



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



Especialidad en Gestión Ambiental

TRABAJO TERMINAL

CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS DE LA PLAYA MUNICIPAL DE ENSENADA ENTRE LOS AÑOS 1979, 1980, 1993 Y 1998.

PRESENTA:

VICTORIA MARIEL JIMENEZ ESQUIVEL

Ensenada, Baja California, 28 Mayo 2010

Cambios en la vegetación de dunas costeras de la Playa Municipal de
Ensenada entre los años 1979, 1980, 1993 y 1998.

TESINA
QUE PRESENTA

VICTORIA MARIEL JIMÉNEZ ESQUIVEL

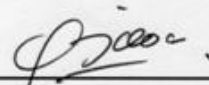
Aprobado por:



Presidente del Jurado
Dr. Alejandro García Gastelum



Sinodal Propietario
M.C. Hiram Rivera Huerta



Sinodal Propietario
M.C. Luis Arnulfo Galindo Bect

RESUMEN

La belleza natural de la zona costera la convierte en uno de los principales destinos turísticos, se reconoce que el desarrollo en la zona implica la transformación de la cobertura natural. Un ecosistema clave de la zona costera son las dunas, la pérdida de cobertura vegetal en este sistema puede ser utilizado como indicador de daño antropogénico; los análisis de cambio de uso de suelo sirven para entender las alteraciones en la cobertura del suelo. El objetivo de este trabajo es caracterizar la cobertura de vegetación de dunas costeras de la playa municipal de Ensenada, B. C., durante los años 1979, 1980, 1993, 1998 y 2003. Se recopilaron fotografías áreas del área de estudio las cuales se corrigieron con el programa ER Mapper v 6.3, la caracterización del uso de suelo se obtuvo mediante fotointerpretación con el programa ArcGIS v 9.2 a escala 1:5000 encontrando cuatro clases de uso de suelo: Vegetación natural primaria, vegetación natural secundaria, vegetación secundaria perturbada y agrícola; se realizó el análisis espacial con los mapas de uso de suelo con el programa Idrisi 32 for Windows. La cobertura vegetal de la playa municipal de Ensenada en 1998 presentó una disminución de 22.67 ha, el 33.48% del total de cobertura vegetal en 1979. La tendencia de cambio para la vegetación natural primaria, vegetación natural secundaria y vegetación secundaria perturbada es de disminución mientras que el uso agrícola va en aumento; esta variación se debe principalmente al nivel de precipitación en zona, teniendo un incremento en la vegetación durante los años Niño. En menor grado la disminución de la cobertura vegetal se asocia al desarrollo de prácticas recreativas, tráfico peatonal y vehicular.

*A Sophia que sigue
impulsando mi vida*

*A mis padres
A mis hermanos*

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. Alejandro García Gastelum por aceptar ser mi director en el presente trabajo, por sus enseñanzas, explicaciones así como su tiempo y apoyo en todo momento.

A mis sinodales M.C. Hiram Rivera Huerta y M.C. Luis Arnulfo Galindo Bect por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

A mi familia por siempre haberme brindado su apoyo incondicional en cada decisión que tome para llegar hasta aquí.

A Lulucita, quien se ha convertido en la mejor amiga que pude encontrar en esta ciudad y me enseñó lo que significa la verdadera amistad.

A la generación Escaramujos: Abi, Alonso, Mau, Mochis, Paul, Fernando, Daniel, Yuri, Zarko, el Chino, etc... a todos por cada momento que compartimos durante todos estos años.

A mis amigas Zenny, Perla, Gixxy por todo lo que vivimos.

A todas las personas que conocí durante todo este tiempo y que me han brindado su amistad y a quienes quisiera agradecer pero me es imposible mencionar a todas en tan poco espacio.

ÍNDICE

1	INTRODUCCION.....	1
2	ANTECEDENTES	4
2.1	<i>Dunas Costeras</i>	4
2.1.1	Internacional.....	4
2.1.2	Nacional	4
2.2	Sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica.....	6
3	OBJETIVO.....	7
3.1	<i>General</i>	7
3.2	<i>Particulares</i>	7
4	ÁREA DE ESTUDIO	8
5	METODOLOGÍA.....	12
5.1	<i>Delimitación del área de estudio</i>	12
5.2	<i>Obtención de fotografías aéreas</i>	12
5.2.1	<i>Escaneo de las Fotografías Aéreas</i>	12
5.3	<i>Georeferenciación de fotografías aéreas</i>	13
5.4	<i>Elaboración de la Cartografía</i>	13
5.5	<i>Matriz de detección de cambios</i>	14
6	RESULTADOS.....	16
6.1	<i>Fotointerpretación</i>	16
6.2	<i>Matriz de detección de cambios</i>	23
7	DISCUSIONES	32
8	CONCLUSIONES.....	38
9	BIBLIOGRAFIA.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las dunas costeras de acuerdo con los factores ambientales, adaptaciones y atributos bióticos (Chapman, 1989).....	2
Figura 2. Ejemplos de vegetación encontrada en las dunas costeras: a) <i>Abronia marítima</i> (USDA, 2010) y b) <i>Cakile marítima</i> © Carl Farmer 2002.....	8
Figura 3. La Lagunita de El Ciprés (Zamora, 2007).....	9
Figura 4. Área de Estudio. Playa Municipal de Ensenada, Baja California.....	11
Figura 5. Marco metodológico.....	15
Figura 6. Tendencia de cambio de la cobertura vegetal en la playa municipal de Ensenada para el periodo 1979 – 1998.....	17
Figura 7. Cobertura vegetal para 1979 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.....	19
Figura 8. Cobertura vegetal para 1980 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.....	20
Figura 9. Cobertura vegetal para 1993 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.....	21
Figura 10. Cobertura vegetal para 1998 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.....	22
Figura 11. Cambio de uso de suelo en el periodo 1979 y 1980, según clase.....	26
Figura 12. Cambio de uso de suelo en el periodo 1980 y 1993, según clase.....	28
Figura 13. Cambio de uso de suelo en el periodo 1993 y 1998, según clase.....	29
Figura 14. Cambio de uso de suelo en el periodo 1979 y 1998, según clase.....	31
Figura 15. Precipitación invernal de 1948 a 1995 en Ensenada, BC. Las áreas sombreadas indican los inviernos ENOS (Reyes y Troncoso, 2001).	34

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Características del material fotográfico utilizado en el estudio	12
Tabla II. Sistema de clasificación de uso de suelo para la playa municipal de Ensenada, escala 1:5000.....	13
Tabla III. Superficie en hectáreas y porcentaje con respecto al área total del polígono según clase de uso para la playa municipal de Ensenada (1:5000).....	16
Tabla IV. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1979 y 1980, en hectáreas.....	23
Tabla V. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1980 y 1993, en hectáreas.....	23
Tabla VI. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1993 y 1998, en hectárea	24
Tabla VII. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1979 y 1998, en hectárea.....	24
Tabla VIII. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1979 y 1980 (ha).....	25
Tabla IX. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1980 y 1993 (ha).....	26
Tabla X. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1993 y 1998 (ha).....	28
Tabla XI. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1979 y 1998 (ha).....	30
Tabla XII. Registros de los fenómenos El Niño y La Niña para el periodo de estudio así como la intensidad (Null, 2007).....	33

1 INTRODUCCION

La belleza natural de las playas y las zonas costeras las convierte en motivos de uno de los principales destinos turísticos; en la actualidad, alrededor del 40% de la población mundial vive a menos de 100 km de la costa y el 80% de las principales ciudades son costeras (Martínez, 1992). En México, el turismo es un sector activo de la economía mundial; muchas de las actividades recreativas en las zonas costeras se realizan en las playas, y en ocasiones para ingresar a ellas es necesario trasladarse por las dunas (Rosales 2006).

Se reconoce que el desarrollo de la zona costera necesariamente implica la transformación de la cobertura natural, sin embargo, tiene diferente costo perder un tipo de vegetación que otro, porque además de la pérdida de biodiversidad asociada, en algunos casos, perder la vegetación pone en mayor riesgo a los habitantes de la costa por ejemplo, aumenta el riesgo de inundaciones, disminuyen los mantos acuíferos, erosionan las playas, etc. En la zona costera, la vulnerabilidad¹ aumenta cuando un sitio es naturalmente peligroso y se modifica para instalar infraestructura urbana poniendo en riesgo a la población que lo habita (Seingier, Espejel y Almada, 2009).

Un ecosistema clave de la zona costera es el de dunas, las dunas costeras son montículos de arena de altura variable, desde menos de un metro hasta centenares de metros; sujetos a la acción del viento y dependen de diversos factores como el tamaño y el peso de los granos de arena (Fig. 1). Se encuentran en todas las costas arenosas, en estas medran plantas y animales los cuales presentan adaptaciones especiales como la tolerancia al movimiento de la arena, al rocío salado, vientos y fuertes inundaciones por el mar. La vegetación que encontramos juega un papel muy importante en la determinación de su forma, ya que estabiliza la arena, para que se forme y crezca el sistema de dunas (Martínez y Valverde, 1992).

La pérdida de cobertura vegetal a través del tiempo en un sistema de dunas puede ser utilizado como indicador de daño antropogénico cuando asociado a esto, se presentan

¹Vulnerabilidad se define como la capacidad de ser dañado así como la exposición y susceptibilidad de pérdidas; en el proceso de evaluación de la vulnerabilidad se debe tener presente quien (grupo geográfico o socioeconómico), cómo y por qué es susceptible (García, 2006).

evidencias en campo como senderos de tráfico vehicular y peatonal; esta pérdida de cobertura vegetal natural tiene implicaciones con la vulnerabilidad a desastres. (Seingier, Espejel y Almada, 2009). En el caso del campo de dunas de la playa municipal de Ensenada está siendo evidente la alteración por desarrollo urbano actividades recreativas no controladas.

El turismo es una de las actividades que ha generado un acelerado crecimiento poblacional dentro de la zona costera de la Ciudad de Ensenada en los últimos años, lo cual ha ocasionado indirectamente la modificación de usos de suelo y un incremento en la presión antropogénica sobre el recurso suelo. Es por esto necesario un esquema de información para visualizar y entender las condiciones en las cuales se encuentran las playas en la ciudad.

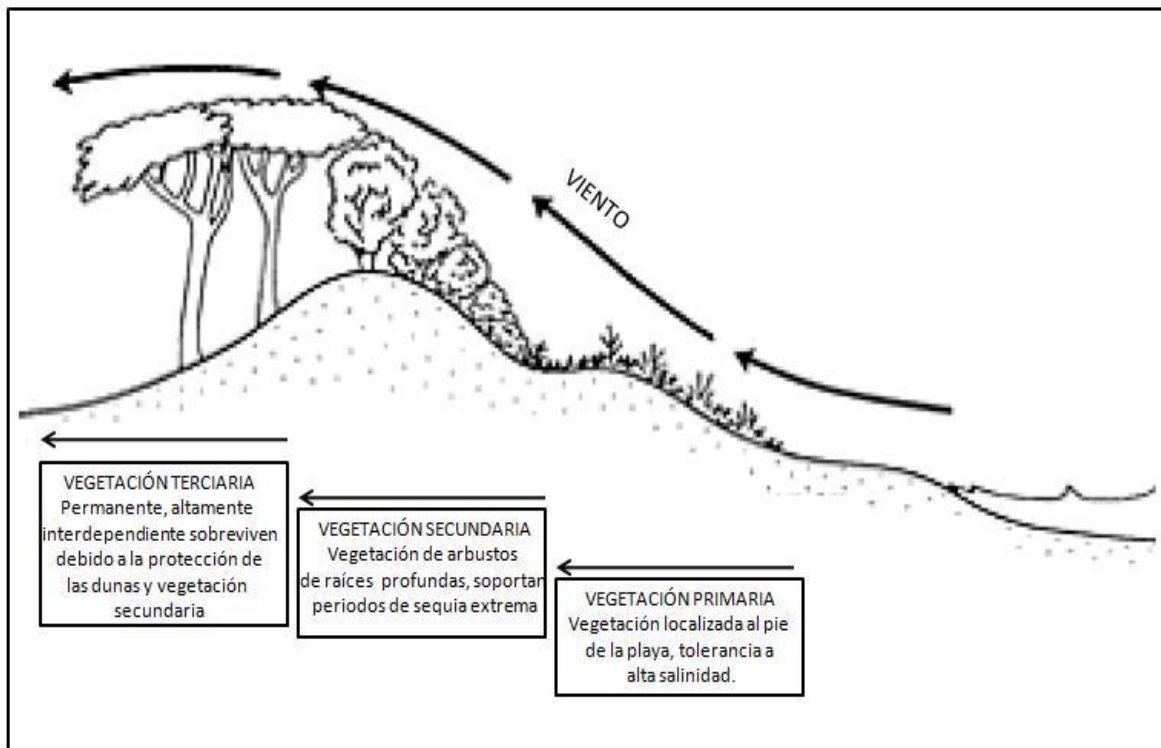


Figura 1. Clasificación de las dunas costeras de acuerdo con los factores ambientales, adaptaciones y atributos bióticos (Chapman, 1989).

Los análisis en el cambio de uso de suelo son útiles para entender las alteraciones en la cobertura del suelo; la pérdida de la productividad y biodiversidad; vulnerabilidad a erosión; deforestación; pérdida de opción de bienes y servicios ambientales (Velázquez, 2002). La fotografía aérea constituye una de las herramientas más utilizadas en los estudios de dinámica y evolución costera, debido a la posibilidad de comparar fotogramas

aéreos tomados en la misma zona en distintas fechas, así como su facilidad de uso y el precio relativamente bajo (Del Rio y Gracia, 2008) este método es muy utilizado en estudios de variación en cobertura vegetal ya que esta es fácilmente identificable en una fotografía aérea.

