol. Syst. 29: 207 – 231.

FORMAN, R. & GORDON, M. 1986. *"Landscape ecology"*. Wiley. New York

FRANKLIN, J.F. 1994. *Developing information essential to policy, planning and management*. Sample V.A. (ed.). Island Press. E.U.A. pp: 18 – 24.

FRANKLIN, J.F. AND FORMAN, R. T.T. 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. Landscape ecology. 1: 5 – 18.

GARCIA, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen*. 2da. Ed. Instituto de Geografía, UNAM. MÉXICO D.F. 217 pp.

GREEN, D.R. CUMMINS, R. WRIGHT, R. AND MILES, J. 1993. A Methodology of acquiring information on vegetation succession from remotely sensed imagery. Cap. 9. Landscape ecology and GIS. Ed. Taylor and Francis. London. pp. 112 – 139.

HEJL, S.J. 1992. *The importance of landscape patterns to bird diversity: a perspective from the northern Rocky mountains.* Northwest Environment Journal. 8: 27-38.

JAARSMAN,. 2002. Fragmentation and land use planning: analysis & beyond. *reducing habitat fragmentation by minor rural roads trough traffic calming.* Landscape and Urban Planning 58: (24) 125 – 135.

JOHNSON, A.F. 1977. *A survey of the strand and dune vegetation along the pacific gulf coasts of Baja California, México.* Journal of Biogeography. 7: 83 – 99.

JOHNSON, A.F. 1982. *Dune vegetation along the eastern shore of the golf of California.* Journal of Biogeography. 9: 317 – 330.

LEON DE LA LUZ, J.L. 1999. *Flora y vegetación de la región del Cabo, Baja California Sur, México.* Tesis doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México.

LEON DE LA LUZ, J.L.; PEREZ NAVARRO, J.J; DOMÍNGUEZ L, M; DOMÍNGUEZ C, R. 1999. *Flora de la región del cabo de Baja California Sur*. Listados Florísticos de México, Vol. XVII. Instituto de Biología, UNAM.

MADRIÑAN, L.F. 2001. *Proceso de transformación de un bosque aluvial y su impacto sobre la vegetación, Puerto López, Meta, Colombia. (1939 – 1997)*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana.

MATTEUCCI, S. & A., COLMA. 1982. *Metodología para los estudios de vegetación*. Monografía N°23, Colección de monografías científicas. Organización de los estados americanos (OEA). Washington, D.C. 168 pp.

MC MARIGAL, K. ROMME, W.H. CRIST, M. & ROWORTH, E. 2001. *Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the san Juan Mountains, Colorado (USA)*. *Landscape Ecology*. 16: 327:349.

MINA, V.F. 1956. *Geología general de la parte sur de la península de Baja California*. XX congreso Geol. Int. Excursión A – 7. pp 1 – 77.

MITTERMEIER, R., GOTEESH, C. 1992. *La importancia de la diversidad biológica en México*. En: J. Sarukhan y R.Dirzo (comps.) *México ante los retos de la biodiversidad*. Conabio, México. pp. 63 – 73.

MOREIRA, F. REGO, F.C, FERREIRA, P. G. 2001. *Temporal (1958 – 1995) Pattern of change in a cultural landscape of northwest Portugal: implications of fire occurrence.* Landscape Ecology 16: 557 – 567.

MORENO-CASOLA, P, VAN DER MAAREL, E., CASTILLO, S. HUESCA, M.L. y PISANTY, I. 1982. *Ecología de la region de dunas costeras, estructura y composición en el morro de la Mancha.* Ver. I. Biotica. 7 (4): 491 – 526.

MULLER-DOMBOIS, D. ELLENBERG, H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology.* John Wiley & Sons, Inc. United States of America. pp. 215 – 227.

PEREZ, J.J. 1995. *La vegetación de ambientes costeros en la región del cabo, Baja California Sur. Aspectos florísticos y ecológicos.* Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México.

