



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO**

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

**“ANÁLISIS DEL CAMBIO DE OCUPACIÓN DEL
SUELO EN EL POLÍGONO NÚMERO TRES DEL
ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA
CIÉNEGAS DE LERMA (APFFCL) EN EL PERIODO
2004-2014”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

JUAN MANUEL MARTÍNEZ CIRILO

GENERACIÓN

2011-2016

ASESOR DE TESIS:

DR. SERGIO FRANCO MAASS

REVISORES:

DR. XANAT ANTONIO NÉMIGA

DR. NOEL BONFILIO PINEDA JAIMES



TOLUCA, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2016

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
PROBLEMÁTICA	6
DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA	7
DELIMITACIÓN SEMÁNTICA	9
JUSTIFICACIÓN	10
HIPÓTESIS	11
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA	13
1.1 MARCO DE REFERENCIA.....	13
1.1.1 El Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma en un contexto histórico	13
1.1.2 Antecedentes de investigaciones sobre la evolución del (APFFCL)	14
1.1.3 Factores históricos que aceleraron los procesos de cambio de ocupación del suelo en el área de estudio	14
1.1.4 Aspectos sociopolíticos que contribuyen a la dinámica del COS.....	17
1.2 MARCO TEÓRICO	18
1.2.1 Contexto Social, Espacial y Temporal del Área de Estudio	18
1.2.2 Las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) como parte de la categorización de las Áreas Naturales Protegidas (ANP).....	18
1.2.3 Conceptualización y aspectos generales del termino Ciénega (humedal)	20
1.2.4 Suelo.....	21

1.2.5 Teoría sobre de uso y ocupación del suelo	21
1.2.6 Causas y factores que ocasionan los cambios de ocupación del suelo.	23
1.2.7 Aspectos legales que rigen el cambio de ocupación del suelo	25
1.2.8 Razones que justifican la realización de investigaciones relacionadas con el cambio y ocupación del suelo	28
1.2.9 Cobertura vegetal (ocupación del suelo) y uso de suelo	29
1.3 Metodologías abordadas para estudios de cambios de ocupación del suelo	32
1.3.1 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	35
1.3.2 Análisis Multicriterio	36
1.3.3 Cartografía Participativa	37
1.3.4 La técnica de la encuesta como parte de la recolección de información en una investigación.	40
CAPITULO II METODOLOGÍA.....	42
2.1 ESQUEMA DEL MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	42
2.1.2 Insumos Teóricos y Cartográficos.....	43
2.1.3 Elección de la metodología.....	44
2.1.4 Evolución de los procesos para abordar investigaciones en el uso y ocupación del suelo	44
2.1.5 Características de las imágenes de satélite utilizadas (Spot 5 y Spot 6).....	46
2.2 Esquema a seguir para el procesamiento digital de las imágenes.....	47
2.2.1 Contexto histórico de la teledetección	48
2.2.2 Teledetección	48
2.2.3 Imágenes de Satélite y sus Características	49
2.2.4 Tratamiento Digital de Imágenes de Satélite	51
2.3 Unidades de Verificación	55

2.4 Clasificación de la imagen 2004.....	56
2.4.1 Tratamiento digital de las Imágenes para la investigación multitemporal de cambio de ocupación del suelo para el periodo (2004-2014)	56
2.4.2 Tratamiento de la Imagen 2004	56
2.4.3 Tratamiento de la Imagen 2014	57
2.4.4 Clasificación no Supervisada de la Imagen 2004	59
2.4.5 Clasificación Supervisada de la Imagen 2014	61
CAPITULO III RESULTADOS	63
3.1 Análisis de los cambios de ocupación del suelo en el polígono número tres del APFFCL	63
3.1.1 El mapa de ocupación del suelo para del 2004	63
3.1.2 El mapa de ocupación del suelo del 2014	65
3.2.1 Puntos de verificación.....	67
3.3 Cambios, (pérdidas y ganancias) de los tipos de ocupación del suelo	68
3.3.1 Transición de la ocupación del suelo 2004 - 2014.....	69
3.3.2 Representación porcentual del cambio en la ocupación del suelo.....	70
3.4 Mapa de la transición de la ocupación del suelo 2004 – 2014.....	71
3.5 Mapa final del cambio de ocupación del suelo en el periodo 2004 - 2014...	72
3.6 Cartografía Participativa (Percepción de la población)	73
3.6.1 Análisis de los resultados de las encuestas.....	73
3.6.2 Interpretación de la información recolectada en trabajo de campo (cuestionario).....	75
3.6.3 La componente espacial	78
3.6.4 Tabla de cambios de los tipos de cobertura en el plano sectorizado...	80
3.6.5 Porcentajes de la frecuencia de los factores de cambio en la zona de estudio	82

3.6.6 factores de cambio en la ocupación del suelo 2004- 2014	84
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES	86
4.1 Conclusiones de la Metodología	86
4.2 Conclusiones del Tema de Investigación	87
4.3 Zonas invadidas en el polígono No 3 del APFFCL.....	89
Recomendaciones	91
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del polígono No. 3 del APFF Ciénegas de Lerma	8
Figura 2. Clasificación no supervisada del año 2004	60
Figura 3. Clasificación supervisada del año 2014	62
Figura 4. Ocupación del suelo para el año 2004	64
Figura 5. Ocupación del suelo para el año 2014	66
Figura 6. Puntos de verificación de campo	67
Figura 7. Transición de la ocupación del suelo 2004 – 2014	71
Figura 8. Cambio de ocupación del suelo 2004 - 2014	72
Figura 9. Imagen de la zona de estudio por sectores.....	79
Figura 10. Factores de cambio obtenidos mediante cartografía participativa	81
Figura 11. Factores de cambio en la ocupación del suelo 2004 - 2014	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de las imágenes de satélite utilizadas	46
Tabla 2. Superficie por tipo de cobertura 2014.....	63
Tabla 3.Superficies por tipo de cobertura en el 2014	65
Tabla 4. Matriz de cambios en la ocupación del suelo 2004-2014 (en ha).....	68
Tabla 5. Transición de ocupación del suelo 2004-2014	69
Tabla 6. Resultados de la encuesta parte 1	73
Tabla 7. Resultados de la encuesta parte 2	74
Tabla 8. Localización de cambios en los tipos de cubierta en el plano sectorizado	80
Tabla 9. Asignación del factor de cambio a la sectorización de la APFFCL.....	82

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, las sociedades han transformado los ecosistemas donde viven, los cambios de ocupación del suelo (COS) son parte de los procesos históricos globales de la transformación del paisaje; aunque estos cambios frecuentemente generen impactos negativos cuyas consecuencias se pueden ver a diferentes escalas (Lambin *et al.*, 2003); A escala regional se afecta la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, modificando los ciclos hidrológicos y los regímenes climáticos; a nivel local se aceleran la pérdida de hábitat y la diversidad biológica así como la degradación del suelo.

Se sabe que el cambio de ocupación del suelo en México como en muchos países en vías de desarrollo es producto de las actividades productivas encaminadas hacia la única finalidad de incrementar el desarrollo económico y la calidad de vida (Falcón, 2014); aunque esto sea a costa de la degradación de los ecosistemas. Dicha degradación, es con frecuencia, consecuencia de las acciones para cubrir necesidades de alimento, agua potable, madera, fibras, combustible o territorios para la construcción de viviendas.

La urgencia de cubrir estas necesidades para satisfacer a una población en constante crecimiento, obliga a modificar los tipos de coberturas de una determinada unidad territorial, para tal efecto es necesario identificar los factores que están ocasionando las transformaciones y así de esta manera establecer medidas que puedan ayudar a un mejor aprovechamiento del recurso suelo.

(Lambin *et al.*, (2003) determinaron que los principales conductores de CCUS a nivel general son la agricultura, la ganadería, la extracción forestal y la construcción y expansión de centros urbanos, claro está que estos factores de cambio pueden variar en los grados de intensidad e impactos en la estructura de un ecosistema y dependiendo también de las condiciones adyacentes que operen en el paisaje.

En otras palabras, la dirección e intensidad del cambio de ocupación del suelo están determinadas por la combinación de factores socioeconómicos, institucionales, biofísicos, y ambientales que colectivamente son llamados factores de cambio.

Si aplicamos estos conceptos al cambio de ocupación del suelo (COS), en el polígono número tres de la Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma (APFFCL) podemos decir que los factores más significativos que afectan a esta unidad territorial son factores antrópicos (socioeconómicos, institucionales, biofísicos) y los que contribuyen de manera significativa son los procesos desde el punto de vista gubernamental, y de acuerdo a (Falcón, 2014) encontramos implementación de políticas públicas, incentivos fiscales para la inversión, subsidios y concesiones de tierra, la construcción de infraestructura de comunicaciones y transportes en este municipio, así como apoyo para el impulso a la ganadería y la agricultura.

Como ya habíamos mencionado; la consecuencia en los cambios de ocupación del suelo son considerados un problema local y global, tanto por el gobierno de los países en todos los niveles, como para instituciones académicas y organizaciones no gubernamentales, es por eso la importancia de realizar estudios de cambio de coberturas y ocupación del suelo, sobre todo si está en juego la integridad las reservas territoriales destinadas a la preservación del ambiente; Áreas Naturales Protegidas (ANP); en cualquiera de sus distintas categorizaciones.