La información generada a partir de sensores remotos es un componente importante de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramienta convencionalmente empleada como una técnica de estudio para el monitoreo y la evaluación de cambios de uso de suelo a diferentes escalas, tanto local como regional, ya que permite mantener a la vez un registro espacial georeferido y una descripción detallada (Christensen *et al*, 1988).

Este trabajo integra un método para la caracterización de la variación espacial y temporal del cambio de uso de suelo en un municipio costero. Resulta de interés debido a que documenta el cambio de uso de suelo para una zona en pleno desarrollo de aprovechamiento recreativo, como la playa municipal de Ensenada, a través del tiempo que sirva como marco de referencia para evaluar escenarios futuros.

2 ANTECEDENTES

2.1 Dunas Costeras

2.1.1 Internacional

Bury y Luckenbach (1983) comentan, que si las dunas son fragmentadas y convertidas en pequeñas áreas debido a actividades recreativas como esquema de manejo, se esperaría una baja inmigración y extinción alta; por lo tanto se debe evitar cualquier plan de manejo que implique fragmentación.

Castro (1992) en su trabajo sobre la alteración de las dunas chilenas menciona que las principales actividades humanas en este ecosistema se relacionan con usos recreativos, extracción de arena, áreas de expansión urbana y uso agrícola; los efectos de estos usos se manifiestan en destrucción de asociaciones vegetales características, movilización dunaria, erosión de suelos de dunas estabilizadas, pérdida de la calidad escénica y transformación de la morfología original de las dunas.

Paskoff, Cuitiño y Petiot (1998) estudiaron la costa desértica del Norte Grande de Chile en donde se levanta una gran duna, en su trabajo llegaron a la conclusión de que la urbanización rápida del sector genera serios riesgos para la gran duna con el peligro de eliminarla del patrimonio nacional en un futuro no muy lejano, un elemento escénico y también científico ya que representa un registro de la evolución del paisaje costero; por estas consideraciones es fundamental que la Gran Duna de Iquique sea declarada monumento natural, asegurando así su preservación

O'Connell (2008) asegura que los principales problemas que tienen las dunas en Massachusetts provienen del deficiente programa de conservación que tienen así como la mala gestión en estas zonas, por lo tanto propone una serie de pasos a seguir para regenerar y conservar este ecosistema los cuales son: determinar el área a restaurar, instalar arena cerca de la zona a restaurar, plantar vegetación local para asegurar la fijación, fertilizar la zona restaurada finalmente monitorear y dar mantenimiento al área restaurada.

2.1.2 Nacional

Valdez (1987) describió el transporte de sedimentos en las dunas del Ejido Primo Tapia, B.C., México encontró que esta zona se utiliza como zona turística y el constante

paso del hombre no permite el desarrollo de vegetación para que establezca el sistema de dunas; propuso un programa de conservación el cual incluía: sembrar plantas que eviten la erosión, se cree un campo turístico basado en mapas de erosión y acreción, programar la urbanización fuera de las dunas, para evitar su desaparición.

Sigüenza en 1993 en su trabajo sobre dinámica de micorriza (simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta donde esta recibe nutrientes minerales y agua del hongo) en vegetales de las dunas, menciona que México requiere la captación de divisas y el turismo es una gran fuente de las mismas, por lo tanto es necesario tratar de conciliar el desarrollo turístico con la conservación de los ecosistemas amenazados por estos desarrollos, posiblemente algunas áreas de dunas puedan ser conservadas, pero otras tendrán que ser restauradas.

La pérdida de biodiversidad en el Estado de Baja California es tan preocupante que han surgido organizaciones como Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales (IUCN) y Pronatura para regular y conservar la flora y la fauna silvestre de ecosistemas como las dunas (Resendiz, 1996).

Gatica (1998) realizó un estudio de herpetofauna y vegetación en un gradiente de perturbación en las dunas costeras de San Felipe, B.C., donde presenta que el sistema de dunas tiene un deterioro del 40% causado por el uso de vehículos de doble tracción y por la formación de caminos y desarrollos urbanos turísticos.

Vieira (2004) realizó un estudio sobre los cambios en las playas municipales de Ensenada donde describe los usos de suelo de la zona de dunas, catalogando en área natural sin uso aparente y área de conservación, donde el principal uso es habitacional y turismo recreativo. Mientras Rosas (2008) realizó una propuesta de manejo para la playa municipal de Ensenada para contribuir con la sustentabilidad de las playas de la ciudad e incorporar la playa municipal al sector turístico para su promoción como una playa de calidad y como alternativa de recreación para los habitantes. Propone declarar la Lagunita y las dunas circundantes como áreas de conservación, así como iniciar la restauración de dunas en todo el frente costero, limitando el acceso vehicular en su totalidad.

2.2 Sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica.

Gutiérrez (1997) usando fotografías aéreas de los arenales en Primo Tapia, B.C. (1972, 1985 y 1993) realizó un estudio comparativo, en el cual determino los cambios temporales en población, dunas, paleo cauce y Misión Viejo, evidenciando la modificación, inestabilidad y reducción de la zona de las dunas derivada de las actividades recreativas, específicamente por el uso de vehículos de doble tracción.

En el estado de Baja California la aplicación de estas herramientas ha sido de gran ayuda en la planeación del territorio. Seingier (1999), a partir de un sistema de información geográfico, realizo una regionalización desde la base sur de la península de Punta Banda hasta Bahía Rosario, 300 km al Sur.

Bermúdez (2004) realizo un modelo metodológico de predicción espacial para determinar las tendencias de cambio e identificar la dinámica de uso de suelo para la planeación costera en Rosarito y asegura que el uso de fotografías aéreas así como de SIG permitió de una manera sencilla reconocer las clases de uso de suelo a las escalas definidas. Encontró que la principal variación del uso de suelo fue el aprovechamiento de áreas con vegetación y sin vegetación, estas fueron aprovechadas por usos como el urbano.

Palacios (2008), en su trabajo "Propuesta de ordenamiento ecológico territorial regional en la zona costera de Punta Colonet – Camalú, Baja California" logro hacer una predicción del cambio de uso de suelo con el escenario del puerto en la zona y eso fue posible gracias al uso de sensores remotos así como de un Sistema de Información Geográfica el cual muestra de una manera clara las variaciones en la cobertura vegetal en el área del proyecto del puerto.

Altamirano (2009) analizó los cambios de la línea de costa en la playa de San Miguel, B. C., mediante fotografía aérea para el periodo 1973 – 2003 en el cual determino que esta metodología da una perspectiva de lo sucedido a mediano y largo plazo, ya que al promediar las tasas de cambio filtran los cambios a corto plazo. Mientras que Bravo (2009) logro realizar una cuantificación real de material sedimentario depositado a lo largo de la línea de costa en Bahía Colonet en el periodo de 1986 – 2006 a partir de un Sistema de Información Geográfico.

3 OBJETIVO

3.1 General

Caracterizar la cobertura de vegetación de dunas costeras de la playa municipal de Ensenada, B. C., durante los años 1979, 1980, 1993, 1998 y 2003.

3.2 Particulares

- Georeferenciar las fotografías aéreas de la playa municipal de Ensenada de los años 1979, 1980, 1993, 1998 y 2003.
- Generar un sistema de información geográfica del área de estudio
- Obtener las coberturas de vegetación, geomorfología y uso de suelo de la zona de interés.
- Estimar el Cambio de cobertura de vegetación de dunas costera, geomorfología y uso de suelo de la playa municipal de Ensenada, B. C., durante los años 1979, 1980, 1993, 1998 y 2003.
- Explicar los cambios y la tendencia de la cobertura de vegetación de dunas costera, geomorfología y uso de suelo de la playa municipal de Ensenada, B. C.

4 ÁREA DE ESTUDIO

La playa municipal de Ensenada se localiza dentro de la Bahía de Todos Santos (BTS) en las aguas del Pacífico, al noroeste del estado de Baja California. Localizada entre 31° 49' 48" y 31° 48' 78" de latitud Norte y los 116° 36' 46" y 116° 36' 45" longitud Oeste (Fig. 2), la cual se encuentra limitada al norte con la escuela CONALEP (Consejo Nacional de Educación Profesional Técnica), al sur con el campo Turístico Corona situado en el lecho del arroyo el Campillo en la Delegación de Chapultepec y al este con un campo de dunas bajas de aproximadamente 200 m de ancho cubiertas por vegetación nativa (Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marino, 1994 en Rosales, 2006) seguido por una extensión de terrenos sin uso aparente, así como el cuerpo de agua conocido como Laguna Formex – Ybarra o de El Ciprés (Rosales, 2006).

La costa consiste de una playa ancha con arena blanca y tamaño de grano medio bien clasificada (Castillón, 1988). Es un área de 4 km, y es la playa arenosa que ha sido expuesta a un deterioro antropogénico por el intenso tráfico vehicular y basura de los visitantes. Las dunas se encuentran parcialmente vegetadas con especies como *Abronia*, *Carpobrotus*, *Cakile*, *Ambrosia*, *Oenothera* y *Verbena* (Delgadillo, 1998). La verbena de arena (*Abronia maritima*) es una planta de importancia ecológica, ya que es fijadora de arena y, junto con el cohete playero (*Cakile marítima*), forma y mantiene las dunas (Lubinsky y Victoria, 2006) (Figura 2).



Figura 2. Ejemplos de vegetación encontrada en las dunas costeras: a) *Abronia maritima* (USDA, 2010) y b) *Cakile marítima* © Carl Farmer 2002.

La Laguna del Ciprés es un cuerpo de agua dulce formada por acumulación de escurrimientos estacionales de agua de lluvia que topa con la barrera natural de dunas costeras. Según Escofet y Espejel (1992 en Rosas, 2008) 'La lagunita "El Ciprés" puede considerarse como un relicto de un ecosistema que en otros tiempos estuvo mucho más extendido.

La zona de las dunas y la Lagunita de El Ciprés (Figura 3) se consideran como el único ecosistema en la Bahía que presenta dunas y un cuerpo de agua dulce. Estas dos combinaciones de hábitat generan una alta riqueza faunística, dada principalmente por especies de aves, de las cuales la mayoría son de hábitos acuáticos como gaviotas y gallitos marinos, garzas, patos y aves playeras. Además esta zona es usada como una zona de reproducción, refugio y protección (Zamora, 2007).



Figura 3. La Lagunita de El Ciprés (Zamora, 2007)

El desarrollo urbano del litoral costero del la BTS se divide en cinco principales categorías de uso de suelo de acuerdo a la clasificación de Ketchum, 1972 (García, 1997): a) Uso habitacional, b) Actividades industriales y comerciales, c) Turismo y recreación, d) Producción y alimentos y e) Conservación.

Se detectan diferentes tipos de uso de suelo como el crecimiento de zonas habitacionales y por otro lado las zonas de instalación industrial. Estos dos usos conviven con suelo agrícola abandonado. También existen las zonas que por sus características naturales, están destinadas a uso turístico.

Las características de ocupación del suelo, principalmente son (Vieira, 2004):

- a) Uso urbano, vivienda, industria, comercio.
- b) Uso agrícola, tierras hábiles y ociosas.
- c) Baldíos urbanos, terrenos urbanizables en breña, sin uso aparente
- d) Terrenos cerriles, cañadas y escurrimientos naturales.
- e) Zona Federal, Playa y dunas.

Actualmente esta zona es una de las playas más visitadas en la BTS, por su cercanía al centro de población. Aunque todavía no está oficialmente firmado el convenio con ZOFEMAT, la playa cambiará mucho en los próximos años porque por ahí se prolongará el actual boulevard costero y se piensa desarrollar para uso urbano turístico (Rosas, 2008).

Las actividades predominantes en la zona de estudio son turísticas, recreativas y habitacionales, no existe infraestructura mínima como sanitarios, regaderas y servicios, los accesos no tienen características adecuadas y resulta peligroso el tránsito a la playa.

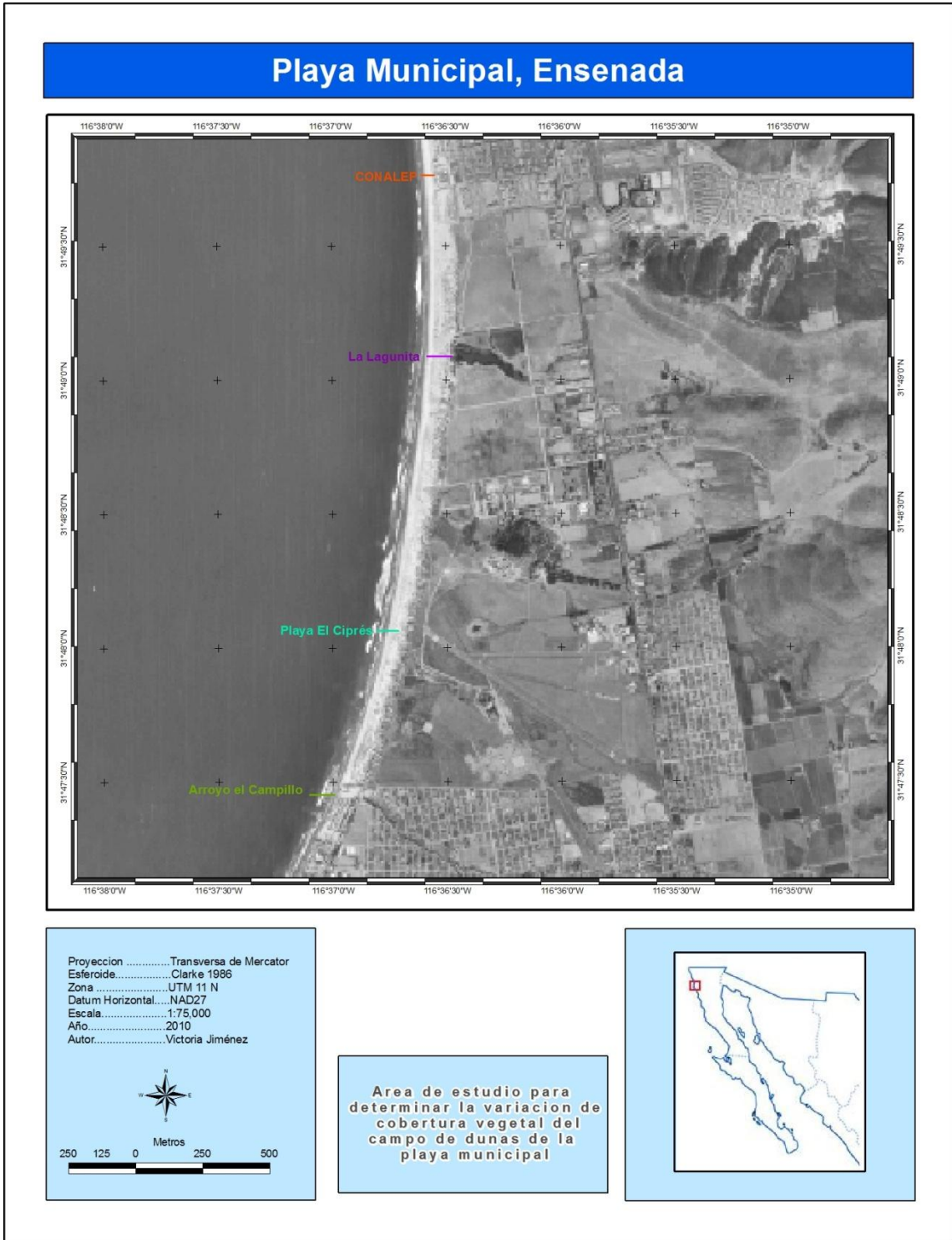


Figura 4. Área de Estudio. Playa Municipal de Ensenada, Baja California.