PEREZ, J.J. 2001. *El genero Bursera Jacq. EX L. (BURSERACEAE) en la península de Baja California.* Tesis de Maestría en Uso, manejo y Preservación de los recursos naturales (orientación en ecología de zonas áridas). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C.

PEREZ, J.J. 2002. *Propuesta de cambio de categoría de Echinocerus sciurus en la lista de la NOM – 059*. Inedito. Herbario HICB. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C.

PICKUP, G. 1998. *Desertification and climate change – The Australian Perspective*. Climate Research. 11: 51 – 63.

REED, R.A., JHONSON –BARNARD, J. AND BACKER, W.L. 1996. *The contribution of roads to forest fragmentation in the rocky Mountains*. Conservation Biology. 10: 1098-1106.

REED, R.A., JOHNSON-BARNARD, J., BAKER, W.L., 1995. Fragmentation of a forested Rocky Mountain landscape 1950- 1993. Biological Conservation 75:267-277.

REID, L.M. 1993. *Research and cumulative watershed effects*. USDA forestry Services General Technical Reports PSW – GTR – 141.

REID, R S. KRUSKA, R. L. MUTHUI, N. TAYE., A. WOTTON, S., WILSON, C. J., MULATU, W. 2000. *Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces : the case of southwestern Ethiopia*. Landscape ecology, 15 (4): 339-355.

ROCHELLE, J.A., LEHMANN, L.A. and WISNIEWSKI, J. 1999. *Forest Fragmentation: wildlife and management Implications*. Brill. Leiden, The Netherlands.

RZEDOWSKI, J. 1991. *El endemismo de la flora fanerógama mexicana: una apreciación preliminar*. Acta Botánica Mexicana 14: 3 -21

SAUNDERS, S.C., MISLIVETS, M.R., JIQUAN, C., CLELAND, D.T. 2002. *Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of Northern Great Lakes region, USA*. Biological Conservation. 103 (2) 209 – 225.

SHOSHANY, M., CHURCH, M., HASSAN, M.A. 2002. *Landscape fragmentation and soil cover changes on south –and north – facing slopes during ecosystems recovery: an analysis from multi – date air photographs Drainage Basin Dynamics and Morphology*. Journal: Geomorphology. Amsterdam. 45(1- 2) 3 – 20.

SCHWAB, G.O, FREVERT, T.W., EDMINSTER, T.W., BARNES, K.K. 1990. *Ingeniería de la conservación de Suelos y Aguas*. 1ª. Ed. Noriega editores. LIMUSA. México.

SERRANO, M., SANZ, L., PUIG, J., PONS, J., GARSJENS, G.J., VAN LIER, H.N. 2002. *Landscape fragmentation caused by the transport network in Navarra (Spain)*:

Two – scale analysis and landscape integration assessment. Journal: Landscape and Urban planning. 58 (2 – 4) 113 – 123.

TAYLOR, N.P. 1985. *The genus Echinocereus.* Timber Press. Great Britan. 160 pp.

TINKER, D.B., RESOR, C.A.C., BEAUVAIS, G.P., KIPFMULLER, K.F., FERNANDES, C.I., AND BACKER, W.L. 1997. *Watershed analysis of forest fragmentation by clear - cuts and roads in Wyoming forest.* Landscape Ecology. 12: 1 – 17.

TURNER, M.G., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern and process. Annu. Rev. Ecol. Syst. 20: 171-197.

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR & U.S. GEOLOGICAL SURVEY. 1999. *High resolution land use and land cover mapping.* USGS Fact Sheet. 189 – 199 pp.

VAN BOHEMEN, H.D. 1995. *Mitigation and compensation of habitat fragmentation caused by roads: strategy, objectives, and practical measures.* Transportation research record. (1475) pp 133 – 137.

VIÑA, A., CAVELIER, J. 1999. *Deforestation rates (1938 – 1988) of tropical lowland forest on the Andean foothills of Colombia*. *Biotrópica*. 31 (1): 37 - 48

WANG, J. FU, B. JANG, Q. CHEN, L. 2001. *Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchments on the loess plateau in China*. *Journal of Arid Environments* 48; 537-550

Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. 1740 pp.