En este contexto, el presente trabajo muestra la dinámica del cambio en la coberturas y ocupación del suelo en el polígono número tres del APFFCL; así como los factores antrópicos que están ocasionado dichos cambios; del mismo modo se presenta cartográficamente la invasión del polígono de la reserva por lo menos en dos sectores por parte de actividades como la agricultura, la ganadería y el crecimiento de los asentamientos humanos que comprometen la integridad de esta Área de Protección de Flora y Fauna.

Para tal efecto y como parte del seguimiento metodológico se utilizaron las herramientas que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) nos proporcionan, así como la implementación de la percepción remota para definir las coberturas de esta unidad territorial, procesos realizados a partir de imágenes de satélite y que se explican de manera detallada y progresiva en el contenido del apartado metodológico; además de incluir la percepción de la población por medio de entrevistas a ejidatarios de las comunidades incluidas en el área de estudio; puesto que ellos son los participantes directos en los distintos cambios que se han dado en la región, siguiendo lineamientos de intereses privados y municipales, así como intereses inherentes a la población de las comunidades del área de estudio.

Al final de esta investigación; y de acuerdo a los objetivos planteados; se presentan los mapas de ocupación del suelo para el año 2004 y otro para el año 2014, así como el mapa final de cambios de ocupación 2004-2014, el cual nos permitió calcular los cambios en aumento o disminución del área calculada en hectáreas; además se realizó un mapa de la transición de los distintos tipos de cubierta con la finalidad de saber las pérdidas y ganancias que tienen os distintos tipos de coberturas y así tener la certeza del cual de estas está influyendo en los cambios de ocupación del suelo en el área de estudio: posteriormente se expone un mapa sectorizado donde se ubican los cambios significativos en las cobertura detectados por medio de la percepción remota; además de incorporar las zonas de mayores cambios de coberturas desde el punto de vista de la población; información obtenida dichos factores fueron determinados a partir de los resultados producto de la aplicación de las encuestas con la finalidad de identificar las áreas más susceptibles a cambios de ocupación atendiendo la parte de la participación de la sociedad; al final se presenta un mapa con la extensión territorial aproximada que está siendo afectada por causa antrópicas y que está ocasionando la modificación de los ecosistemas del APFFCL

Finalmente, se puede concluir que, el análisis del espacio representado en cualquier unidad territorial debe contemplar todos los factores de manera integral, tomando en cuenta aspectos físicos y sociales; que nos permitan tener un mejor entendimiento a las interacciones y procesos que se llevan a cabo sobre la superficie terrestre.

En el caso de esta investigación se llega a la conclusión que factores como: el crecimiento poblacional, la reciente declaratoria del polígono como área de protección de flora y fauna y además de los procesos cíclicos de los periodos de retorno de lluvias extremas hacen de este ecosistema que se manifieste como un habiente de alto nivel dinámico ya que la superficie de las cubiertas están en constante transición pasando de pérdidas a ganancias según los factores físicos que se manifiesten en un determinado tiempo, aunque la mayoría de las cubiertas se encuentran en esta constante fluctuación, hay dos en las que se debe poner mayor cuidado ; la referidas a la agricultura y urbano que son las que manifiestan un aumento en su superficie que aunque es de manera lenta también es de manera progresiva y constante.

ANTECEDENTES

Las Ciénegas del río Lerma se conservan como los últimos remanentes de los extensos humedales del Altiplano Central Mexicano, se encuentran a un altitud de entre los 2560 y los 2580 “m.s.n.m.m.”; la región se caracteriza por el clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 12 °C y precipitación media anual entre 800 a 1200 mm; (Zepeda *et al.*, 2012a) ; Los suelos predominantes son histosoles, poseen una capa orgánica de 40 cm o más de profundidad formada por la acumulación de grandes cantidades de material vegetal en áreas inundadas; además en las zonas aledañas es posible encontrar cambisoles, andosoles, vertisoles y regosoles; estos suelos obedecen a la geología de la región conformada fundamentalmente por rocas clásticas y

volcanoclásticas en los derrames lávicos y depósitos abundantes de aluviones (Zepeda *et al.*, 2012b); con respecto a este tipo de hábitats se han realizado investigaciones para su estudio y preservación tal es caso de:

La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para un área de protección de flora y fauna en cuatro Ciénegas Chihuahua; se usaron imágenes de satélite para la evaluación de los recursos naturales, en especial de la cobertura vegetal y uso del suelo, permitiendo una mejor microzonificación de la distribución de la vegetación, obteniendo como resultado información tanto numérica como cartográfica de mayor detalle. Esta información, aunada a las ventajas en la utilización de los SIG, facilita la actualización, análisis del desarrollo, dinámica y depredación de los recursos (LabSIG, 2008); y el estudio denominado:

Análisis del cambio del uso del suelo en las Ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática; Para evaluar las tendencias recientes del cambio del uso de suelo, se obtuvieron imágenes satelitales, las cuales se procesaron con el software ENVI 4.2. La escena 28/47 de 1973 fue calibrada con los metadatos para corregirle efectos atmosféricos y de iluminación. Las tres escenas fueron coregistradas con la proyección UTM zona 14 data WGS84. Se entrenaron regiones (áreas de interés) según su categoría de uso de suelo basadas en conocimiento experto, producto de visitas previas al área. Las escenas fueron clasificadas por el método supervisado con el algoritmo Mahalanobis Distance (Zepeda *et al.*, 2012a).

PROBLEMÁTICA

Este complejo de humedales se encuentra sometido a procesos de contaminación, desecación y fragmentación que han impactado su biodiversidad; además de afectar y modificar actividades humanas que dependen directamente de estos ecosistemas, como también ocurre en otros cuerpos de agua del centro de México (Zepeda, *et al.* 2012a).

El aumento de la población demanda nuevas áreas para la construcción de zonas habitacionales, el cultivo y la producción pecuaria. Las ciénegas o humedales son una fuente de extracción de agua y tienden a convertirse en terrenos cultivables ocupados por la agricultura, que al cabo de unos años, pasan a ser reserva de terreno urbanizable; es por esto que el presente trabajo pretende realizar un análisis y comparación de los diferentes factores que ocasionan el cambio de ocupación dentro del polígono número tres de la área natural para la protección de flora y fauna con la finalidad de saber si se ha invadido su superficie y como está invasión o cambio de ocupación afecta el manejo de la área natural protegida.

DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

EL área natural protegida con carácter de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma, se encuentra en la cuenca Lerma-Chapala en el Estado de México; abarcando parte de los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac, con una superficie total de 3,023, -95 y 74.005 hectáreas en tres polígonos, identificados como: Polígono Uno “Chiconahuapan” o Almoloya con una superficie de 596-, 15 y -79.95 hectáreas (quinientas noventa y seis hectáreas, quince áreas, setenta y nueve punto noventa y cinco centiáreas), Polígono Dos “Chimaliapan o Lerma” con una superficie de 2,081-, 18, -65.33 hectáreas (dos mil ochenta y un hectáreas, dieciocho áreas, sesenta y cinco punto treinta y tres centiáreas) y Polígono Tres “Chignahuapan o Atarasquillo” con una superficie de 346, -61-, 28.725 hectáreas (trescientas cuarenta y seis hectáreas, sesenta y un áreas, veintiocho punto setecientos veinticinco centiáreas (DOF, 2002).