5 METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó en la franja de playa arenosa desde el área conocida como CONALEP hasta el arroyo El Campillo. La metodología se basó en los siguientes puntos (Figura 5):

5.1 Delimitación del área de estudio

El polígono del área de estudio fue delimitado de la siguiente manera; al norte con la escuela CONALEP, al sur con el arroyo El Campillo, al oeste la línea de costa mientras que al este el límite fueron 500 metros a partir de la línea de costa. Lo anterior representa un polígono de 4682 metros de largo por 500 metros de ancho con un área de 234.1 ha.

5.2 Obtención de fotografías aéreas

Se recopilaron 5 fotografías aéreas blanco y negro correspondientes a los años 1979, 1980, 1993 y 1998 y una ortofoto (H11B12d) que corresponde a la carta H11B11 (1993) (Figuras 7 - 10) (Tabla I), las cuales se obtuvieron de los archivos de Geomática de la Facultad de Ciencias Marinas, UABC del Investigador del IIO Oscar Delgado González.

Tabla I. Características del material fotográfico utilizado en el estudio

Material	Fecha	Tipo	Escala	Fuente
Fotografía	Agosto 1979	B/N	1:80,000	DETENAL
Fotografía	Enero 1980	B/N	1:75,000	INEGI
Fotografía	Noviembre 1993	B/N	1:75,000	INEGI
Ortofoto	1993	B/N	1:100,000	INEGI
Fotografía	Octubre 1998	B/N	1:75,000	INEGI

5.2.1 Escaneo de las Fotografías Aéreas

Para obtener las fotografías aéreas en formato digital fue necesario escanearlas a una resolución de 300 puntos por pulgada (dpi por sus siglas en inglés).

5.3 Georeferenciación de fotografías aéreas

Una vez en formato digital, se llevo a cabo el proceso de georeferenciación empleando el programa ErMapper 6.3 (*Earth Resource Mapping Inc.*) mediante el asistente de codificación geografía *Geocoding Wizard*. Se utilizo la *Ortofoto* de 1993 corregida por INEGI de referencia debido a su alta resolución espacial y procesamientos previos; fue una corrección de tipo polinomial orden lineal. Se tomaron 25 puntos de control (Ground Control Point, GPC por sus siglas en ingles) en cada fotografía los cuales se seleccionaron a partir de puntos estables como cruces de caminos. Todas las rectificaciones se realizaron con base en el Datum Norteamericano de 1927 (NAD27) y la proyección utilizada fue Transversa de Mercator (UTM zona 11 Norte) basada en el elipsoide de Clarke 1866 y un sistema de coordenadas mE, mN. Para una mejor interpretación de los rasgos, se realizo un realce de la imagen, que se basa en la modificación de los histogramas de cada banda. Posteriormente se aplico un enmascarado (recorte en el histograma de cada banda para resaltar específicamente áreas de interés) con la finalidad de delimitar exclusivamente el área de estudio.

5.4 Elaboración de la Cartografía.

Para la caracterización de los usos de suelo fue obtenida mediante digitalización en pantalla con la técnica de fotointerpretación (Palacios, 2008), con este proceso se identifican objetos por su tonalidad, forma, tamaño, entre otras características. Para lograr esto se utilizó el programa ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006), la Tabla II muestra las clases de usos de suelo utilizados para la elaboración de los mapas a escala 1:5000 y su respectiva descripción.

Tabla II. Sistema de clasificación de uso de suelo para la playa municipal de Ensenada, escala 1:5000.

Clases de Vegetación y Uso de Suelo	Descripción
Vegetación Natural Primaria	Vegetación densa localizada al pie de la playa, de poca altura entre los 0.5m y los 2.0 m, donde dominan las especies arbustivas y deciduas.
Vegetación Natural Secundaria	Vegetación característica por arbustos siempre verdes esclerófilos de raíces profundas, hojas pequeñas y duras que soportan periodos de sequia extrema.
Vegetación Secundaria Perturbada	Zonas perturbadas o alteradas por la actividad del hombre, como son orillas de carreteras, parcelas abandonadas, comunidades en regeneración
Agrícola	Actividad relacionada con el aprovechamiento del suelo en especial para la actividad agrícola.

5.5 **Matriz de detección de cambios.**

Una vez obtenidos los mapas de uso de suelo se realiza el análisis espacial, este proceso comienza convirtiendo los mapas de formato vector a formato raster, posterior a esta etapa se llevo a cabo el análisis estadístico para cuantificar el cambio y al aplicación de modelos para estimar crecimiento.

Para detectar los cambios de uso de suelo se empleo el modulo de *Crosstab* del programa Idrisi 32 for Windows, el cual se basa en una tabulación cruzada o sobreposición del mapas entre el par de imágenes rasterizadas (1979 – 1998). Esto produce como resultado un mapa y una matriz que muestra las combinaciones de cambio de uso de suelo detectadas entre clases y la ubicación espacial del cambio; así como dos medidas de asociación entre los mapas (Bermúdez, 2004). La primera es el coeficiente de correlación de Cramer's V, el cual indica la relación entre dos variables categóricas. Si estas variables crecen o decrecen de forma simultánea y proporcional, se dice que están positivamente correlacionadas. Si una decrece en la misma proporción que la otra crece, están negativamente correlacionadas. Este coeficiente va de -1 a 1, donde una correlación positiva perfecta tiene un coeficiente mientras que para una correlación perfecta negativa es -1 (Eastman, 1995 en Bermúdez, 2004).

La segunda medida de asociación es el índice Kappa (Kappa Index of Agreement, **KIA** por sus siglas en ingles), parámetro estadístico que evalúa el grado de similitud entre los mapas, indicando si el cambio fue por casualidad o es real. El rango de valores de similitud es de -1 a 1. Si los mapas muestran similitud perfecta (no ocurrencia de cambio) el valor es 1. Si un mapa es completamente diferente del otro el índice es igual a -1. Mientras que el valor 0 indica que el cambio ocurrido entre los mapas fue casualidad (Eastman, 1995). Landis y Koch (1977) clasificaron los valores de este índice entre 0 y 1 en tres grupos, los KIA > 0.8 indican una similitud fuerte; valores entre 0.4 y 0.8 representan una similitud moderada; y valores < 0.4 representan una similitud pobre.

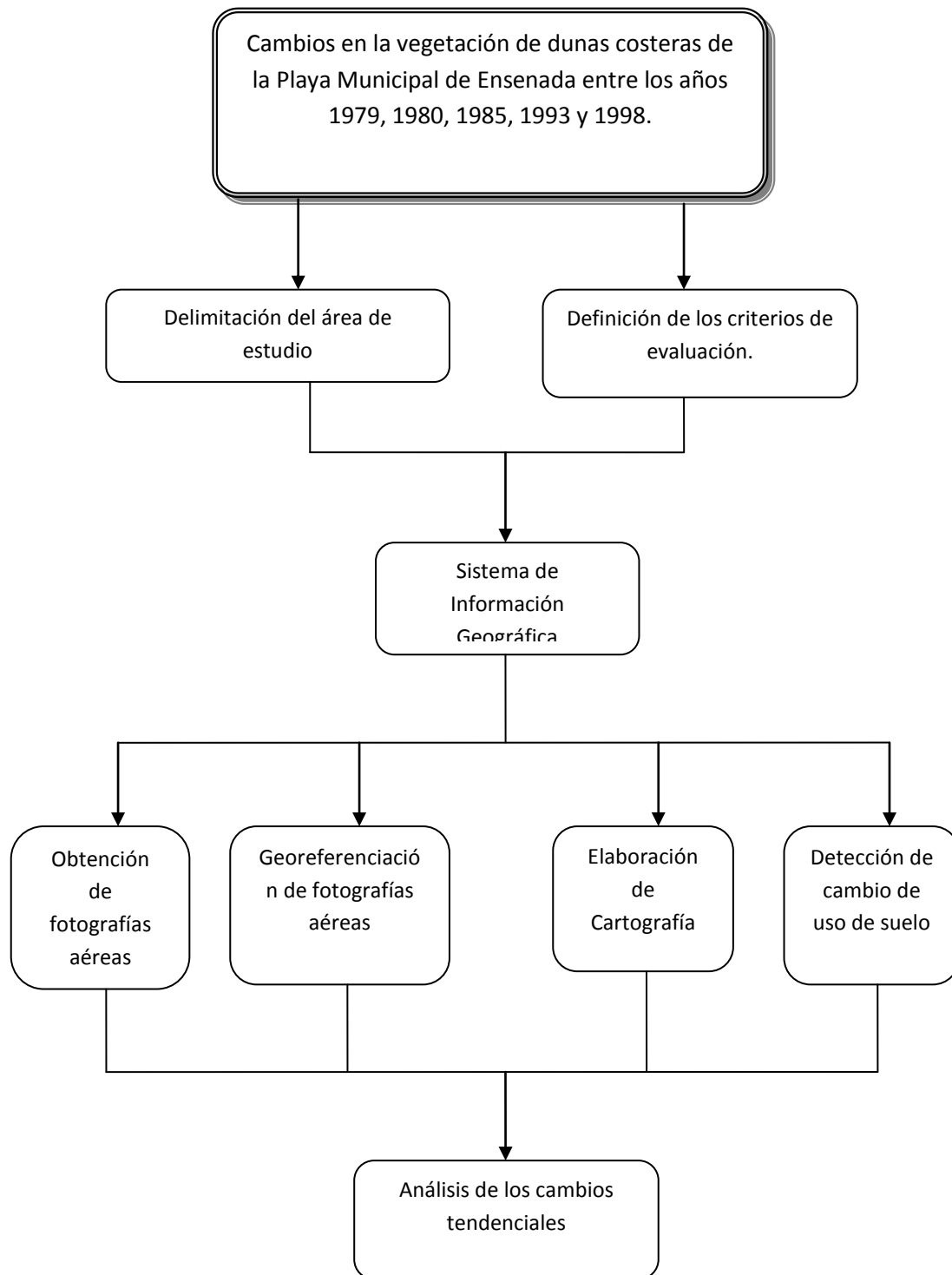


Figura 5. Marco metodológico.

6 RESULTADOS

6.1 Fotointerpretación

La escala de trabajo 1:5000 permitió detectar la disminución en la variación en las superficies ocupadas por los diferentes tipos de vegetación en el área de estudio. Los cambios solo fueron detectados cuando involucran cambios fuertes en la cobertura vegetal, por lo que otros tipos de cambios como aquellos que involucran cambios en la composición y en la densidad no son considerados debido principalmente al tipo de fotografías (Blanco y Negro) y a la escala de trabajo de las mismas.

Se identificaron cuatro clases de vegetación y uso de suelo las cuales fueron identificados por fotointerpretación. Los resultados obtenidos para la estimación de la cobertura por uso en hectáreas y en porcentaje respecto al total del área de estudio en los distintos años se muestran en la Tabla III y la tendencia de cambio de la cobertura por uso de uso en toda la serie de tiempo se muestra en la Figura 6.

Tabla III. Superficie en hectáreas y porcentaje con respecto al área total del polígono según clase de uso para la playa municipal de Ensenada (1:5000).