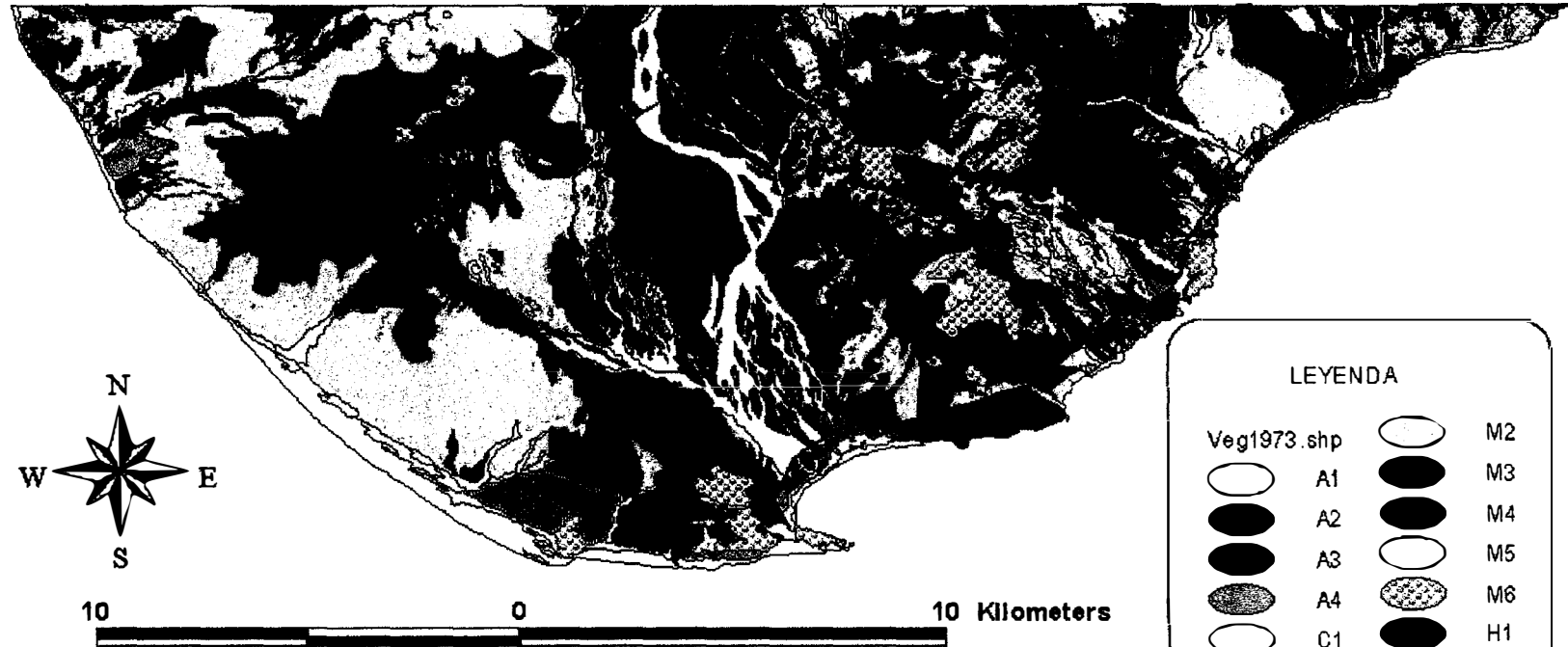
Wu, B., Long, J.C. 2002. *Landscape change and desertification development in the MUUJ Sandland Northern China*. *Journal of Arid Environments*. 50: 429 – 444.