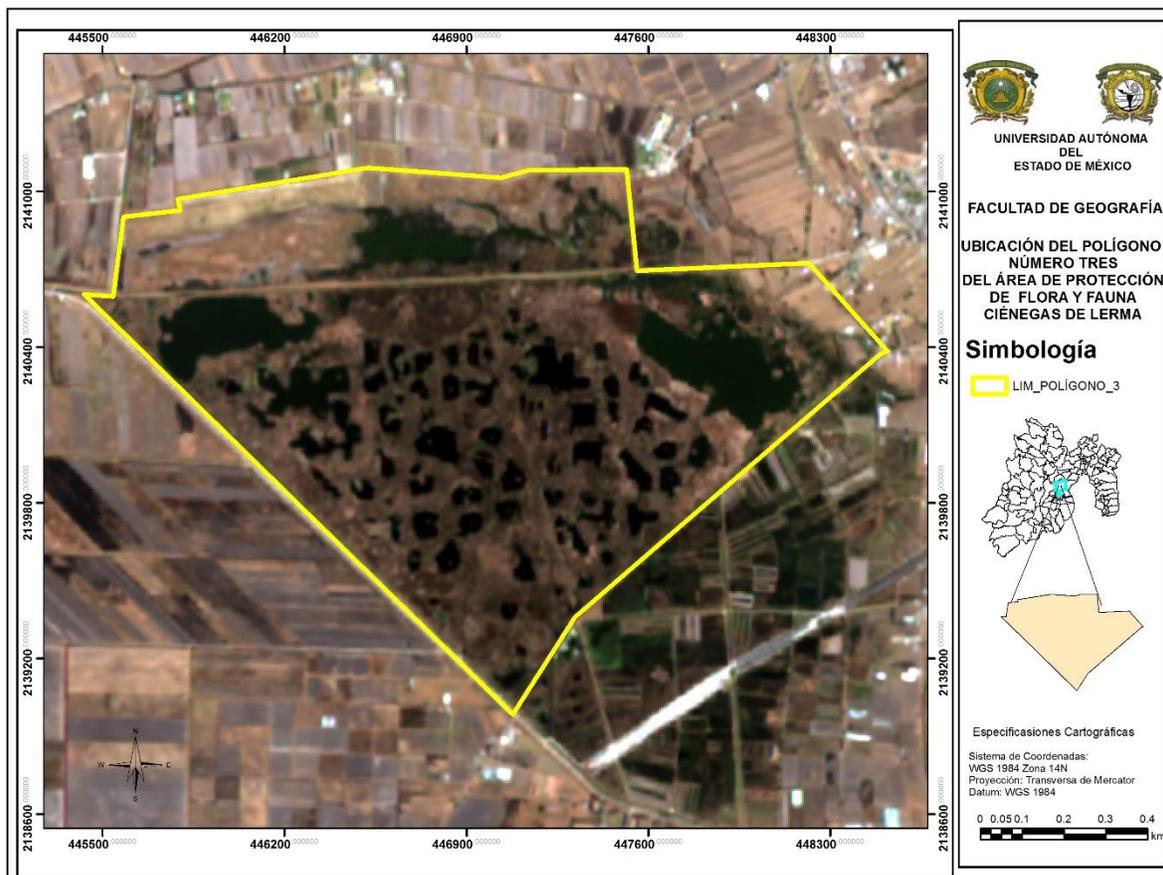
Para este estudio en particular se analizó el polígono número tres conocido como “Chingnahuapan o Atarasquillo”; la razón de la elección es verificar si la presión antrópica ésta teniendo un impacto directo sobre la superficie de la APFF, ya que el crecimiento de la frontera agrícola es inminente y además se suma a esta problemática la construcción de una carretera a solo cien metros de la reserva; la proximidad de esta vialidad traerá consigo un acelerado cambio de las actividades económicas de la zona y por consecuencia una modificación de los cambios de ocupación del suelo, lo que aumenta los problemas para conservación de la APFF

DELIMITACIÓN TEMPORAL

Se realizó una comparación de la superficie inicial y actual del polígono número tres del área natural protegida de protección de flora y fauna en el periodo 2004-

2014 para determinar las modificaciones de la ocupación del suelo; o si existe alguna invasión de la superficie de esta reserva territorial.

Figura 1. Localización del polígono No. 3 del APFF Ciénegas de Lerma



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

Para el análisis de cambio de ocupación de suelo se utilizó información de los límites del área natural protegida establecidos por la Comisión Nacional de Áreas Naturales protegidas (CONANP); Tomando una superficie contigua del polígono original con la finalidad de tener un marco de referencia o área de amortiguamiento de la reserva; con la finalidad de una mejor identificación de los factores que representan una presión sobre la zona núcleo; con la finalidad de identificar la distribución espacial de los factores que representen una amenaza,

así como la monitorización de los posibles cambios de ocupación de suelo que puedan realizarse en trabajos futuros.

DELIMITACIÓN SEMÁNTICA

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados.

Se crean mediante un decreto presidencial o través de la certificación de un área cuyos propietarios deciden dedicar a la conservación y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (CONANP, 2014); dentro de estos organismos se estructura una serie de categorizaciones entre las es posible encontrar las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF); subcategoría establecida de conformidad con las disposiciones generales de la LGEEPA y otras leyes aplicables en lugares que contiene los hábitats de cuya preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres (CONANP, 2014).

Dentro de este orden jerárquico podemos ubicar nuestra zona de estudio las ciénagas o humedales que son definidos como: zonas de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitente; gran masa de agua estancada y poco profunda en la cual crece una vegetación acuática a veces muy densa; ecosistemas que poseen un tipo de suelo que hace referencia la parte exterior de la corteza terrestre en donde las rocas se han desintegrado por efecto del intemperismo, formando una cubierta en la que viven una micro biota, una flora y una fauna microbianas que, actuando en conjunto trasforman material mineral en alimento de plantas para que puedan ser utilizadas posteriormente por animales y los seres humanos (Doran,1996), A través del uso

del suelo se produce lo necesario para la supervivencia de la humanidad; sin embargo, el impacto derivado de este proceso ordinariamente se relaciona con la deforestación y fragmentación de los ecosistemas, la desertización, la alteración de los ciclos hidrológicos, la pérdida de la diversidad biológica y el incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos (De la Rosa, 2008)

JUSTIFICACIÓN

Las Ciénegas de Lerma han estado expuestas a una constante reducción de su superficie debido a factores como la obra federal del “sistema Lerma” en el año de 1950 para la extracción de agua del acuífero de Toluca con el fin de abastecer a la ciudad de México, lo que provocó la reducción de su área a tan solo 10000ha, a esto aunado al establecimiento del corredor industrial en un proceso continuo de expansión a partir de 1970 y el consecuente crecimiento de la población empleada en estos polos de desarrollo exponenciaron los problemas para este frágil ecosistema (Patric, 2008).

“Las Ciénegas pertenecen al grupo de los ecosistemas palustres también conocidos como humedales; se trata de espacios dinámicos que tienen importancia local y regional, ya que regulan el ciclo hidrológico y la calidad del agua, son hábitats para organismos dulceacuícolas y esenciales para muchas especies terrestres al ser sitios de anidamiento y de residencia de varias aves migratorias. En un contexto amplio, los humedales son importantes reguladores del flujo de nutrientes y sedimentos entre ambientes acuáticos y terrestres” (Zepeda, et al., 2012b); además tienen un papel importante en el almacenamiento e infiltración de agua porque funcionan como vasos reguladores de inundaciones, también poseen especies endémicas y nativas en riesgo, algunas de importancia estética y económica.

Además las Ciénegas de Lerma aún son base de actividades productivas y socioculturales; localmente todavía existen economías extractivas y de sustento

basadas en el uso de especies de flora y fauna acuática, pesca artesanal, recolección de invertebrados y plantas, caza tradicional de aves, cultivo en chinampas y pastoreo (Zepeda *et al.*, 2012b); es por eso la importancia de este trabajo para el monitoreo de la evolución de los distintos cambios en la ocupación del suelo para frenar la invasión por asentamientos humanos, así como preservar los servicios ambientales prestados por estos ecosistemas que pueden ser utilizados como fuente para el desarrollo económico con base a un aprovechamiento sustentable de los recursos de la áreas de protección de flora y fauna.

HIPÓTESIS

La presión antrópica ejercida por los asentamientos rurales y urbanos; así como las actividades económicas en torno al Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma han traído como consecuencia el cambio de ocupación del suelo; limitando con ello la capacidad del polígono número tres del área natural protegida para la protección de los ecosistemas naturales.

OBJETIVO GENERAL

Analizar los cambios de ocupación del suelo del polígono número tres del área de Protección de Flora y Fauna en el periodo de 2004-2014 con la finalidad de identificar las principales zonas de afectación de los ecosistemas naturales y los factores que están originando dichos cambios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar la cartografía de ocupación del suelo del polígono número tres del área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma correspondiente a los años 2004 y 2014.
- Identificar los cambios espaciales en las coberturas de ocupación.
- Aplicar un levantamiento de campo por medio de encuestas para identificar los principales procesos de afectación del área natural protegida.
- Analizar la información obtenida en campo para determinar la importancia que la población les otorga a las áreas naturales protegidas y tratar de involucrar a la sociedad en la protección de estas reservas por medio de participación ciudadana.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA

1.1 MARCO DE REFERENCIA

1.1.1 El Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma en un contexto histórico

Para entender la problemática de un proyecto de investigación es necesario dar una explicación del contexto territorial, histórico y espacial donde se llevara a cabo dicho proyecto; de tal manera que el lector tenga una panorámica de las características físicas, geográficas y sociales de la zona de estudio y así pueda entender el propósito de esta investigación

Al tratar proyectos de investigación sobre las Ciénegas de Lerma es indispensable mencionar aspectos generales del río Lerma-Santiago ya que forman parte del sistema de curso alto del mismo río y su historia y evolución se desarrollan de manera paralela en los procesos referidos a contaminación y degradación de los subsistemas que los conforman. Y también se hará mención de algunos trabajos de investigaciones relacionadas con el ecosistema Ciénegas de Lerma; decretada en el 2012, Área de Protección de Flora y Fauna (APFF).

Dicho lo anterior empezaremos diciendo que el río Lerma o río Chicnahuapan nacía en municipio de Almoloya del Río, al sur del valle de Toluca y en su curso alto ; incluía tres lagunas, dos conocidas con los nombres de Chingnahuapan y Chiconahuapan y la tercera con el de Chimaliapan, también conocidos como Almoloyita, Atenco o Lerma. El río tenía tres afluentes que corresponden a los ríos de Calpulhuac, Ocoyoacac y Temoaya. Los asentamientos prehispánicos tendieron a ubicarse en las riberas de las Lagunas del Chicnahuapan o de otros ríos menores del valle, como los casos de Capulhuac, Ocoyoacac, Cuauhpanoyan, Ameyalco, Temoaya, Toluca.