	1979	1980	1993	1998
USOS	Ha	Ha	Ha	Ha
Vegetación Natural Primaria (VNP)	41.98	28.9	19.69	14.6
Vegetación Natural Secundaria (VNS)	78.22	73.06	69.58	69.01
Vegetación Secundaria Perturbada (VSP)	38.33	14.31	15.5	10.49
Agrícola (A)	0	20.81	39.38	41.76
TOTAL	158.53	137.08	144.15	135.86

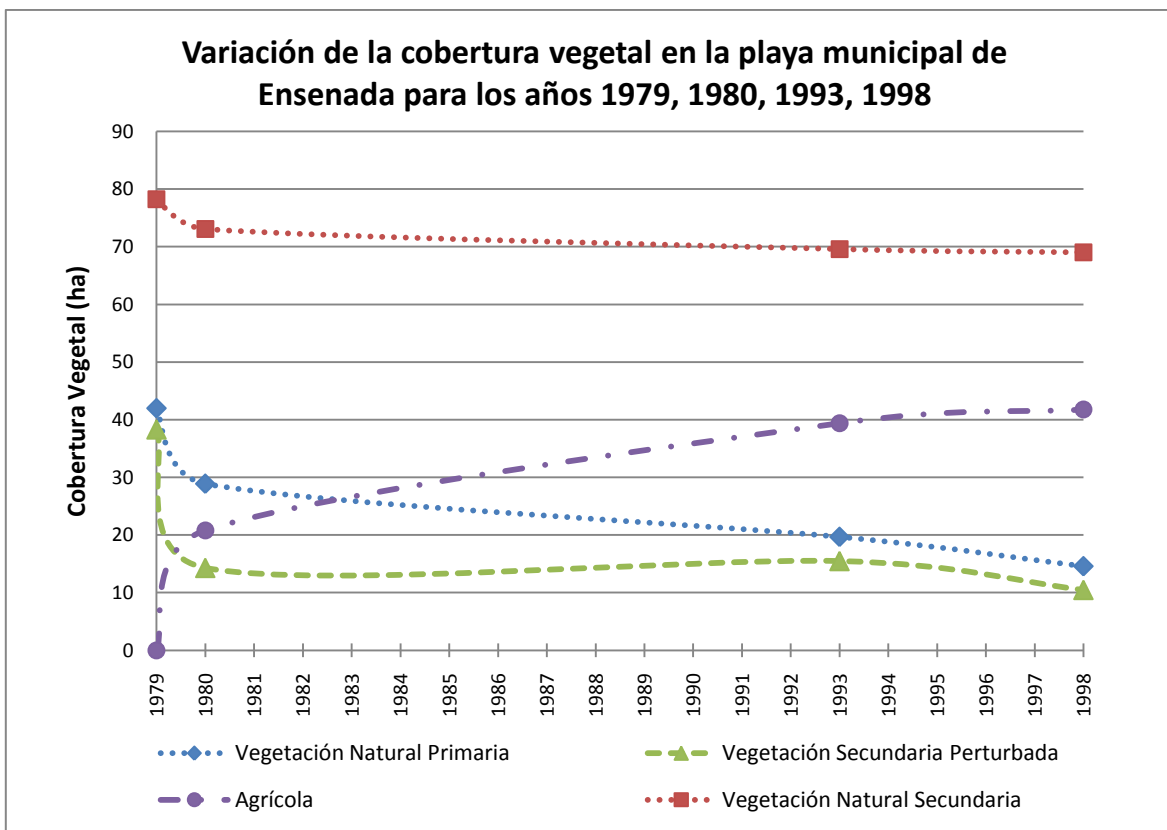


Figura 6. Tendencia de cambio de la cobertura vegetal en la playa municipal de Ensenada para el periodo 1979 – 1998.

Durante el periodo de estudio (1979 – 1998) la superficie vegetada disminuyó 22.67 has (Tabla III). Este cambio en cobertura vegetal ocupada por las cuatro clases de uso de suelo no se presentó de la misma forma, la vegetación natural primaria y la vegetación natural secundaria disminuyeron su superficie 27.38 ha y 9.21 ha respectivamente, la clase agrícola aumentó su cobertura 41.76 ha mientras que la vegetación secundaria perturbada presentó distintas variaciones a lo largo de todo el periodo estudiado (Figura 6).

En el año 1979 (Figura 7) no existen desarrollos urbanos próximos y solo se observan las principales calles de acceso de terracería para el ingreso a la playa, se observa que de las 158.53 ha con cobertura vegetal 41.98 ha corresponde a la vegetación natural primaria, 78.22 ha a vegetación natural secundaria, 38.33 ha a vegetación secundaria perturbada y no se encontraron zonas agrícolas (Tabla III).

Las áreas de ocupación por clase para 1980 (Figura 8), indican que el área ocupada por la vegetación natural primaria disminuyó 13.08 ha con respecto a 1979 principalmente en la zona norte desde la Lagunita el Ciprés hasta la playa donde

actualmente está el CONALEP, la vegetación natural secundaria aumento en la parte sur del polígono en donde se observaba ya cierta delimitación de calles en 1979 las cuales desaparecieron para 1980 sin embargo se redujo la cobertura en el resto del polígono, en total disminuyo 5.16 ha y el área de vegetación secundaria perturbada disminuyo considerablemente con 20.81 ha mientras que se encontraron 21.45 ha de zona agrícola (Tabla III) con respecto a 1979.

En la Figura 9 se representa el año de 1993 y contrastando esta imagen con la del año 1979 se observa una disminución en la cobertura vegetal en el campo de dunas para la clase vegetación natural primaria de 22.29 ha y la vegetación natural secundaria de 8.64 ha, principalmente en la parte norte del polígono donde se percibe un aumento en urbanización debido a la construcción del CONALEP en la zona norte y la construcción del fraccionamiento Playas de Chapultepec en la zona sur, así como un incremento de veredas adyacentes que pasa desde la Lagunita el Ciprés hasta el extremo sur. Por otra parte la vegetación secundaria perturbada presentó una disminución de 22.83 ha con respecto a 1979 sin embargo comparando esta clase con 1980 aumento 1.19 ha y el uso agrícola continua con un aumento de 18.57 ha (Tabla III) con respecto a 1980.

En el año 1998 (Figura 10) es evidente la disminución de la cobertura vegetal en los extremos norte y sur del polígono. En esta fotografía se observa el marcado crecimiento de la mancha urbana en la zona noroeste, asociado a la construcción del nuevo fraccionamiento residencial Loma Dorada y en la parte sur asociado al crecimiento de la Colonia Nueva España y del Fraccionamiento Playa de Chapultepec así un aumento en el numero de veredas en cerca la Lagunita el Ciprés. Mientras que las zonas agrícolas continúan aumentando pero a menor escala que en años anteriores con únicamente 2.38 ha con respecto a 1993 y 41.76 ha con respecto a 1979.

En resumen durante el periodo de evaluación (1979 – 1998) de este trabajo la playa municipal de Ensenada presenta cambios considerables en la cobertura vegetal se observa que la tendencia de la vegetación natural primaria es de una drástica disminución, la vegetación natural secundaria también disminuye su cobertura pero en menor magnitud y la vegetación secundaria perturbada presento distintas variaciones a lo largo del periodo mientras que el comportamiento del uso agrícola es inverso y por lo tanto va en aumento.

COBERTURA VEGETAL 1979 PLAYA MUNICIPAL ENSENADA

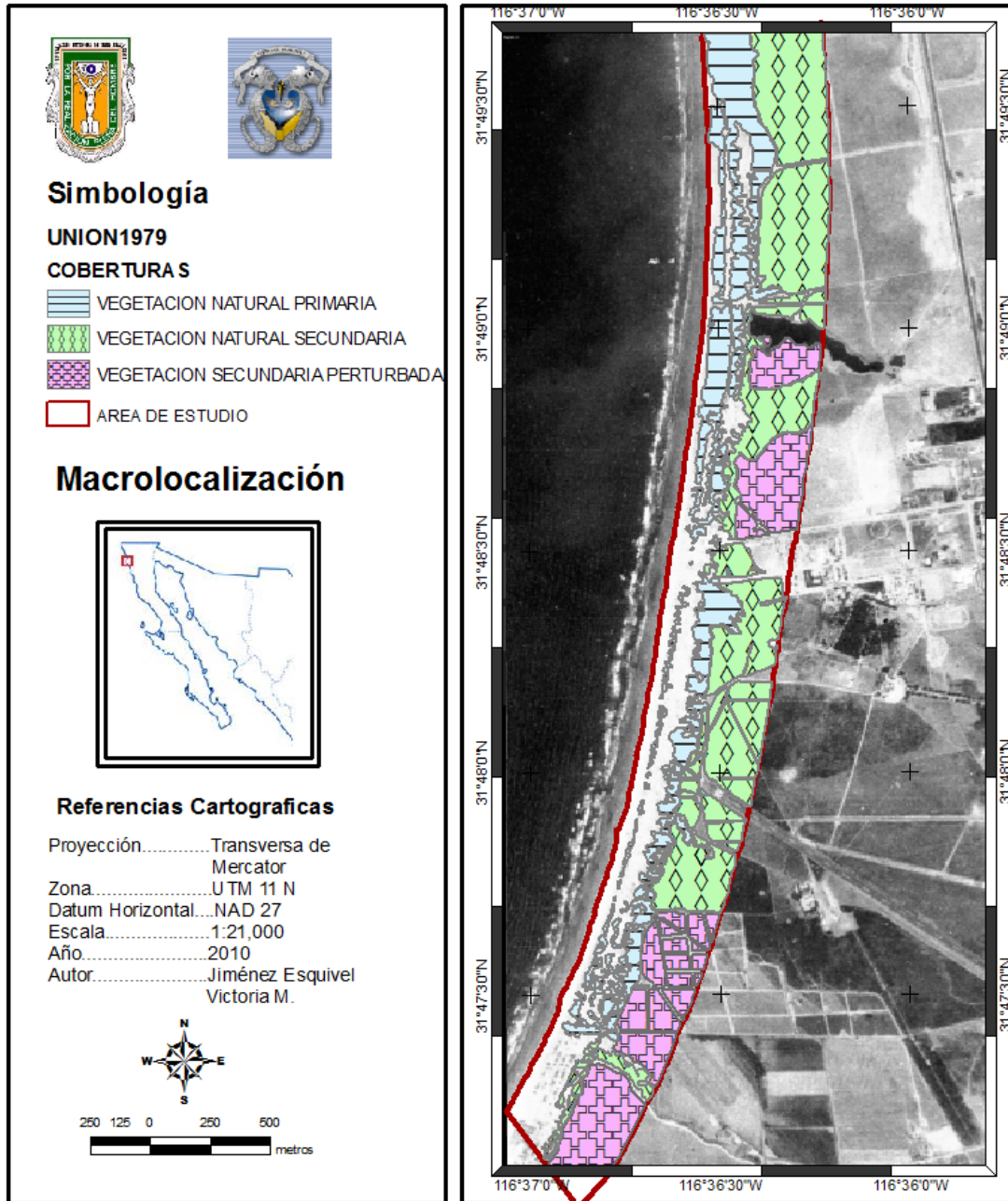


Figura 7. Cobertura vegetal para 1979 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.

COBERTURA VEGETAL 1980 PLAYA MUNICIPAL ENSENADA

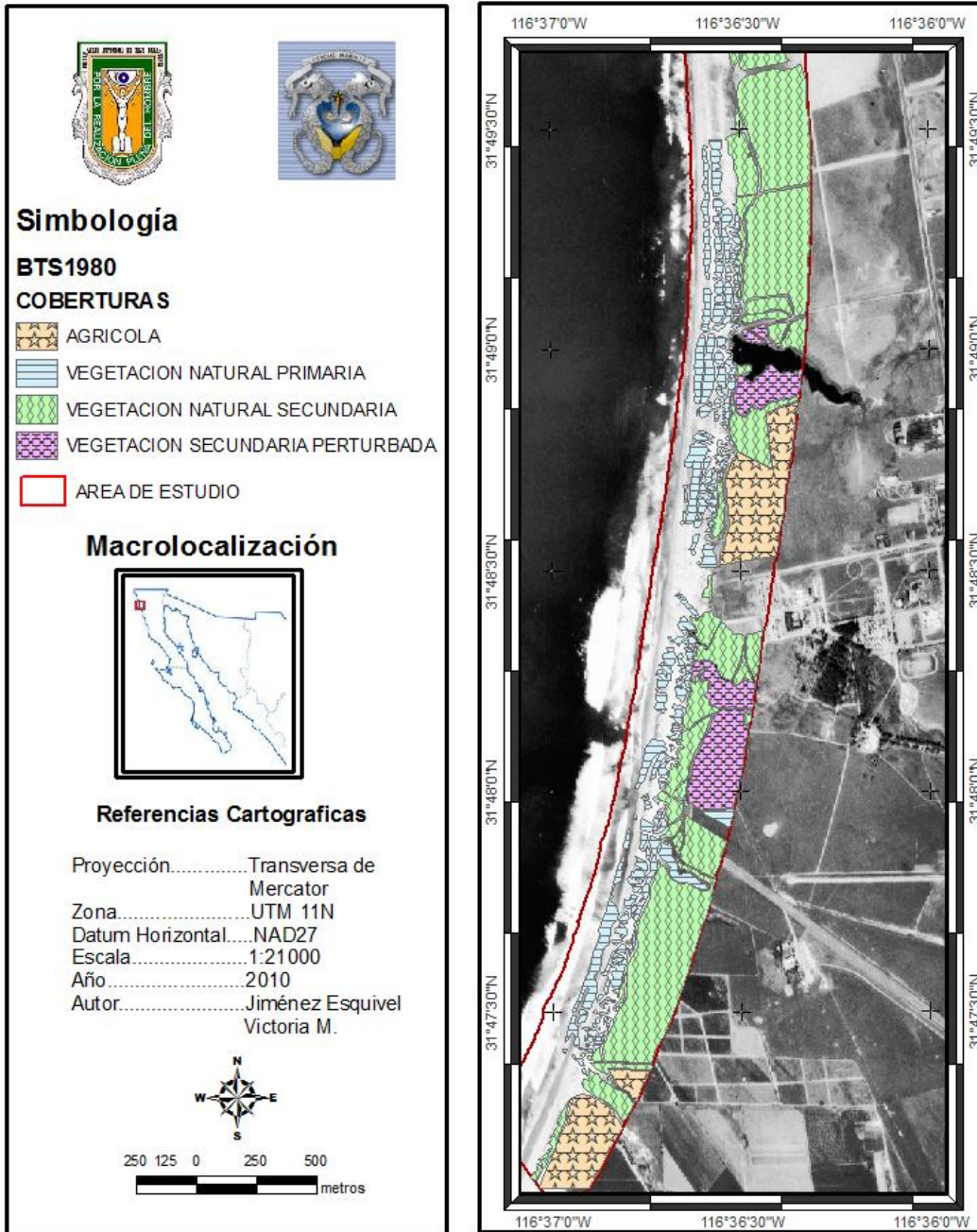


Figura 8. Cobertura vegetal para 1980 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.