YANG, X. 2002. *Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area*. *International journal of remote sensing* 23 (9) 1775-1798.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

PÉREZ-LÓPEZ, F.J. & F.M. SOLA-FERNÁNDEZ, 1993: *DIVERS: Programa para el cálculo de los índices de diversidad*. [programa informático en línea]. Disponible desde Internet en: <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>

MAPA ANEXO 1 "1973"



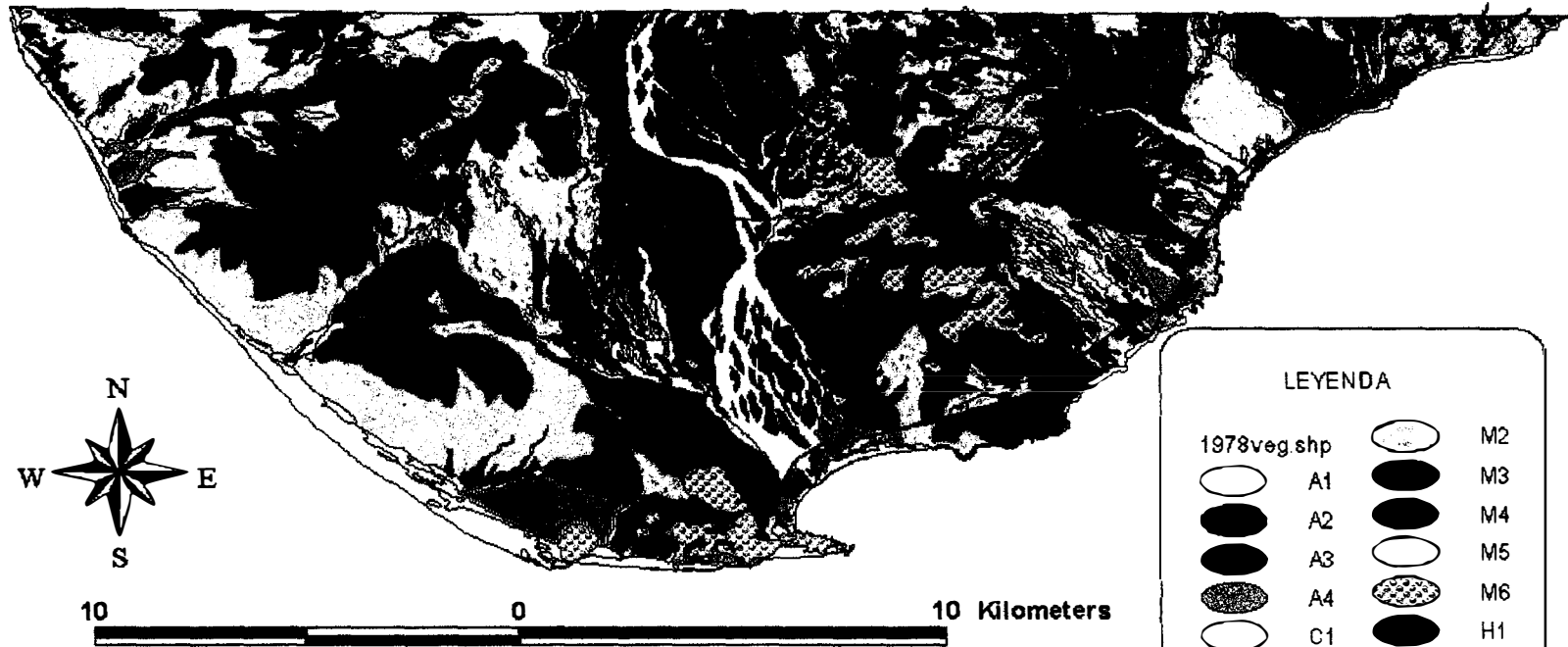
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE.S.C (CIBNOR)

"ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y TRANSFORMACIÓN
DE LA REGIÓN DE CABO SAN LUCAS, 1973 - 1993"

LEYENDA

Veg1973.shp		M2	
	A1		M3
	A2		M4
	A3		M5
	A4		M6
	C1		H1
	C2		H2
	C3		H3
	C4		T1
	M1		

MAPA ANEXO 2 "1978"



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE.S.C (CIBNOR)

"ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y TRANSFORMACIÓN
DE LA REGIÓN DE CABO SAN LUCAS, 1973 - 1993"