1.1.2 Antecedentes de investigaciones sobre la evolución del (APFFCL)

Tomando en cuenta lo escrito en el Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma (GEM, 2010). El cual hace referencia a procesos históricos ;referentes a los primeros asentamientos prehispánicos de la región; que con el tiempo fueron creciendo formando asentamientos de zonas rurales y posteriormente evolucionaron a núcleos urbanos e industriales, que descargan sus desechos sólidos y drenajes a los afluentes de los ríos; que progresivamente se van convirtiendo en canales de aguas negras o residuales; y por si fuera poco; a estos problemas se le agregaron otros como la extracción forestal, el sobrepastoreo y la expansión agrícola con técnicas inadecuadas en las partes altas de la cuenca: lo que contribuyó a un aceleramiento del proceso de desecación de las lagunas. Afectando negativamente la infiltración y alimentación de acuíferos y manantiales, pues carentes de cubierta vegetal los suelos no infiltraban el agua pluvial en la misma proporción.

1.1.3 Factores históricos que aceleraron los procesos de cambio de ocupación del suelo en el área de estudio

También destaca la construcción y operación de las obras hidráulicas durante el periodo presidencia de Manuel Ávila Camacho y Miguel Alemán; realizadas para satisfacer las necesidades de agua del Valle de México. Dichas obras consistieron en captación de aguas de cuatro manantiales de la cuenca del Alto Lerma, Almoloya, Texcaltengo, Alta Empresa y Ameyalco; y en 1942 y la construcción de un extraordinario acueducto desde la localidad de Almoloya del Río hasta la Cd. de México, el cual requirió de la perforación de la montaña.

A partir de 1951 inicia su funcionamiento y con ello también la afectación del ciclo hidrológico en la cuenca de estudio. Los manantiales que daban origen al río Lerma desaparecieron, lo que aceleró la senectud de las lagunas, convirtiéndolas

en un conjunto de Ciénegas unidas por un canal, considerado como el origen actual del colector general del río Lerma.

Otra investigación que es necesario revisar es la de Camacho, (2007). La cual trata del proyecto estatal de desecación de las lagunas del Alto Lerma 1850-1875; en sus estudios aborda el análisis histórico regional del impacto de los dos proyectos del Estado Mexicano: desamortización y reforma agraria, así como las diversas respuestas en relación con el manejo de los recursos productivos que generaron los diferentes actores (individuos, pueblos y ayuntamientos); describe los aspectos geográficos y económicos de la región en estudio. Delimitando en el área de las lagunas del Alto Lerma, en el Estado de México, dos zonas en relación con los propietarios: los pueblos y las haciendas. En la primera zona formada por dos vasos que denomina “Almoloyita- Atenco” los propietarios son en su mayoría los pueblos y comunidades aledañas. La segunda zona la llama “Lerma” y a diferencia de la anterior son las haciendas las que tienen la mayor propiedad.

En suma, es el análisis de la implementación del proyecto estatal de desecación considerando las dos zonas diferenciadas según los propietarios: “Almoloyita-Atenco” con las municipalidades y “Lerma” con las haciendas; Así como el afán del promotor, Mariano Riva Palacios, que era miembro prominente de la vida política del país y ocupó en tres ocasiones el cargo de gobernador del Estado de México; fueron los factores impulsores para la implementación del proyecto de desecación de las lagunas de Lerma en un afán de un supuesto desarrollo. Con esto se entiende que fueran los hacendados los más interesados en apoyar el proyecto de desecación.

Finalmente Camacho, (2007) describe que los intereses desde la explotación por parte de los pueblos cuyas actividades fueron desde la pesca, caza y corte de tule que completaban la subsistencia de los pobladores e incluso formaban un ingreso extra, hasta el arrendamiento por parte de la municipalidad de la explotación de los recursos, sin implicaciones en la propiedad. Por otro lado los hacendados;

explica la autora; mantenían una relación más indirecta en su importancia económica con las lagunas ya que para ellos lo esencial era la productividad ganadera o agrícola en grandes extensiones de terreno.

Por otra parte (Ibarra, 2008); investiga desde la perspectiva del uso hegemónico del agua en la laguna Chignahuapan; por lo cual a lo largo de su trabajo se abordan problemas hidráulicos que se manifiestan ambientalmente, en especial, el de la desecación parcial de la laguna del Lerma como resultado de procesos sociales complejos que, aunque manifestados localmente, tienen impacto y sentido a escala estatal y federal.

La delimitación temporal del estudio comprende las grandes transformaciones históricas de México acaecidas entre las décadas de los 40 y 60 del siglo XX, en particular, de la economía y la política. En el primero de estos ámbitos, se analiza con el abastecimiento del agua que se ubica como parte del desarrollo capitalista en su modelo de acumulación de sustitución de importaciones e industrialización; desarrollado por el Estado Mexicano, caracterizado como un sistema autoritario con base en una estructura corporativista tanto en espacios urbanos como rurales.

1.1.4 Aspectos sociopolíticos que contribuyen a la dinámica del COS

Describe el complejo lacustre de la cuenca alta del Lerma; integrada por tres lagunas: Chignahuapan, Chimaliapan y Chiconahuapan; adolece, en la primera década del presente siglo, de fuertes problemas, entre los que destacan: 1) la desecación de una buena parte de las lagunas de la cuenca alta del Lerma; 2) la contaminación del río Matlazinco o Lerma, que ahí tiene su origen y 3) la presencia cada vez más frecuente de conflictos por el usufructo del agua entre actores locales e instituciones extra locales, tanto federales como del Departamento del Distrito Federal (DDF)

Además narra el modo de vida lacustre explicada bajo diversas formas, desde la que se traduce en proveedor de alimentos (pescado, acociles, atepocates), en suministrador de insumos (tule) para la elaboración de artículos del hogar (petates, sopladores), en medio de transporte y en utilidad doméstica (lavado de ropa, trastes y limpieza personal). En este marco, la sociedad de la región se desarrolló alrededor de la apropiación del agua de la laguna de Chignahuapan.

Y termina diciendo que la transferencia del agua de los cuerpos lacustres de la cuenca alta del Lerma a la Ciudad de México, formó parte de una política federal que tuvo por objetivo el desarrollo del capitalismo en su fase urbano-industrial. A pesar de que la apropiación del agua por parte del gobierno federal se dio sin una participación de las poblaciones, que vieron afectada su forma de vida, no se generó una oposición organizada. Tampoco el gobierno estatal manifestó inconformidad alguna (Ibarra, 2008)

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Contexto Social, Espacial y Temporal del Área de Estudio

México es un país cuyo desarrollo económico, político y social a menudo se ve reflejado espacialmente con el incremento en la superficie ocupada por el crecimiento de la población. Los procesos de urbanización e industrialización aceleran los cambios en la ocupación del suelo; dichos cambios son particularmente importantes en el municipio de Lerma; ya que en su territorio se encuentra una porción significativa del corredor industrial Lerma-Toluca; además de una poco frecuente concentración de complejos industriales menores y espacios residenciales que propician la especulación inmobiliaria, la concentración de bienes y servicios y la aparición de nuevos polos de atracción para mano de obra de los municipios vecinos (Orozco y Sánchez, 2004); lo que está provocando una progresiva e irreversible modificación de las ocupaciones del suelo.

1.2.2 Las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) como parte de la categorización de las Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Toda esta dinámica social referida al desarrollo y crecimiento de la población con frecuencia trae consigo problemas en la distribución espacial de las actividades económicas y los conflictos en el tipo de ocupación y el régimen de propiedad para cada unidad territorial, llámese bosque, selva, campo agrícola o Área Natural Protegida (ANP); dichas relaciones cobran mayor importancia cuando los diferentes tipos de ocupación del suelo tienden a tocar aspectos ecológicos; especialmente cuando se trata de posibles afectaciones o impactos hacia reservas dedicadas a la protección ambiental; como es el caso de las ANP; entendidas estas como porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción; las cuales son representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado, en donde se producen beneficios ecológicos que

cada vez más reconocidos y valorados (CONANP, 2014); En México existen diversos tipos de áreas protegidas: federales, estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privadas (BM, 2015).

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, las áreas protegidas son "Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios eco-sistémicos y sus valores culturales asociados"(IUCN, 2015:pag.10). Se coincide que para su conformación, dichas reservas requieren un marco de referencia legal que precede al momento de ser creadas mediante un decreto presidencial o través de la certificación de un área cuyos propietarios deciden dedicar a la conservación y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas; las cuales están reglamentadas y son establecidas de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA); estos espacios tienen la posibilidad de ser aprovechados con actividades que deben ser reguladas de acuerdo con las disposiciones de SEMARNAT, instancia gubernamental que debe crear el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico para un buen funcionamiento y aprovechamiento de los recursos que se encuentran en dicha región; tales áreas desempeñan tareas especiales y cumplen también funciones de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley (CONANP, 2014).