COBERTURA VEGETAL 1993 PLAYA MUNICIPAL ENSENADA

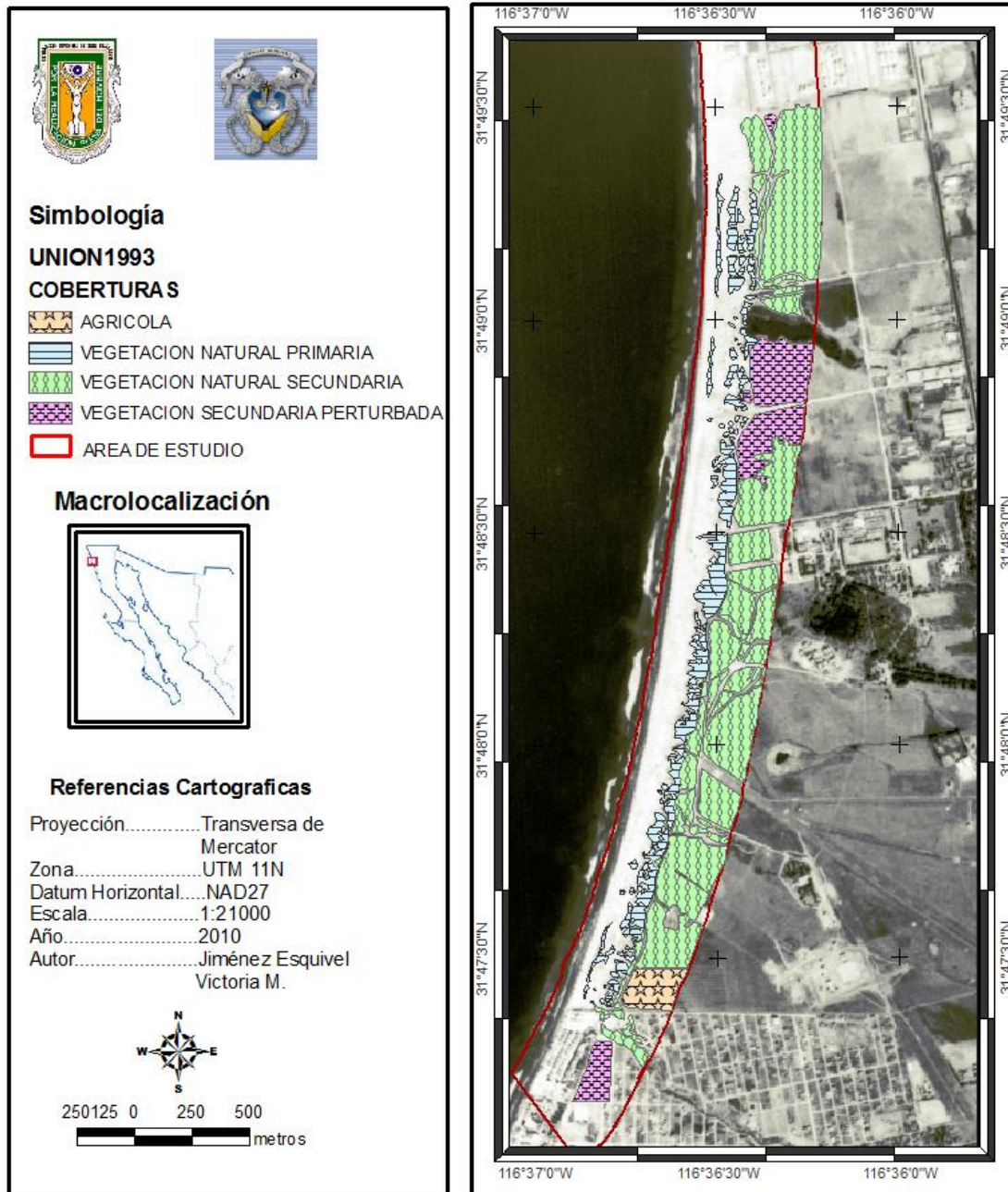


Figura 9. Cobertura vegetal para 1993 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.

COBERTURA VEGETAL 1998 PLAYA MUNICIPAL ENSENADA

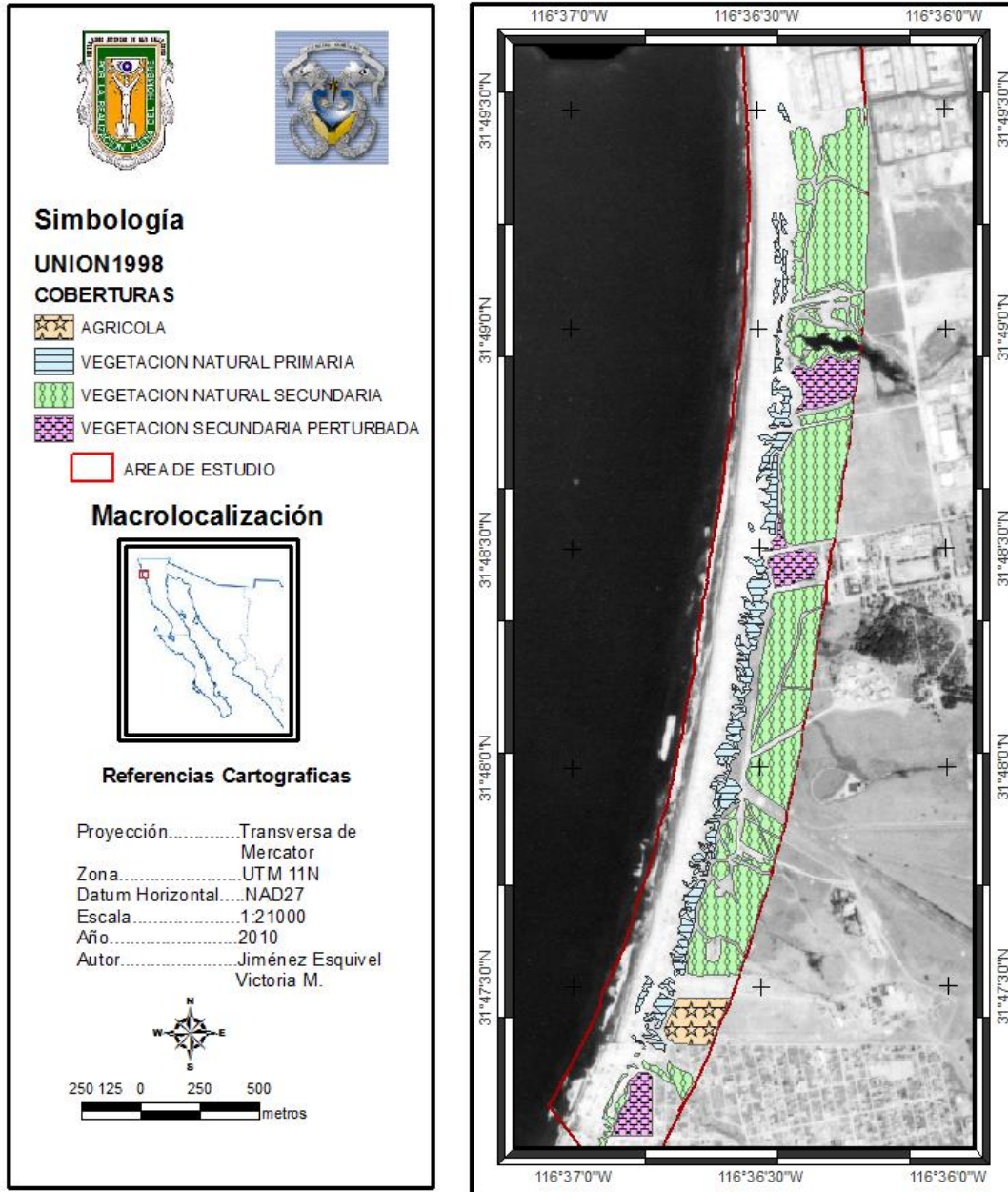


Figura 10. Cobertura vegetal para 1998 en la Playa Municipal de Ensenada, Baja California.

6.2 Matriz de detección de cambios

Los resultados de los cambios de uso de suelo entre las clases se pueden observar en las matrices de detección de cambio (Tablas IV – VII), estas matrices nos indican todas las posibles combinaciones entre las diferentes clases para los años evaluados. Los renglones representan la fecha reciente y las columnas la fecha anterior. A si mismo las matrices de detección de cambio generaron el Índice Kappa (KIA).

Tabla IV. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1979 y 1980, en hectáreas.
1979 (ha)

		S/C	VNP	VNS	VSP	TOTAL
1980 (ha)	S/C	384.89	24.88	16.01	4.56	430.34
	VNP	11.53	13.14	3.81	0.42	28.90
	VNS	9.10	3.96	46.41	13.59	73.06
	VSP	1.87	0.00	9.42	3.03	14.31
	A	1.52	0.00	2.56	16.73	20.81
	TOTAL	408.89	41.98	78.22	38.33	567.41

Índice Kappa: 0.5086

S/C: Sin Clasificar, VP: Vegetación Primaria, VS: Vegetación Secundaria, NV: Natural con Vegetación, A: Agrícola.

Tabla V. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1980 y 1993, en hectáreas.
1980 (ha)

		S/C	VNP	VNS	VSP	A	TOTAL
1993 (ha)	S/C	412.34	18.37	19.83	1.74	6.43	458.71
	VNP	8.14	8.96	2.59	0.00	0.00	19.69
	VNS	8.65	1.54	43.66	9.24	6.49	69.58
	VSP	1.16	0.03	3.08	3.33	7.90	15.50
	A	0.05	0.00	3.89	0.00	0.00	3.94
	TOTAL	430.34	28.90	73.06	14.31	20.81	567.41

Índice Kappa: 0.2319

S/C: Sin Clasificar, VP: Vegetación Primaria, VS: Vegetación Secundaria, NV: Natural con Vegetación, A: Agrícola.

Tabla VI. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1993 y 1998, en hectárea
1993 (ha)

		S/C	VNP	VNS	VSP	A	TOTAL
1998 (ha)	S/C	442.59	10.11	14.17	2.14	0.13	469.14
	VNP	4.58	8.56	1.40	0.06	0.00	14.60
	VNS	10.17	0.99	51.80	6.05	0.00	69.01
	VSP	1.00	0.03	2.20	7.25	0.00	10.49
	A	0.37	0.00	0.00	0.00	3.80	4.18
	TOTAL	458.71	19.69	69.58	15.50	3.94	567.41

Índice kappa: 0.7015

S/C: Sin Clasificar, VP: Vegetación Primaria, VS: Vegetación Secundaria, NV: Natural con Vegetación, A: Agrícola.

Tabla VII. Matriz de detección de cambio para los mapas de uso de 1979 y 1998, en hectárea.
1979 (ha)

		S/C	VNP	VNS	VSP	TOTAL
1998 (ha)	S/C	393.82	33.26	29.70	12.36	469.14
	VNP	3.43	6.09	4.25	0.83	14.60
	VNS	9.75	2.62	40.85	15.80	69.01
	VSP	1.38	0.01	3.42	5.69	10.49
	A	0.52	0.00	0.00	3.66	4.18
	TOTAL	408.89	41.98	78.22	38.33	567.41

Índice kappa: 0.4452

S/C: Sin Clasificar, VP: Vegetación Primaria, VS: Vegetación Secundaria, NV: Natural con Vegetación, A: Agrícola.

Se obtuvieron valores KIA de 0.5086, 0.7015, 0.4452 para las comparaciones 1979-1980, 1993-1998 y 1979-1998 respectivamente (Tablas IV, VI, VII) lo que representan un grado de similitud moderado. Mientras que para la comparación 1980-1993 se obtuvo un valor de KIA de 0.2319 (Tabla V) lo cual indica una similitud pobre entre los dos mapas de acuerdo con la clasificación de Landis y Koch 1977.

De la matriz de detección de cambio, se obtuvieron los valores de cambio neto, de perdida y de incorporación por clase de uso de suelo, donde se encontró el siguiente comportamiento durante el periodo de evaluación.

Tabla VIII. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1979 y 1980 (ha).

USO	CAMBIO NETO	PERDIDA	INCORPORACION	SIN CAMBIO
VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA	-13.08	-28.84	15.76	13.14
VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA	10.85	-15.79	26.65	46.41
VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA	-19.46	-30.74	11.29	3.03
AGRICOLA	20.81	0.00	20.81	20.81

VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA: de las 41.98 ha encontradas en 1979, para 1980 únicamente 13.14 ha se mantuvieron sin cambio mientras que se perdieron 28.84 ha de las cuales 3.96 ha cambiaron a vegetación natural secundaria. Por otra parte a esta clase se incorporaron 15.76 ha; de estas 3.81 ha provienen de la vegetación natural secundaria y 0.42 ha fueron de vegetación secundaria perturbada (Tablas IV y VIII) (Figura 11).

VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA: en 1979 se encontraron 78.22 ha, de estas, en 1980, se mantuvieron sin cambio 46.41 ha mientras que se perdieron 15.79 ha de las cuales 3.81 ha cambiaron a vegetación natural primaria, 9.42 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada y 2.56 ha cambiaron a agrícola. Por otra parte a esta clase en 1980 se incorporaron 26.65 ha; de las cuales 3.96 ha provienen de la vegetación natural primaria y 13.59 ha provienen de vegetación secundaria perturbada (Tablas IV y VIII) (Figura 11).

VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA: en 1979 se encontraron 38.33 ha, para 1980 se mantuvieron sin cambio 3.03 ha mientras que se perdieron 30.74 ha de las cuales 0.42 ha cambiaron a vegetación natural primaria, 13.59 ha cambiaron a vegetación natural secundaria y 16.73 ha cambiaron a agrícola. Por otra parte a esta clase se incorporaron 11.29 ha; de estas 9.42 ha provienen de la vegetación natural secundaria (Tablas IV y VIII) (Figura 11).