LEYENDA

1978veg.shp



A1



A2



A3



A4



C1



C2



C3



C4



M1



M2



M3



M4



M5



M6



H1



H2

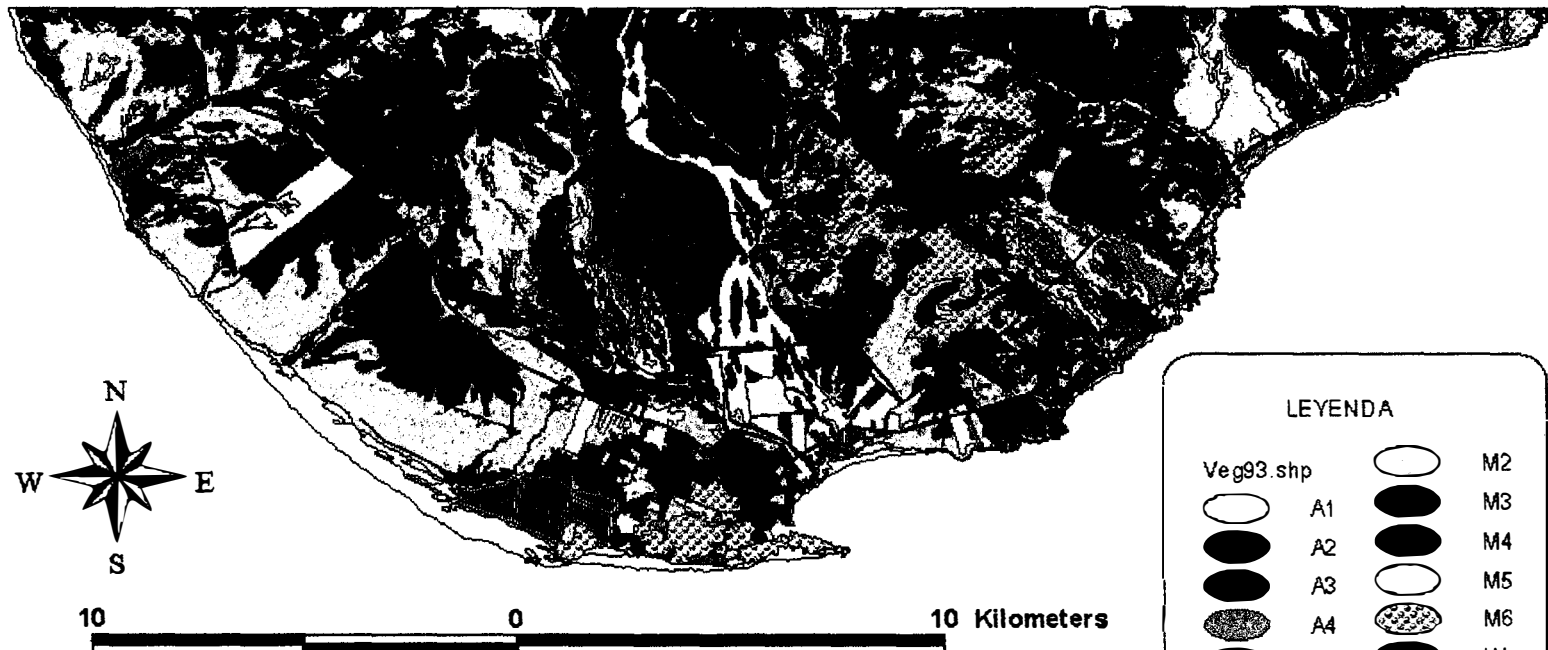


H3



T1

MAPA ANEXO 3 "1993"



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE.S.C (CIBNOR)
"ECOLOGÍA DEL PAISAJE Y TRANSFORMACIÓN
DE LA REGIÓN DE CABO SAN LUCAS, 1973 - 1993"

LEYENDA

Veg93.shp			M2
○	A1	●	M3
●	A2	●	M4
●	A3	○	M5
▨	A4	▨	M6
○	C1	●	H1
○	C2	●	H2
●	C3	○	H3
●	C4	○	T1
●	M1		