Como parte de estos organismos se estructura una serie de categorizaciones entre las cuales es posible encontrar seis categorías correspondientes a parques nacionales, reservas de la biosfera, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna, santuarios y monumentos naturales, cada una de esta denominaciones cumple con funciones específicas determinadas por su planes de manejo elaboradas bajo los requerimientos que su categoría requiere

(CONANP, 2014); dentro de esta denominación existe una que cobra mayor relevancia; la referida a las Áreas de Protección de Flora y fauna (APFF); que son reservas que tiene la función de salvaguardar lugares de los hábitats de cuya preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres; Esta subcategoría es de nuestro interés ya que pasa a formar parte del el objeto de estudio de nuestra investigación puesto que se pretende realizar un análisis de las posibles modificaciones y cambios de ocupación del suelo en una (APFF); específicamente hablando de la Área de Protección de Flora y Fauna de las Ciénegas de Lerma(APFFCL); ubicadas en el Estado de México.

1.2.3 Conceptualización y aspectos generales del termino Ciénega (humedal)

Dentro de este orden jerárquico podemos ubicar nuestra zona de estudio; la cual, está representada por los ecosistemas llamados ciénegas o humedales que son conocidas como, zonas de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitente; se trata de grandes masas de agua estancada y poco profunda en las cuales crece una vegetación acuática a veces muy densa; son ecosistemas de alta complejidad y riqueza biológica que además pertenecen al grupo de los ecosistemas palustres también conocidos como humedales; se trata de espacios dinámicos que tienen importancia local y regional, ya que regulan el ciclo hidrológico y la calidad del agua, son hábitats para organismos dulceacuícolas y esenciales para muchas especies terrestres al ser sitios de anidamiento y de residencia de varias aves migratorias (Zepeda, *et al.*, 2012a).

Y que, hablando, específicamente de las Ciénegas del municipio de Lerma están situadas a una altitud de 2600 m.s.n.m.; factor que aumenta su peculiaridad y fragilidad; estos ecosistemas son uno de los últimos ejemplos de este tipo en el Eje Volcánico Transversal, extremadamente amenazados y de gran valor biológico

al contener poblaciones de especies endémicas de México (Ramsar, 2003). Las Ciénegas de Lerma se conservan como algunas áreas remanentes de ecosistemas que algún día fueron los extensos humedales del Altiplano Central Mexicano, y que en la actualidad son sometidos a procesos de contaminación, desecación y fragmentación (Zepeda *et al.*, 2012a)

1.2.4 Suelo

Otro elemento que se debe mencionar en este trabajo de investigación es el término suelo; pero que es el suelo; Doran (1996); establece que el suelo es la parte exterior de la corteza terrestre en donde las rocas se han desintegrado por efecto del intemperismo, formando muy lentamente una delgada capa de nutrientes a través de los siglos y que puedan ser utilizada posteriormente por animales y los seres humanos. (FAO, 2012); además de ser el escenario donde se desarrollan las interrelaciones entre la naturaleza y el hombre (Echarri, 1988); el suelo es soporte de un gran diversidad de comunidades vegetales como los bosques, selvas, matorrales y pastizales; junto con amplios terrenos dedicados a actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y zonas urbanas.

1.2.5 Teoría sobre de uso y ocupación del suelo

Las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal y los beneficios o actividades que la población desarrolla sobre este recurso puede entenderse o definirse como ocupación o uso de suelo. A través de la ocupación y uso del suelo se produce lo necesario para la supervivencia de la humanidad; sin embargo, el impacto derivado de este proceso ordinariamente se relaciona con la deforestación y fragmentación de los ecosistemas, la desertización, la alteración de los ciclos hidrológicos, la pérdida de la diversidad biológica y el incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos (De la Rosa, 2008).

Para esto es fundamental considerar el impacto que tienen las actividades sobre el suelo y el grado de explotación que se ejerce sobre la cubierta vegetal ya que la intensidad de una u otra actividad puede influir en los cambios de ocupación del suelo; por lo que se puede decir que:

En los lugares donde no ha habido modificación o ésta ha sido ligera, el suelo sigue cubierto por la vegetación natural y se le considera como primaria; en contraste, si ha ocurrido alguna perturbación considerable y se ha removido parcial o totalmente la cubierta vegetal primaria, la vegetación que se recupera en esos sitios se conoce como secundaria y puede ser estructural y funcionalmente muy diferente a la original. El caso extremo de transformación es cuando se elimina por completo la cubierta vegetal para dedicar el terreno a actividades agrícolas, pecuarias o zonas urbanas; éstas se conocen como coberturas antrópicas (SEMARNAT, 2015).

La superficie del país está cubierta por cuatro formaciones vegetales principales: bosques y selvas en los que predominan formas de vida arbórea; Otros tipos de vegetación también presentes en el país aunque en mucha menor proporción y restringidos frecuentemente a condiciones ambientales muy específicas son los manglares y la vegetación halófila y gipsófila (SEMARNAT, 2015)

En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas del mundo más rápida y extensamente que en ningún otro periodo comparable de la historia. En la actualidad los sistemas de cultivo y ganaderos ocupan alrededor de una cuarta parte de la superficie terrestre, transformación que ha sido impulsada en gran parte para resolver el enorme aumento de la demanda de alimentos, agua, fibras y combustibles; De hecho, ahora se reconoce que, aun cuando los cambios de ocupación y uso de suelo ocurren a nivel local, pueden tener consecuencias globales (SEMARNAT, 2015).

1.2.5.1 Uso de suelo

Es por esto que para empezar a abordar un estudio de los cambios que ocurren en la cubierta de la superficie terrestre es necesario realizar un análisis de conceptos para hacer notar las diferencias que existen entre ocupación y uso de suelo; lo que nos ayuda a enfocar nuestra investigación y dirigirla hacia el objetivo que deseamos cumplir.

Por una parte tenemos que; el uso de suelo es el resultado de las actividades y asentamientos humanos en un espacio determinado del territorio, que tiene como esencia el aprovechamiento y utilización específica que se le ha de dar a los elementos de la cubierta del suelo; de acuerdo a la aplicación de técnicas especializadas, procedimientos tradicionales o costumbres para la explotación o aprovechamiento de los recursos, con la finalidad de cubrir las necesidades (físicas sociales y económicas) del ser humano (Ballesteros, 2013).

1.2.5.2 Ocupación del suelo

Por otra parte la ocupación de suelo está referida al tipo de cubierta que existe sobre el suelo, representado por los materiales o superficies que son identificadas de manera general por categorías como bosque, praderas cuerpos de agua, asentamientos humanos y terrenos agrícolas entre otros; las cuales nos indican el tipo de cubierta que se presentan en un momento concreto sobre la superficie de la tierra pero no pude indicar características específicas, como por ejemplo la extracción de alguna planta medicinal o comestible del sotobosque o la utilización de especies vegetales de los cuerpos de agua para la elaboración de algún tipo artesanía representativa de un pueblo o etnia, etc. (Castañeda y López, 2009).

1.2.6 Causas y factores que ocasionan los cambios de ocupación del suelo

“Todos los cambios sobre la cubierta de la superficie terrestre han tenido lugar desde tiempos inmemoriales y han estado asociados tanto a fenómenos naturales

como a actividades humanas”, (De la Rosa 2008, pag.83) y se atribuye a dos causas principales:

Las causas naturales o biofísicas suelen estar relacionadas con procesos geomorfológicos, cambios climáticos o atmosféricos. Algunas de las causas puede tener un origen exclusivamente natural tales como terremotos, erupciones volcánicas o periodos glaciales (De la Rosa, 2008).

Y las causas humanas directas o socioeconómicas son consecuencia de la presión de la población, condiciones socioculturales y tecnológicas, organizaciones y regulaciones económicas o estrategias específicas de la ocupación de la tierra. (De la Rosa, 2008).

Algunos de los factores más importantes causados por el hombre mencionados por varios autores son la dinámica de estos procesos de transición el cual se encuentra representado el crecimiento de la población que ocasiona una demanda cada vez mayor de recursos para satisfacerla y, como consecuencia, las superficies ocupadas por las comunidades naturales son sustituidas por terrenos dedicados al cultivo o la ganadería. Pese a que se acepta que el incremento de la población y sus necesidades son importantes para explicar el cambio de ocupación del suelo, la relación no es tan simple. Las tasas de crecimiento poblacional y de expansión de la frontera agropecuaria no crecen a la misma velocidad; en las últimas décadas, en términos generales, la superficie agropecuaria ha crecido más lentamente que la población mundial debido, en parte, a que la producción es más eficiente (SEMARNAT, 2015).

Es por esto que para esta investigación se buscó identificar los factores que originan los cambios de ocupación del suelo desde la perspectiva de las causas antrópicas ya que el área de estudio presenta características en donde la presencia de algunas actividades humanas específicas están generando dichas

transformaciones; las cuales se reflejan en transiciones entre los distintas ocupaciones del suelo sobre el territorio.