AGRICOLA: en 1979 no hubo ningún área agrícola para esta escala de trabajo mientras que en 1980 se encontraron 20.81 ha de las cuales 2.56 ha provienen de la vegetación primaria y 16.76 ha provienen de natural con vegetación (Tablas IV y VIII) (Figura 11).

Figura 11. Cambio de uso de suelo en el periodo 1979 y 1980, según clase.

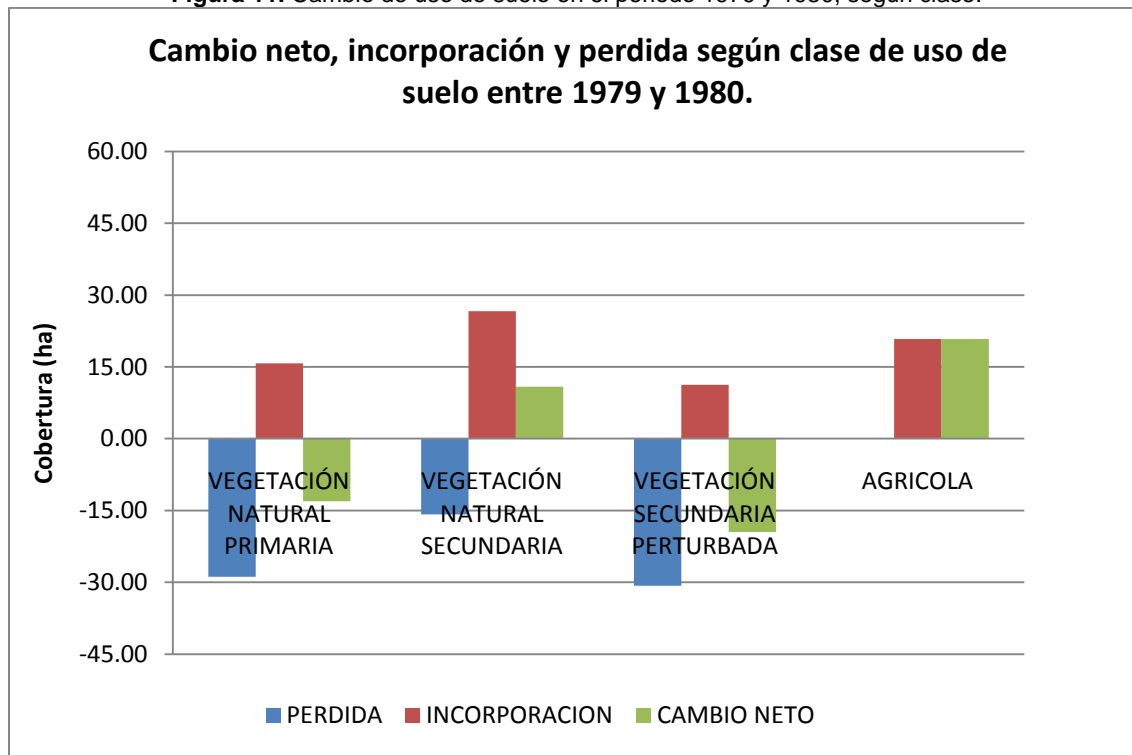


Tabla IX. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1980 y 1993 (ha).

USO	CAMBIO NETO	PERDIDA	INCORPORACION	SIN CAMBIO
VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA	-9.21	-19.94	10.73	8.96
VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA	-3.48	-29.39	25.92	43.66
VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA	1.19	-10.98	12.17	3.33
AGRICOLA	-16.87	-20.81	3.94	0.00

VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA: de las 28.90 ha encontradas en 1980 para 1993 únicamente 8.96 ha se mantuvieron sin cambio mientras que se perdieron 19.94 ha de las cuales 1.54 ha cambiaron a vegetación natural secundaria y 0.03 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada. Por otra parte a esta clase se incorporaron 10.73 ha; de estas 2.59 ha provienen de la vegetación natural secundaria (Tablas V y IX) (Figura 12).

VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA: en 1980 se encontraron 73.06 ha, para 1993 se mantuvieron sin cambio 43.66 ha mientras que se perdieron 29.39 ha de las cuales 2.59 ha cambiaron a vegetación natural primaria, 3.08 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada y 3.89 ha cambiaron a agrícola. Por otra parte a esta clase se incorporaron 25.92 ha; de estas 1.54 ha provienen de la vegetación natural primaria, 9.24 ha provienen de vegetación secundaria perturbada y 6.49 ha provienen de agrícola (Tablas V y IX) (Figura 12).

VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA: en 1980 se encontraron 14.31 ha, para 1993 se mantuvieron sin cambio 3.33 ha mientras que se perdieron 10.98 ha de las cuales 9.24 ha cambiaron a vegetación natural secundaria. Por otra parte a esta clase se incorporaron 12.17 ha; de estas 0.03 ha provenían de la vegetación natural primaria, 3.08 ha provienen de la vegetación natural secundaria y 7.90 ha provienen de agrícola (Tablas V y IX) (Figura 12).

AGRICOLA: en 1980 se encontraron 20.81 ha, para 1993 no se mantuvo ninguna hectárea sin cambio mientras que se perdieron 20.81 ha de las cuales 6.49 ha cambiaron a vegetación secundaria y 7.90 ha cambiaron a natural con vegetación. Por otra parte a esta clase se incorporaron 3.94 ha; de estas 3.89 ha provienen de la vegetación secundaria (Tablas V y IX) (Figura 12).

Figura 12. Cambio de uso de suelo en el periodo 1980 y 1993, según clase.

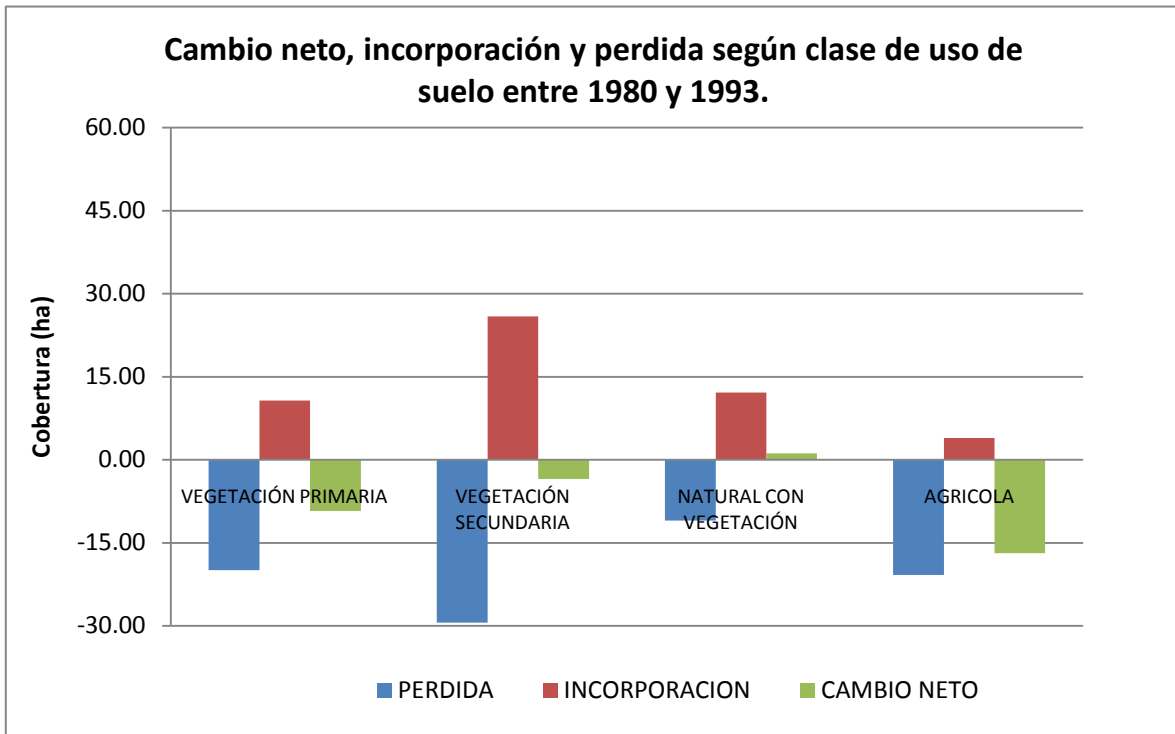


Tabla X. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1993 y 1998 (ha).

USO	CAMBIO NETO	PERDIDA	INCORPORACION	SIN CAMBIO
VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA	-5.09	-11.12	6.04	8.56
VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA	-0.57	-17.78	17.21	51.80
VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA	-5.01	-8.25	3.24	7.25
AGRICOLA	0.24	-0.13	0.37	3.80

VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA: en 1993 se encontraron 19.69 ha, para 1998 8.56 ha se mantuvieron sin cambio mientras que se perdieron 11.12 ha de las cuales 0.99 ha cambiaron a vegetación natural secundaria y 0.03 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada. Por otra parte a esta clase se incorporaron 6.04 ha; de estas 1.40 ha provienen de la vegetación natural secundaria y 0.06 provienen de vegetación secundaria perturbada (Tablas VI y X) (Figura 13).

VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA: en 1993 se encontraron 69.58 ha, para 1998 se mantuvieron sin cambio 51.80 ha mientras que se perdieron 17.78 ha de las cuales 1.40 ha cambiaron a vegetación natural primaria y 2.20 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada. Por otra parte a esta clase se incorporaron 17.21 ha; de estas 0.99 ha provienen de la vegetación natural primaria y 6.05 ha provienen de vegetación secundaria perturbada (Tablas VI y X) (Figura 13).

VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA: en 1993 se 15.50 ha, para 1998 se mantuvieron sin cambio 7.25 ha mientras que se perdieron 8.25 ha de las cuales 0.06 ha cambiaron a vegetación natural primaria y 6.05 ha cambiaron a vegetación natural secundaria. Por otra parte a esta clase se incorporaron 3.24 ha; de estas 0.03 ha provienen de la vegetación natural primaria y 2.20 ha provienen de la vegetación natural secundaria. (Tablas VI y X) (Figura 13).

AGRICOLA: en 1993 se encontraron 3.94 ha, para 1998 se mantuvieron sin cambio 3.80 ha mientras que se perdieron 0.13 ha las cuales cambiaron a zonas sin clasificar. Por otra parte a esta clase se incorporaron 0.37 ha; provenientes de zonas sin clasificar (S/C) (Tablas VI y X) (Figura 13).

Figura 13. Cambio de uso de suelo en el periodo 1993 y 1998, según clase.

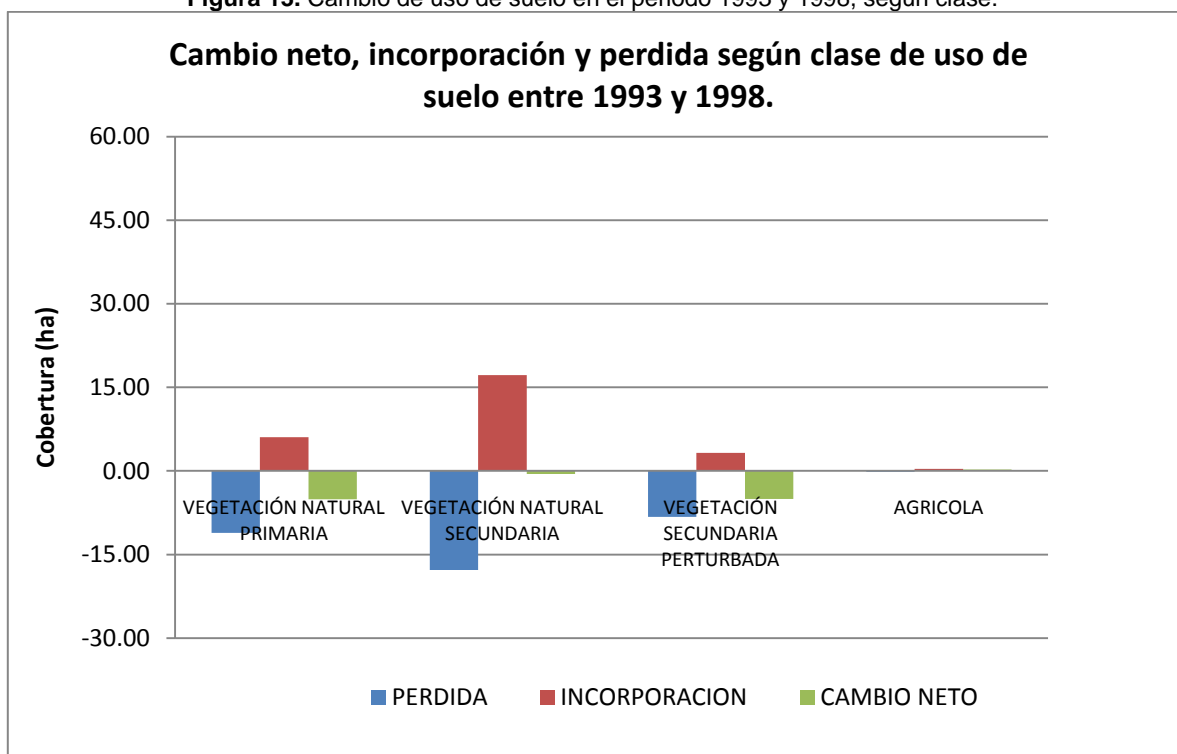


Tabla XI. Cambio neto, incorporación y pérdida según clase de uso de suelo en la playa municipal de Ensenada entre 1979 y 1998 (ha).