Un ejemplo son zonas ocupadas por las Ciénega o humedales las cuales frecuentemente sufren procesos de desecación natural o artificial, ya que dichos procesos traen como consecuencia la exposición de tierras libres de agua; las cuales contienen una alta concentración de nutrientes. Esto es bien sabido por los agricultores ya que de inmediato estas tierras son ocupadas para campos de cultivo; pero estos al cabo de un tiempo de explotación pierden sus nutrientes y bajan su productividad provocando que sean poco redituables para los campesinos, circunstancia que aunada a la especulación en el aumento del valor del terreno con respecto a las ganancias que estos obtienen de sus parcelas y optan por la opción de vender sus propiedades que son de un régimen ejidal, factor que devalúa el valor de sus tierras; situación que es aprovechada por las constructoras ya que compran estos terrenos en precios risibles y que posteriormente los utilizan para la edificación de conjuntos habitacionales; con la finalidad de satisfacer la demanda de vivienda de los crecientes asentamientos humanos de la zona. Todas esta interacción socioeconómica- ambiental propicia la gestación de en un círculo de pérdida y ganancia de terreno para algún tipo de cubierta, pero donde es claro que la parte más afectadas son las reservas de protección ambiental ya que son las únicas que no representan ganancias en su superficie; lo que la limita en su recuperación y las condiciona a un proceso de presión que tarde o temprano puede causar el colapso del sistema natural (De la Rosa, 2008).

1.2.7 Aspectos legales que rigen el cambio de ocupación del suelo

Si bien es cierto que a escala nacional la superficie urbana es proporcionalmente muy pequeña (0.4% de territorio), se trata de la ocupación del suelo que más rápido está creciendo en algunas regiones SEMARNAT (2015). Por lo que es

indispensable fortalecer un proceso de la gestión efectiva que permita la regulación y cumplimiento de las leyes que ayuden a frenar y revertir la acelerada pérdida de la cobertura vegetal que históricamente se ha venido dando en México. Todas estas consecuencias socio-económicas, ambientales, llevaron a la Presidencia de la República a declarar, al inicio de la presenta administración, a los bosques, junto con el agua, como temas de seguridad nacional (SEMARNAT 2015)

Con base en lo dicho con anterioridad es necesario entender que el suelo es un bien heterogéneo, finito e inamovible aunque sustituible por otros factores (trabajo y/o capital), por tal motivo algunos terrenos o lugares son más deseables que otros por factores diversos físicos o sociales y las actividades que ahí se localizan pueden obtener mayores beneficios en cuanto a accesibilidad y conectividad con el mercado, bienes o servicios, es por ello que para las sociedades modernas el problema central no es la asignación de parcelas o la tierra para una ocupación apropiada o aquella actividad que ofrezca un mayor beneficio a la comunidad (Graizbord, 2002); sino el verdadero problema es el régimen de propiedad que condiciona la ocupación del suelo y que se convierte en un conflicto al no respetarse las designaciones de acuerdo con la vocación natural de los territorios y las actividades dentro de la jurisdicción de los distintos regímenes de propiedad.

Por lo tanto la regulación en la ocupación del suelo se convierte en una preocupación no solo teórica o técnica sino también política; para lo cual existen cuatro vías, que se mencionarán a continuación como parte de los elementos que determinan la asignación de la ocupación y aprovechamiento de la tierra y sus recursos, los cuales influyen en la modificación de la ocupación del suelo.

El mercado como factor que obedece una racionalidad económica; ligado al Estado; que controla la ocupación del suelo como un bien público e impone reglas que condicionan la productividad y las actividades que sobre este recurso se desarrollan; así como los regímenes de: Propiedad comunitaria; referido a un

arreglo o convenio para un grupo con ciertos valores e intereses específicos y el régimen de propiedad ejidal (el cual predomina en la zonas cercanas del polígono número tres del (APPFCL); que condiciona a los poseesionarios; la forma de utilizar el terreno a favor de obtener el sustento; pero esta situación sale de las condiciones ideales de aprovechamiento; ya que, en la realidad la presión demográfica y económica rompe el equilibrio debido a la competencia del mercado y obliga a los productores a buscar alternativas de aprovechamiento de la tierra de acuerdo ligado a una lucha de intereses que desestabilizan y modifican el manejo de la ocupación del suelo, por lo que es necesario conocer las causas y externalidades que están produciendo dichas transformaciones (Graizbord, 2002).

Es por esto que decidir el régimen más adecuado y vigilar que se cumpla de manera adecuada el control y asignación de la ocupación del suelo es complicado ya que el régimen de propiedad condiciona la ocupación y el aprovechamiento de los recursos; pues aunados a las variables ya mencionado existen una serie de factores intrínsecos como tradiciones históricas y culturales que influyen directamente para dicha acción; de tal manera que existe una interacción de muchos elementos sociales, económicos y políticos que dificultan los procesos de asignación en tenencia de la tierra; por un lado el estado impone las reglas del aprovechamiento de los recursos de índole privado o sociales y al mismo tiempo los capitales e inversionistas privados definen y condicionan el aprovechamiento de los recursos (Graizbord, 2002)

Teniendo presente estas limitantes para la asignación de la ocupación de suelo para cada uno de los distintos regímenes de propiedad, los problemas siguientes son: el crecimiento acelerado de las fronteras agrícolas sobre áreas de bosque o reservas conocidas como áreas naturales protegidas en cualquiera de sus categorizaciones conocidas; y del mismo modo, se manifiesta el crecimiento de ciudades sobre tierras aptas para el cultivo que son devorados prácticamente

para la construcción de desarrollos urbanísticos destinados a viviendas, el comercio o la industria (Graizbord, 2002)

Toda esta pérdida de suelos aptos para funciones y ocupaciones distintas de las que ahora tienen, se debe, entre otros factores a la incapacidad del estado, de las autoridades federales estatales y municipales para ejercer su poder y autoridad y hacer cumplir la normatividad que permita controlar la ocupación y el uso del suelo, así como ordenar el crecimiento urbano y regular, conseguir o asignar a la tierra una ocupación óptima de acuerdo a su vocación natural, con el fin de obtener el máximo beneficio en un corto plazo y de una manera sustentable.

1.2.8 Razones que justifican la realización de investigaciones relacionadas con el cambio y ocupación del suelo

El manejo adecuado de la tierra, de los recursos naturales agua, bosque suelo, etc.); pueden abordarse por diferentes razones pero existen por lo menos dos de estas lo suficientemente importantes para justificar el estudio de la ocupación del suelo: a) se pueden realizar investigaciones para inventariar su ocupación actual; b) indagar sobre los procesos que dieron lugar a un a un patrón de ocupación determinado por qué se dio y el cómo ocurrió (Graizbord, 2002).

Tomando en cuenta lo dicho por (Graizbord 2002), podemos agregar otra razón fundamental para los estudios sobre la ocupación de suelo, la cual consiste en la comparaciones y análisis de estudios multi-temporales y cualitativos que nos permiten ver de una manera histórica la evolución de las causas: económicas, políticas sociales y culturales que dan origen a las decisiones del cambio de ocupación del suelo (Pineda, N. 2008); este tipo de estudios además de brindar un panorama general nos permiten hacer una serie de proyecciones en el futuro para saber las tendencias y directrices destinadas para el manejo del recursos; de tal manera que los resultados obtenidos de estos trabajos, son representados por cartografía y diagnósticos geográficos; los cuales brindarán a los tomadores de

decisiones un perspectiva amplia que permita el diseño y la implementación de planes, proyectos o programas que ayuden a la gestión de políticas públicas para aprovechar de una manera eficaz y sustentable los recursos dentro de una localidad, municipio o estado.

1.2.9 Cobertura vegetal (ocupación del suelo) y uso de suelo

Pero qué carácter o significado tiene la información de la ocupación del suelo; ¿Qué representa la información que registramos?; se refiere a la cobertura, es decir, a las características físicas de estos lugares, o bien a las actividades humanas que a su vez producen modificaciones significativas en los ecosistemas (Paruelo, 2012). Es entonces cuando se hacen presentes los conceptos de ocupación de suelo referido a la cubierta representada por categorías como bosque, agricultura, zona urbana etc. y la concepción de uso de suelo para actividades específicas y definidas de acuerdo a los materiales proporcionados por los distintos tipos de cubierta.

Se trata, por supuesto, de ambas (las dos se derivan de procesos humanos, sociales). Tanto la base formal como la funcional están interrelacionadas.

Pero aun utilizando ambas categorías (cobertura y actividad), como en la propuesta del US Geological Survey o en el Manual de ordenamiento ecológico, habría que preguntarse si una determinada clasificación permite responder a preguntas que rebasan la información disponible sobre los procesos en una superficie determinada, las causas de los cambios o de los patrones resultantes y si la información final, suponiendo que sea válida, precisa y confiable, permite plantear usos normativos de las ocupaciones adecuadas a la vocación natural de la región y averiguar de qué manera una propuesta normativa afecta los procesos, las tendencias, los valores e intereses involucrados en el corto, mediano y largo plazos (Graizbord, 2002).