USO	CAMBIO NETO	PERDIDA	INCORPORACION	SIN CAMBIO
VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA	-27.38	-35.88	8.51	6.09
VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA	-9.20	-37.36	28.16	40.85
VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA	-27.84	-32.64	4.80	5.69
AGRICOLA	4.18	0.00	4.18	4.18

VEGETACIÓN NATURAL PRIMARIA: de las 41.98 ha encontradas en 1979 para 1998 únicamente 6.09 ha se mantuvieron sin cambio mientras que se perdieron 35.88 ha de las cuales 2.62 ha cambiaron a vegetación natural secundaria y 0.01 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada. Por otra parte a esta clase se incorporaron 8.51 ha; de estas 4.25 ha provienen de la vegetación natural secundaria y 0.83 provienen de vegetación secundaria perturbada (Tablas VII y XI) (Figura 14).

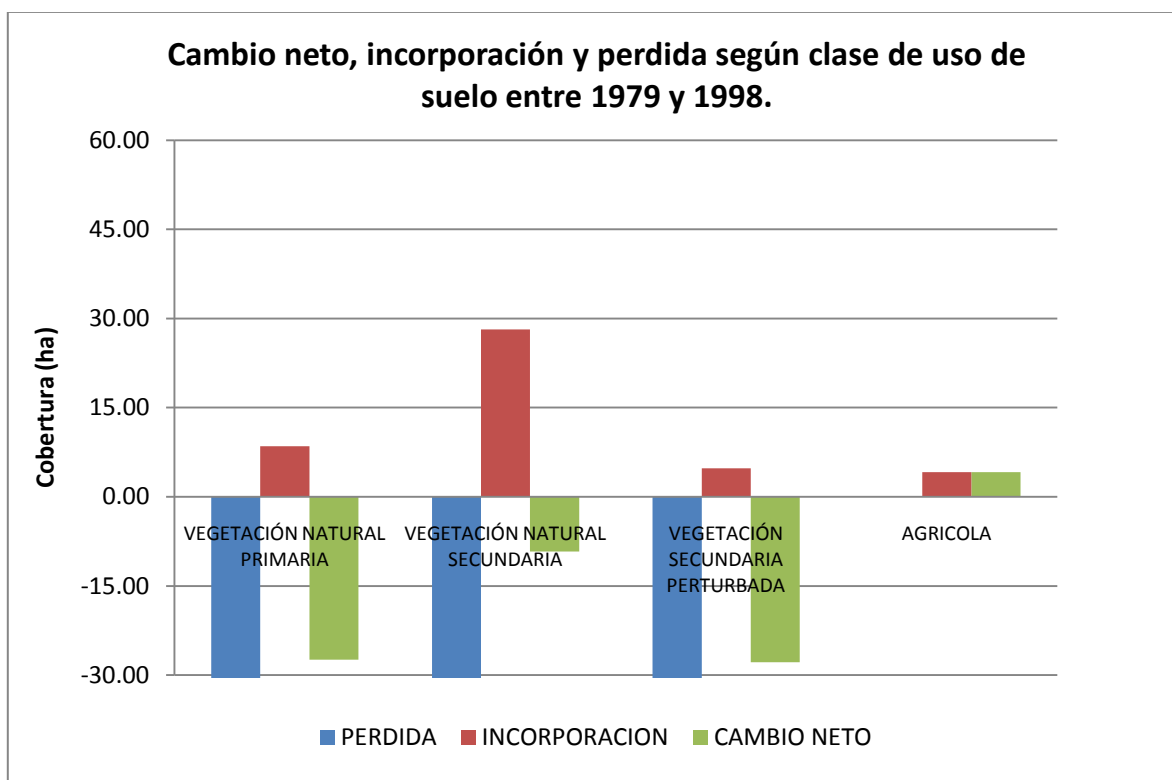
VEGETACIÓN NATURAL SECUNDARIA: en 1979 se encontraron 78.22 ha, para 1998 se mantuvieron sin cambio 40.85 ha mientras que se perdieron 37.36 ha de las cuales 4.25 ha cambiaron a vegetación natural primaria y 3.42 ha cambiaron a vegetación secundaria perturbada. Por otra parte a esta clase se incorporaron 28.16 ha; de estas 2.62 ha provienen de la vegetación natural primaria y 15.80 ha provienen de vegetación secundaria perturbada (Tablas VII y XI) (Figura 14).

VEGETACIÓN SECUNDARIA PERTURBADA: en 1979 se encontraron 38.33 ha, para 1998 se mantuvieron sin cambio 5.69 ha mientras que se perdieron 32.64 ha de las cuales 0.83 ha cambiaron a vegetación natural primaria, 15.80 ha cambiaron a vegetación natural secundaria 3.66 ha cambiaron a agrícola. Por otra parte a esta clase se

incorporaron 4.80 ha; de estas 0.01 ha provienen de vegetación natural primaria y 3.42 ha provienen de la vegetación natural secundaria (Tablas VII y XI) (Figura 14).

AGRICOLA: en 1979 no se encontraron zonas de uso agrícola mientras que para 1998 se encontraron 4.18 ha de este uso de las cuales 3.66 ha provienen del uso vegetación secundaria perturbada (Tablas VII y XI) (Figura 14).

Figura 14. Cambio de uso de suelo en el periodo 1979 y 1998, según clase.



7 DISCUSIONES

Con esta técnica de extracción de información, es posible obtener de una manera sistemática los cambios que ocurren entre las dos fechas empleadas para comparar y evaluar el cambio de uso de suelo (Bermúdez, 2004).

El uso de un SIG facilitó el trabajo en cuanto a velocidad, exactitud, manejo de base de datos y despliegue de resultados. Esta técnica permite añadir como una capa las fotografías aéreas las cuales son básicas para la definición del uso del suelo. El programa ArcGIS 9.2 generó los mapas de cobertura vegetal. Del mismo modo el uso de esta herramienta nos permitirá actualizar los datos en el futuro y obtener nuevos resultados.

Se eligió una escala de trabajo 1:5000 por permitir un análisis a nivel local, además de que a una escala mayor se presenta cierta distorsión haciendo más complicado la identificación de las clases de vegetación y uso. Debido a que las fotografías aéreas son en blanco y negro se dificultó en algunos casos la interpretación ya que las tonalidades de grises no permiten realizar una clara distinción entre zonas con vegetación, aun si el uso de fotografías aéreas permite diferenciar un mayor número de clases debido a que tienen mejor detalle como lo demuestra Palacios (2006, en Palacios, 2008).

Para minimizar el problema, se cambiaron los valores digitales en las zonas de interés para que las variaciones en los tonos resultantes pudieran facilitar las diferencias en la vegetación; sin embargo, no fue posible usar la fotografía obtenida para 1985 puesto que la calidad de la imagen no permitió obtener datos confiables.

Con los mapas de uso de suelo generados es posible evaluar de manera sencilla y eficaz los diferentes elementos de cambio, los cuales pueden ser identificados espacialmente y reevaluados con la combinación de diversas variables cuantitativas para una mejor identificación de cambios. (Bermúdez, 2004)

Es importante presentar un análisis del comportamiento de la precipitación para el área, por un lado para visualizar los diferentes ciclos de húmedas y sequía que se han presentado a través de los años. Además, como una herramienta para definir cuáles fueron las condiciones de humedad presentes en los años en que fueron tomadas las imágenes que han sido utilizadas en el presente trabajo (Yanes, 1999).

El cambio en la cobertura vegetal más drástico para todas las clases ocurre entre 1979 y 1980, esto podría deberse a un evento Niño ocurrido entre 1977 y 1978 el cual provocó un aumento en la vegetación de la zona debido al incremento en la precipitación invernal en Ensenada como se puede observar en la Figura 15 para finales de 1979 podemos suponer que la vegetación regreso a su densidad normal de acuerdo con Ferreyra (1993) quien demostró que la mayor disponibilidad de recurso hídrico favorece un amplio desarrollo de las especies vegetales y que las variaciones asociadas a un evento muy fuerte como El Niño de 1982 – 1983 pueden durar más de un año antes de que se restituya la vegetación normal. Así mismo Erdmann *et al* (2008) demostraron una conexión entre eventos de El Niño y la variación en la vegetación del desierto de Sechura, Perú encontrando que la humedad en los eventos de El Niño estimuló una germinación masiva de las semillas, provocando una mayor floración, seguida por un incremento en los bancos de semillas de las plantas anuales y perennes, sin embargo a finales de 1998 algunas especies comenzaron disminuir su cobertura.

Tabla XII. Registros de los fenómenos El Niño y La Niña para el periodo de estudio así como la intensidad (Null, 2007).

AÑO	EVENTO	AÑO	EVENTO
1977 - 1978	El Niño	1991 - 1992	Fuerte el Niño
1982 - 1983	Fuerte el Niño	1992 - 1993	El Niño
1987 - 1988	El Niño	1994 – 1995	El Niño
1988 - 1989	Fuerte La Niña	1997 - 1998	Fuerte El Niño

Por otra parte de 1979 a 1980 el uso agrícola tuvo un comportamiento inverso, aumentando su cobertura, debido a que sustituyó las zonas que antes eran ocupadas por la vegetación natural secundaria y vegetación secundaria perturbada. La producción agrícola en el municipio es de riego y de temporal, la mayor parte se genera en el ciclo otoño-invierno, y un ciclo de menor importancia primavera-verano (Bermúdez, 2004), esto también podría explicar el aumento tan drástico del uso agrícola en tan solo un año, ya que la fotografía de 1979 fue tomada en durante el mes de Agosto (Tabla I) el cual no se encuentra dentro del ciclo de producción agrícola mientras que la fotografía de 1980 fue

tomada en el mes de Noviembre el cual está dentro del principal ciclo de producción agrícola de la zona.

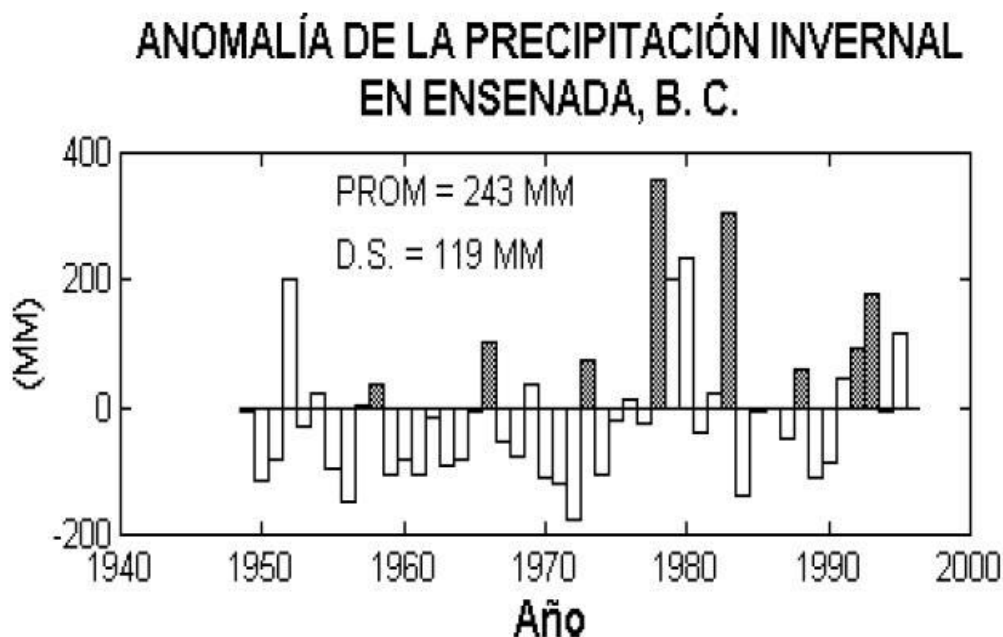


Figura 15. Precipitación invernal de 1948 a 1995 en Ensenada, BC. Las áreas sombreadas indican los inviernos ENOS (Reyes y Troncoso, 2001).

Posteriormente en el periodo 1980 – 1993 la vegetación natural primaria disminuyó 9.21 ha y vegetación natural secundaria disminuyó 3.48 ha durante todos estos años, entre tanto que la vegetación secundaria perturbada y el uso agrícola aumentaron su cobertura en 1.19 ha y 18.57 ha respectivamente (Tabla IX), durante estos años se presentaron dos eventos Niño catalogados como Fuertes uno entre 1982 – 1983 y otro entre 1991 – 1992 (Tabla XII) (Figura 15) con esto podríamos suponer que existiría nuevamente un aumento en la cobertura vegetal, sin embargo no es posible asegurarlo ya que no se conto con fotografías intermedias dentro del período 1980 – 1993 y de acuerdo con Erdmann *et al* (2008) el rápido aumento en la cobertura vegetal ocurre únicamente en la fase inicial después del Niño. Por otra parte durante 1988 – 1989 se presento un evento La Niña Fuerte (Tabla XII) (Figura 15) el cual trae como consecuencia sequias en la zona y por lo tanto produce una disminución de la cobertura vegetal. Conjuntando esto es posible explicar la poca disminución en la cobertura vegetal natural primaria y vegetal natural secundaria durante un periodo tan largo.

Igualmente hay que señalar un aumento en la urbanización para 1993 como se observa en la Figura 9, este aumento ocurre principalmente en la zona norte del área de estudio donde se localiza el CONALEP así como la parte sur donde se creó el fraccionamiento Playas de Chapultepec. Márquez (2008) asegura que la vegetación distribuida a lo largo de la costa sufre una disminución en su tasa de cambio debida al incremento de proyectos de desarrollo turístico costeros, asentamientos humanos mal planeados y en franco crecimiento. Caso similar ocurre en la zona costera de Ensenada en donde la tasa de crecimiento poblacional ha ido en aumento; durante la década de los 80's la tasa de crecimiento anual era de 4.1 % mientras que durante 1995 – 1998 esta tasa se incremento a 4.4 %, aunado a esto se observo un decremento en la tasa de mortalidad durante el periodo de 1990 – 1995 lo que contribuyo a un incremento natural de la población en el municipio (SEMARNAT, 2006) y esto trae como consecuencia el aumento en la urbanización como se señalo anteriormente.

El aumento en la cobertura vegetal secundaria perturbada es fácilmente explicable tomando en cuenta el incremento de la mancha urbana durante esta época así como la definición de vegetación secundaria perturbada donde nos referimos a todas las zonas alteradas de alguna manera por el hombre (Tabla II), al existir un aumento poblacional y de desarrollos urbanos en la costa también existirá mayor daño en la cobertura vegetal natural secundaria la cual cambiara a vegetación secundaria perturbada para el final de este periodo. Por lo tanto, al existir un aumento de la población la demanda alimenticias aumentan y es por esto que la cobertura del uso agrícola también se incremento durante este periodo.

Finalmente para el periodo entre 1993 – 1998 se presenta una disminución de la vegetación natural primaria y vegetación secundaria perturbada prácticamente paralela (Figura 6) de aproximadamente 5 ha en ambos casos mientras que la vegetación natural secundaria únicamente aumento 0.57 ha (Tabla III), sin embargo este evento no se debe al nivel de precipitaciones ocurridas en esos años ya que de acuerdo a la Tabla XII desde 1991 hasta 1998 se presentaron eventos Niño en distintas intensidades y aun así la cobertura vegetal disminuyó, lo que nos hace suponer se debe al tráfico peatonal y vehicular en la zona, al incremento en las veredas y caminos así como la creación de fraccionamientos al sur del polígono (Figura 10).

La disminución de la cobertura vegetal también puede ser explicada debido a que estos tipos de vegetación se incendian de manera natural y al incendiarse generalmente son ocupadas para sembrar cultivos temporales (Ojeda, 2000), esto explicaría el aumento del uso agrícola en el periodo de 1993 – 1998 que se observa en la Figura 6. Otro posible causa del incremento agrícola se puede deber al programa Alianza para el Campo de Baja California creado en 1996, que contribuyo a que fueran habilitados y rehabilitados pozos para riego en la zona, con lo que se dio un incentivo y por consiguiente un incremento en las áreas de cultivo (Bermúdez, 2004).

La variación de la cobertura entre los años de estudio prácticamente fue constante ya que los valores KIA para tres de las comparaciones se encontraron dentro del mismo rango, donde para la primer comparación, 1979 – 1980, se obtuvo un valor de 0.5086 (Tabla IV); para 1993 -1998 se obtuvo un valor de 0.7015 (Tabla VI) y en la comparación final, la cual abarca todo el periodo de evaluación se obtuvo un valor de KIA de 0.4452 (Tabla VII) lo cual de acuerdo a Landis y Koch (1979) se refiere a una similitud moderada por lo que se puede suponer que existe un cambio real y de magnitud moderada entre los mapas de uso de suelo y las fechas analizadas.

Sin embargo en el periodo entre 1980 – 1993 se obtuvo un valor de KIA de 0.2319 la cual indica una similitud pobre (Tabla V) este comportamiento se observa más claramente en la Figura 6 donde vemos la disminución constante de la vegetación natural primaria, vegetación natural secundaria y vegetación secundaria perturbada así como comportamiento inverso del uso agrícola.

Este incremento concuerda con lo presentado por Flores (2002) donde reporto un aumento de 107% en la agricultura de Temporal, 510% en la agricultura de riego con cultivo y 49.26% para la agricultura de riego sin cultivo para el ejido de Eréndira en Baja California en un periodo de 29 años. En Playas de Rosarito, B.C. Bermúdez (2004) obtuvo un aumento de casi 50% de agricultura en el periodo de 1993 – 2002. Del mismo modo a nivel mundial la cobertura agrícola tiende a aumentar.

En general el intercambio de la cobertura agrícola se da sobre vegetación natural que la rodea: Matorral Costero, Chaparral, Bosque y Selva Baja Caducifolia. Puede verse entonces que la tendencia principal a nivel mundial es que la agricultura cambia a uso urbano y lo natural es muchas veces eliminado para crear espacios para uso agrícola (Palacios, 2008), esto puede apreciarse en la Tabla XII y en la Figura 14 las cuales

describen la comparación entre 1979 – 1998 donde se muestra la pérdida en la cobertura de la vegetación natural primaria, vegetación natural secundaria y vegetación secundaria perturbada mientras que el uso agrícola se incremento.

Para todos los años la zona que mejor se conservo es la Guarnición Militar el Ciprés y la Base Aérea Militar el Ciprés localizado en la zona media del polígono donde la principal cobertura para todos los años es vegetación natural secundaria. Se observa que la vegetación natural primaria fue la única clase de uso de suelo que durante todos los años disminuyó su cobertura, para 1998 la cobertura había disminuido más del 50% con respecto a 1979.

Para este estudio en particular, no se pudo obtener material fotográfico en intervalos de tiempo precisos por lo cual no se puede establecer con exactitud si los cambios de cobertura vegetal son asociados a eventos naturales o antropogénico como principal fuente causal.

8 CONCLUSIONES

- La fotografía aérea permitió de manera sencilla el reconocimiento de las clases de uso de suelo, a las escalas de trabajo definidas gracias a su resolución espacial lo que permitió fácilmente identificar rasgos y texturas.
- La cobertura vegetal de la playa municipal de Ensenada en 1998 experimento una disminución de 22.67 ha lo que representa el 33.48% del total de cobertura vegetal en 1979.
- La tendencia de cambio para la vegetación natural primaria, vegetación natural secundaria y vegetación secundaria perturbada es de disminución lo que trae como consecuencia una inestabilidad a las dunas costeras mientras que el comportamiento del uso agrícola es inverso y por lo tanto va en aumento.
- La causa de la variación de la cobertura vegetal se debe principalmente al comportamiento de la precipitación para la zona, observándose un incremento en la vegetación durante los años afectados por El Niño.
- En menor grado la disminución de la cobertura vegetal se asocia al desarrollo de prácticas recreativas, tráfico peatonal y vehicular.

9 BIBLIOGRAFIA

- Altamirano, Z. (2009) Cambios en la línea de costa en la playa de San Miguel, B.C., mediante fotografía aérea, en el periodo 1973 – 2003. Trabajo Terminal Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México 50 pp.
- Bermúdez, R.D. (2004) Cambio de uso de suelo como herramienta para la planeación costera, caso de estudio: Zona Costera del Municipio de Playas de Rosarito, B.C., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México 100 pp.
- Bravo, L.M. (2009) Estimación de los cambios de la línea de costa de Bahía Colonet, Baja California, México en el periodo 1986 – 2006. Trabajo Terminal de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.
- Bury, R.B. y R.A., Luckenbach (1983) Vehicular Recreation in Arid Land Dunes: Biotic Responses and Management Alternatives. En Gatica, A.B., (1998) Herpetofauna y vegetación en un gradiente de perturbación en las dunas costeras de San Felipe, B.C., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 135 pp.
- Castillón, R. (1988) Transporte de sedimentos y su efecto sobre el perfil de playa de la Bahía Todos Santos B.C. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C., México, 57 pp.
- Castro, C. (1992) Alteración antrópica sobre las dunas chilenas y su estado de conservación. Bosque. Vol. 13 (1):53 – 58. [En línea] http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v13n1/ar_t07.pdf [Consultado el 1 Noviembre 2009].
- Chapman, D.M., (1989). "Coastal Dunes of New South Wales Status and Management". University of Sydney. Coastal Studies Unit Technical Report No: 89/3 [En línea] <http://www.environment.gov.au/coasts/publications/nswmanual/images/b8-1.gif> [Consultado el 9 Abril 2010].

- Christensen, E., J. Jensen, E. Ramsey y H. Mackey (1988) Aircraft MSS data registration and vegetation classification for wetlands change detection. *International Journal of remote Sensing*. 9(1): 23 – 38.
- Del Rio, L., F.J. Gracia (2008) Fotointerpretación aplicada al análisis dinámico de la línea de costa. Actas de Jornadas Técnicas “las nuevas técnicas de información al servicio de la gestión de zonas costeras: Análisis de la evolución de playas y dunas” [En línea] http://cgat.webs.upv.es/bigfiles/costas/Ponencias_actas/02.L.Rodríguez,F.J.Gracia.pdf [Consultado el 18 de Noviembre 2009].
- Delgadillo, R.J. (1998) Florística y ecología del Norte de Baja California, Mexicali, B.c. UABC. 2da edición 407 pp.
- Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo (1994). Estudio Geográfico de la Región de Ensenada, Baja California, México. Secretaría de Marina.
- Eastman, R. (1995) Explorations in Geographical Information Systems Technology. Change and Time Series Analysis y GIS and Decision Making. The Clark Labs for Cartographic Technology. USA. Segunda Ed 129 pp.
- Erdmann, W., N. Shulz, M. Richter, E. F. Rodríguez (2008) Effects of El Niño 1997 – 1998 on the vegetation of the Paita – Region in the Sechura Desert up to 2008. *Revista del Museo de Historia Natural Arnaldoa*. 15(1) 63 – 86.
- ESRI Arc Map 199 – 2006.
- Ferreira, R. (1993) Registros de la vegetación en la costa peruana en relación con el fenómeno el Niño. *Bull. Inst. Fr. Etudes Andies* 22(1):259 – 266.
- Flores, J.D. (2002) Cambio de usos de suelo de 1972 al 2001 en el ejido Eréndira, Ensenada B.C. México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 85 pp.
- García, A. (1997) Clasificación integral del litoral costero de la Bahía Todos Santos, B. C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 78 pp.

- García, A. (2006) Modelo regional de vulnerabilidad costera. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 102 pp.
- Gatica, A.B. (1998) Herpetofauna y vegetación en un gradiente de perturbación en las dunas costeras de San Felipe, B.C., México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 135 pp.
- Gutiérrez, M.G. (1997) Aspectos ecológicos y sociales en el manejo integral: Los Arenales, Primo Tapia, Baja California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 131 pp.
- Landis, J. y G. Koch (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33(1):159 – 174.
- Lubinsky, D., N.L. Victoria (2006) Un análisis preliminar sobre la etno – oceanografía de la Bahía de Todos Santos y la Percepción de los usuarios de dos playas de Ensenada, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, Baja California, México. 85 pp.
- Márquez, A.R. (2008) Cambio de uso de suelo y desarrollo turístico en Bahía de Banderas, Nayarit. *Ciencia UANL*. 11(2):161 – 167.
- Martínez, M.L., M.T. Valverde (1992) Las Dunas Costeras. En *Ciencias*. No 26. [En línea] <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no26/CNS02606.pdf> [Consultado el 27 Octubre 2009].
- Null, J. (2007) El Niño y La Niña years: A concensus list. Golden Gate Weather Service. [En línea] <http://ggweather.com/enso/years.htm> [Consultado el 25 de Marzo 2010].
- O’Connell, J. (2008) Coastal Dune Protection and Restoration. Using “Cape” American Beach Grass and Fencing. Woods Hole Sea Grant Program and Barnstable County’s Cape Cod Cooperative Extension. *Marine Extension Bulletin* [En línea] <http://www.whoi.edu/seagrant/images/DunesRestoration-FINAL.pdf> [Consultado el 5 Noviembre 2009].

- Ojeda, L. (2000) Espacios Urbanos y Naturales. El Bordo. Retos de la Frontera. Vol 5: 69 – 84. [En línea] http://www.tij.uia.mx/elbordo/vol05/esp_urb_nat_2.html [Consultado el 24 de marzo 2010].
- Palacios, V. (2008) Propuesta de ordenamiento ecológico territorial regional en la zona costera de Punta Colonet – Camalú, Baja California. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC
- Paskoff, R., L. Cuitiño, R. Petiot (1998) Carácter relicto de la Gran Duna de Iquique, Region de Tarapacá, Chile. Revista Geologica de Chile. ISSN 0716-0228 Vol 25(2) [En línea] http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-02081998000200008&script=sci_arttext [Consultado el 5 Noviembre 2009].
- Resendiz, M.E. (1996) Desarrollo de Base de datos biogeografía de la familia Cactaceae en el Estado de Baja California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 202 pp.
- Reyes S. y R. Troncoso (2001) El Niño Oscilación del Sur" y los fenómenos hidrometeorológicos en Baja California: el evento de 1997/98. Ciencia Pesquera. Vol. 15, (PA: CEOFA20016)
- Rosales, V. G. (2006) Variaciones de la cobertura vegetal del campo de dunas de la playa municipal de Ensenada, B.C., durante el periodo 1979 – 2002. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 39 pp.
- Rosas, R. (2008) Propuesta de plan de manejo para la playa municipal de Ensenada, Baja California, México. Tesina de Especialidad. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 110 pp.
- Seingier, G., I. Espejel, y J.L.F. Almada (2009) Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Investigación ambiental. Vol. 1(1): 54-69.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Baja California (2006) Estudio de impacto ambiental, para proyecto Denominado "Continuación de la instalación de Línea de transmisión de energía eléctrica en el Sur del municipio de Ensenada, Baja California [En línea] <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2006/02BC2006E0012.pdf> [Consultado el 24 de marzo 2010]

- Sigüenza, C. (1993) Dinamica de micorriza versículo – arbuscular en siete especies vegetales de las dunas de El Socorro B.C. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 74 pp.
- USDA, NRCS. 2010. The PLANTS Database National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA [En línea] <http://plants.usda.gov> [Consultado el 8 abril 2010]
- Valdez, L. (1987) Transporte de sedimentos en las dunas del Ejido Primo Tapia, B.C., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 123 pp.
- Velázquez, A., J.F. Mas y J.L. Palacio (2002) Análisis del cambio de uso de suelo. UNAM 83 pp.
- Vieira, R. (2004) Determinación de los cambios en las playas municipales de Ensenada y la situación actual. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México. 106 pp.
- Yanes, G. (1999) Evaluación de los patrones de cambio en la cubierta vegetal y uso de suelo de la parte central del estado de Sonora durante el periodo de 1970 – 1992 utilizando imágenes Landsat MSS. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UABC. Ensenada, B.C. México. 100 pp.
- Zamora, E. (2007) Lagunita del Ciprés: Refugio de aves. La Bitácora del Humedal. Vol 7(4): 3 – 5.