1.2.9.1 Caracterización de los tipos de coberturas en el (APFFCL) y zonas adyacentes

Dentro de los tipos de cobertura identificados en el área de estudio podemos encontrar cinco: tulares, vegetación acuática, cuerpos de agua (espejos de agua), agricultura y zonas urbanas, a continuación se describen brevemente cada una de estas coberturas con la finalidad de contextualizar los aspectos que se están tomando en cuenta para el análisis de los cambios espaciales en la extensión de cada cobertura;

Empezaremos describiendo los tulares; que de acuerdo con (Ocaña y Lot, 1996); los tulares son comunidades herbáceas de especies distintas; en las que para el caso particular de la Ciénega de Lerma se encuentra dominadas por la especie *Thipa domingenesi*; esta especie se caracteriza por tener una altura de 3m y dos estratos, el superior de 1.5 a 3m y el inferior de 10 a 80cm; esta planta vive enraizada al sub estrato, prolifera en climas cálidos y templados, desde la costa hasta altitudes de 2750 m.s.n.m.m, además esta especie puede formar masas densas que cubren grandes superficies de áreas pantanosas y lacustres, como orillas de zanjas, canales y remansos de ríos; la *Thipa domingenesi* es una planta acuática que se expande fácilmente y con rapidez gracias a sus rizomas grandes y fuertes que frecuentemente suelen formar masas de raíces y tallos en descomposición que van creciendo sobre un cuerpo de agua, estas masas vivientes son llamadas; en el caso particular de la ciénega de Lerma “planchas” o “tembladeras”, estas estructuras a menudo llegan a fragmentarse formando colchones de plantas viviendo sobre material orgánico que aparentan ser suelo firme pero en realidad son islas flotantes(INECOL, 2016)

De forma contigua al tular podemos encontrar la cobertura correspondiente a la vegetación acuática la cual estará definida a conveniencia de esta investigación por la vegetación herbácea de porte bajo y típica de ambientes acuáticos; con niveles de agua inferiores a 1m y de estado sucesional inferior al de la categoría

de tulares Zepeda, *et al*; (2012b); la siguiente cobertura está asociado de manera directa con las coberturas ya mencionados; nos referimos a la categoría definida como agua, la cual está referida a todas aquellas áreas de agua abierta (espejos de agua); los cuales dentro de la Ciénega están sujetos a factores como: variaciones en los niveles y el comportamiento del agua; y de las estructuras flotantes ya descritas, las cuales pueden fragmentarse dando lugar a nuevos espacios de agua abierta(espejos de agua);modificando las superficies ocupadas por esta categoría.

Otra de las categorías utilizadas en esta investigación dada la importancia de la extensión territorial que ocupa es la agricultura; la cual según el INEGI es la actividad agraria que comprende todo un conjunto de acciones humanas, como el cultivo de plantas, semillas y frutos los cuales trasforman el medio ambiente natural; con la finalidad de hacerlo más apto para el crecimiento de las siembras; también se puede decir que es el arte de cultivar las tierras, refiriéndose a los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y del cultivo de vegetales normalmente con fines alimenticios, o a los trabajos de explotación del suelo o de los recursos que este genera de forma natural o por acción del hombre; esta es una actividad de gran importancia estratégica como base fundamental para el desarrollo autosuficiente y de la riqueza de las naciones.

Dentro de la categoría de agricultura cabe mencionar que se trata de una actividad que se lleva a cabo dentro y en los límites del área de estudio y que puede estar influyendo en los cambios de ocupación del suelo; dados los impactos producidos por la práctica de esta actividad, y que además; frecuentemente se encuentra en estrecha relación con la ganadería; la cual se entiende por una actividad económica que consiste en la crianza de animales para su aprovechamiento, el cual incluye la obtención de productos diversos (Barreto, 2012); la ganadería se puede dividir en intensiva y extensiva, pero la que es de nuestro interés por practicarse dentro de la reserva natural es la extensiva, es decir, un sistema de

producción de ganado bovino, ovino y caprino basado en el pastoreo en agostadero o praderas de riego o temporal (PROGAN, 2007)

Por último mencionaremos un tipo de cobertura que modifica de manera permanente la ocupación del suelo de un territorio, limitando la transición entre las coberturas; nos referimos al establecimiento de centros poblacionales los cuales se definen como las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reservan a su expansión y las que se considera no urbanizables por causa de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros (LGAH, 2014) llámense rurales o urbanos; es importante aclarar que para efectos de generalizar todo tipo de estructura que coincidiera con la reflectancia que nos ofrecen las superficies construidas por el hombre así como suelos desprovistos de vegetación ocasionados por la práctica de alguna actividad económica (casas, edificios, carreteras , caminos); se generalizaran los elementos antes mencionados en un sola categoría definida como “urbano”.

De esta manera quedan definidas los tipos de coberturas que serán objeto de estudio en esta investigación; de esta manera también se integran las características físicas y sociales de la zona de tal manera que se pueda tener un panorama general de los de las interacciones de carácter físico y social que puedan generar factores de cambio dentro del límite de la reserva natural protegida.

1.3 Metodologías abordadas para estudios de cambios de ocupación del suelo

Expuesto lo anterior se tomó la decisión que para el análisis de cambio de ocupación de suelo en el polígono número tres de la ANPFF Ciénegas de Lerma se abordara la ocupación del suelo con la finalidad de conocer el comportamiento de los distintos tipos de cuberturas; las cuales pueden ir desde las áreas ocupadas

por la agricultura, los cuerpos de agua, zonas inundables, los tulares y vegetación acuática propia de zonas de inundación con una altura menor de un metro de agua (Zepeda, 2012a); las cuales pueden identificar en la superficie de la área natural protegida y fuera de la misma, para entender la evolución de los procesos desde un punto de vista integral

Es por eso para elaborar estudios relacionados a los cambios de ocupación del suelo es necesario seleccionar una metodología a seguir; eligiendo los insumos más adecuados de acuerdo a los resultados y el objetivo que se desea alcanzar

Para dicha elección se contempló la superficie del área de estudio correspondiente al polígono número tres de la área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma; la cual presenta un superficie relativamente pequeña; lo que nos obliga a considerar la variable de la escala y el grado de detalle para poder diferenciar en el análisis las posibles modificaciones del cambio de ocupación de suelo que se puedan estar llevando a cabo en este lugar. Por lo que fue fundamental analizar una serie de metodologías que nos permitan elegir la más adecuada; razón por la cual a continuación se describen algunas de las más utilizadas por los expertos en estos temas. La finalidad era encontrar alguna que pudiera adaptarse para ser utilizada de acuerdo con las necesidades e insumos disponibles para la realización de este proyecto.

Dentro de los procedimientos y técnicas para la realización de estudios de ocupación de suelo y cubiertas vegetales se encuentra: la utilización de fotografías aéreas es uno de métodos convencionales que utilizan una interpretación visual de fotografías aéreas, delineando áreas de vegetación homogénea (llamados “patrones”) usan atributos como tamaño, forma, tono, textura de la imagen y la topografía (Franco, et al.,2006) Estos procesos, sin embargo debido a que están basados en un proceso manual de fotointerpretación, son costosos y consumen mucho tiempo (LabSIG, 2008); *otra* metodología frecuentemente utilizada es el uso de imágenes de satélite que sirven para la

evaluación de los recursos naturales, en especial de la cobertura vegetal y uso del suelo, permiten una mejor microzonificación de la distribución de la vegetación, obteniendo como resultado información tanto numérica como cartográfica de mayor detalle. Esta información, aunada a las ventajas en la utilización de los (SIG) facilitan la actualización, análisis del desarrollo, dinámica y depredación del recurso, información fundamental para la correcta toma de decisiones en cuanto a las políticas de manejo de recursos naturales, tanto a corto como a largo plazo. (De la Rosa, 2008)

Otra de las metodologías adecuadas es la utilización de ortofotografías aéreas que consiste en un es un producto cartográfico georreferenciado y corregido de éstas deformaciones que afectan a las fotografías, en la que se pasa de la representación en perspectiva cónica del territorio a una perspectiva ortogonal, corrigiendo las deformaciones por los aspectos mencionados. Este proceso se denomina Ortoproyección que aplicado a fotografías o imágenes (digitales) aéreas, mediante las herramientas adecuadas permite la obtención de la Ortofotografía digital. El resultado mantiene toda la información de la fotografía aérea, permitiendo además medir a escala, tanto distancias como superficies, garantizando el ajuste con mapas existentes en la misma (LabSIG, 2008)

Una vez aplicada la metodología, cualquiera por la cual se haya optado; el resultado obtenido consistirá en una gran cantidad de información cartográfica y alfanumérica la cual tendrá que ser procesada para su análisis e interpretación, es necesario contemplar que al trabajar y manejar estos robustos volúmenes de datos, implica un alto grado de complejidad por lo cual es necesario apoyarse de conocimientos teóricos; como el empleo metodologías específicas para el estudio espacial del territorio; análisis espacial, análisis multicriterio, entre otras; y por supuesto también es indispensable seleccionar una herramienta tecnológica efectiva para el procesamiento de dicha información; es aquí donde los Sistemas

de Información Geográfica(SIG); contribuyen al procesamiento y análisis de la información espacial. (Pineda, N. 2008)

1.3.1 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Para aquellas personas que no se encuentran familiarizadas con el concepto de lo sistemas de información geográfica es necesario explicar un poco acerca del tema; los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son el resultado de la aplicación de las llamadas Tecnologías de la Información (TI) dirigidas a la gestión de la Información Geográfica (IG). El término Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene acepciones como disciplina y como proyecto; la primera consiste en cada una de las realizaciones prácticas así como de las implementaciones existentes; el sistema como software, es decir los programas y aplicaciones de un proyecto SIG pero su acepción principal es la de proyecto, concebido como un sistema de Información que gestiona Información Geográfica, es decir información georreferenciada (IGN, 2015)

Los componentes de un SIG son los mismos que para cualquier sistema de información: hardware, software, procesos, datos, recursos humanos; lo que los hace diferentes de otros; es que, los sistemas de información geográfica requieren un sistema de información especializado con necesidades bien definidas, además de seleccionar e instalar computadoras y aplicativos, identificar e implementar procesos, diseñar y elaborar el modelo del espacio geográfico e involucrar y capacitar a los recursos humanos de las áreas donde dicho sistema funcionará (ISG, 2012)

Es por eso que los Sistemas de Información Geográfica (SIG); se convierten en una herramienta y el principal aliado de los profesional de la geografía ya que los SIG constituyen el conjunto de procedimientos diseñados para procesar la captura, recolección, administración, manipulación, transformación, análisis,

modelamiento y graficación de información que tiene referencia en el espacio (CEPAL,2000).

Los SIG además permiten representar y localizar espacialmente estadísticas e indicadores, estudiar su evolución, así como localizar zonas vulnerables o sujetas a riesgos dados por fenómenos naturales o de carácter antrópico, realizar evaluaciones de los sistemas ambientales (suelos, agua, biodiversidad), analizar la distribución de la pobreza, infraestructura y, por la capacidad sintetizadora de la información, contribuir a generar una visión integrada que permita comprender y estudiar la sostenibilidad del desarrollo en los países de la región (CEPAL,2000).

1.3.2 Análisis Multicriterio

Así como son importantes las ventajas tecnológicas que nos ofrecen los SIG; también es primordial la capacidad del equipo humano que maneja los sistemas de información ya que este debe emplear el conocimiento y la metodologías para el análisis de la información; una de esta técnicas que podría ser útil para la identificación de cambios de ocupación del suelo en el polígono número tres del área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma (APFFCL) es la evaluación multicriterio (EMC) la cual tiene el objetivo general auxiliar al decisor a escoger la mejor alternativa entre un rango de alternativas en un entorno de criterios en competencia y conflicto; y los objetivos pueden ser económicos, ambientales, sociales, institucionales, técnicos y estéticos (María, 2007).

Existen varias técnicas de evaluación multicriterio pero casi todas consisten en una primera etapa, referida a la del diseño de una matriz con los criterios y las alternativas definidos; la siguiente etapa consiste en la agregación de las distintas puntuaciones de los criterios, con el uso de algún procedimiento de agregación (la aplicación de alguna técnica de (EMC) específico, tomando en cuenta las preferencias de los decisores expresada en términos de pesos que se asignan a

los diferentes criterios; ese procedimiento o técnica permite al decisor comparar entre las diferentes alternativas con base a los pesos asignados (María, 2007).

Las técnicas de evaluación multicriterio fueron útiles en esta investigación para jerarquizar los distintos niveles del grado de modificaciones de los distintos tipos de cubiertas así como para establecer rangos de aquellas superficies que están experimentando un mayor cambio en su extensión espacial (Paegelow, 2003); tomando en cuenta que para el análisis de las coberturas del suelo existentes en el polígono número tres de la ANPFF Ciénegas de Lerma; se estudió la ocupación del suelo con la finalidad de conocer el comportamiento de las tierras de labor agrícola con respecto a la superficie de la área natural protegida; sin ahondar en las actividades del uso que se les está dando a las especies vegetales de la zona núcleo o las técnicas de cultivo en el área de amortiguamiento y superficie agrícola circundante.

Retomando lo expuesto en páginas anteriores se pudo llegar a la conclusión que los conflictos por la tenencia y la propiedad de la tierra, así como por el acceso a la ocupación del suelo y de otros bienes ambientales del territorio, impactan de manera directa a comunidades locales en los cuales se llevan a cabo procesos extractivos o de aprovechamiento regidos y articulados en la dirección de un sistema de acumulación capitalista global.

1.3.3 Cartografía Participativa

Específicamente para este tipo de casos donde las reservas naturales protegidas son afectadas por actividades antrópicas se ha manifestado cada vez más un abierto interés por parte de la sociedad civil organizada por reclamar y enfrentar a exclusiones en decisiones que le afectan o que consideran que no solo le competen al Estado.

Por lo que es necesario hacer una reflexión en la que se pongan de manifiesto las condiciones del modo en que se maneja el territorio; ya que si las políticas y regulaciones por parte del Estado o de los municipios tienen limitaciones para la identificación de problemas sobre sus territorios, tales como de los cambios legales o ilegales de las modificaciones en la ocupación de suelo que se convierten en un problema aparentemente sin solución; Entonces es necesario incorporar estrategias que involucren la participación de instituciones académicas y a organizaciones ciudadanas con la finalidad de incrementar y fomentar proyectos de investigación que permitan que emerjan y se apliquen conocimiento científicos al servicio directo de las comunidades por parte de los investigadores y por otra parte rescatar y hacer una recopilación de experiencias geohistóricas procedentes de las comunidades; y de este modo ; realizar un trabajo conjunto donde ambos conocimientos propicien un resultado donde la percepción social y el conocimiento científico propicien ejercicios autónomos de poder de las comunidades con la finalidad de lograr un aprovechamiento integral de los recursos (Vélez *et al.*,2012)

La lectura de los conflictos de tierras debe ser contextual, en un sentido geohistórico y relacional, analizando el complejo juego de intereses en el que las poblaciones locales le disputan el aprovechamiento de las mejores tierras cultivables teniendo muchas veces al gobierno en su contra. Por lo que; es necesario crear una metodología que compatibilice los intereses de aprovechamiento y manejo, a partir de la indagación de las visiones que los habitantes locales tienen de su geografía y de su historia, y trabajando coordinadamente con las organizaciones sociales que fomenten el respeto de la asignación de cada una de las ocupaciones que se le asignen al suelo en un territorio (Barrera, 2009)

A este proceso de integrar a la sociedad para la concientización de un manejo adecuado de los recursos se le conoce como cartografía social o participativa la cual se entiende como una metodología que invita, integra y organiza a las comunidades a la colaboración alrededor de un espacio físico y social específico. Como metodología de trabajo en campo y como herramienta de investigación, se concibe a la cartografía social como una técnica dialógica que permite proponer, desde una perspectiva trans-disciplinaria, preguntas y perspectivas críticas para abordar los conflictos socio ambientales que motivaron el presente ejercicio de investigación (Braceras, 2012). A la vez, esta perspectiva de cartografía social permite reconocer e incorporar en la investigación los intereses y las posiciones (también políticas) de la comunidad y de las organizaciones sociales, las cuales se expresaron en las representaciones gráficas y en las indicaciones específicas que los participantes trazan sobre los mapas.

Este ejercicio de cartografía social puede trascender a un “mapeo colectivo”, como práctica en trabajo de campo; pues parte de experiencias y representaciones previas de las comunidades locales; además, la construcción de mapas sociales con perspectiva histórica, nos permitirá presentar visualmente la organización histórica del espacio local. De modo que se comprenda que el espacio es impensable sin el tiempo y que, por lo tanto, el territorio debe analizarse como una dinámica compleja histórica y geográfica (Vélez, *et al.* 2012)

La incorporación de la perspectiva de la población representada en los mapas orientará a las comunidades y a las autoridades a proteger los recursos y además servirá como referencia digna de tomarse en cuenta para cualquier proceso de ordenación Territorial.

Por tal motivo un investigación que trata de conocer las tendencias en los cambios de ocupación del de suelo sobre un territorio determinado, debe de contemplar las interrelaciones hombre-naturaleza que se desarrollan sobre dichos espacios y saber que la percepción de la población sobre los problemas que se

puedan generar en estos lugares; así como el conocimiento de las poblaciones locales es fundamental para entender los procesos que originan y condicionan los cambios de ocupación del suelo; por lo que es primordial hacer que las personas que viven en contacto con las áreas de estudio, sean incorporados a estas investigaciones de manera participativa en una primera instancia como aquellos que proporcionen información relevante y también sean identificadores de los problemas de sus localidades o territorios por medio de su experiencia y conocimiento de la zona; y posteriormente incorporarlos a los proyectos o recomendaciones de los programas de acción; de esta manera, se podrían empezar a combatir los problemas de raíz, desde la perspectiva de la educación y concientización para el aprovechamiento de los recursos naturales.

1.3.4 La técnica de la encuesta como parte de la recolección de información en una investigación.

Una de las maneras más sencillas de recopilar la información contenida en la población es a través de la aplicación de técnicas de recolección de información, para lo cual existe una serie de metodologías que explican los pasos que se deben realizar en este proceso en el contexto del trabajo de campo; por lo cual es necesario conocer las necesidades del trabajo de investigación que se esté realizando, para lo cual es necesario revisar los métodos más utilizados, entre los cuales encontramos el Método de Muestreo, no probabilístico, muestreo de juicio, universo y muestra, entre otros; de estos métodos el que más se adecua y que fue empleado en esta investigación fue el de muestreo de juicio; ya que en este método el investigador toma la muestra seleccionando los elementos que a él le parecen representativos o típicos de la población.

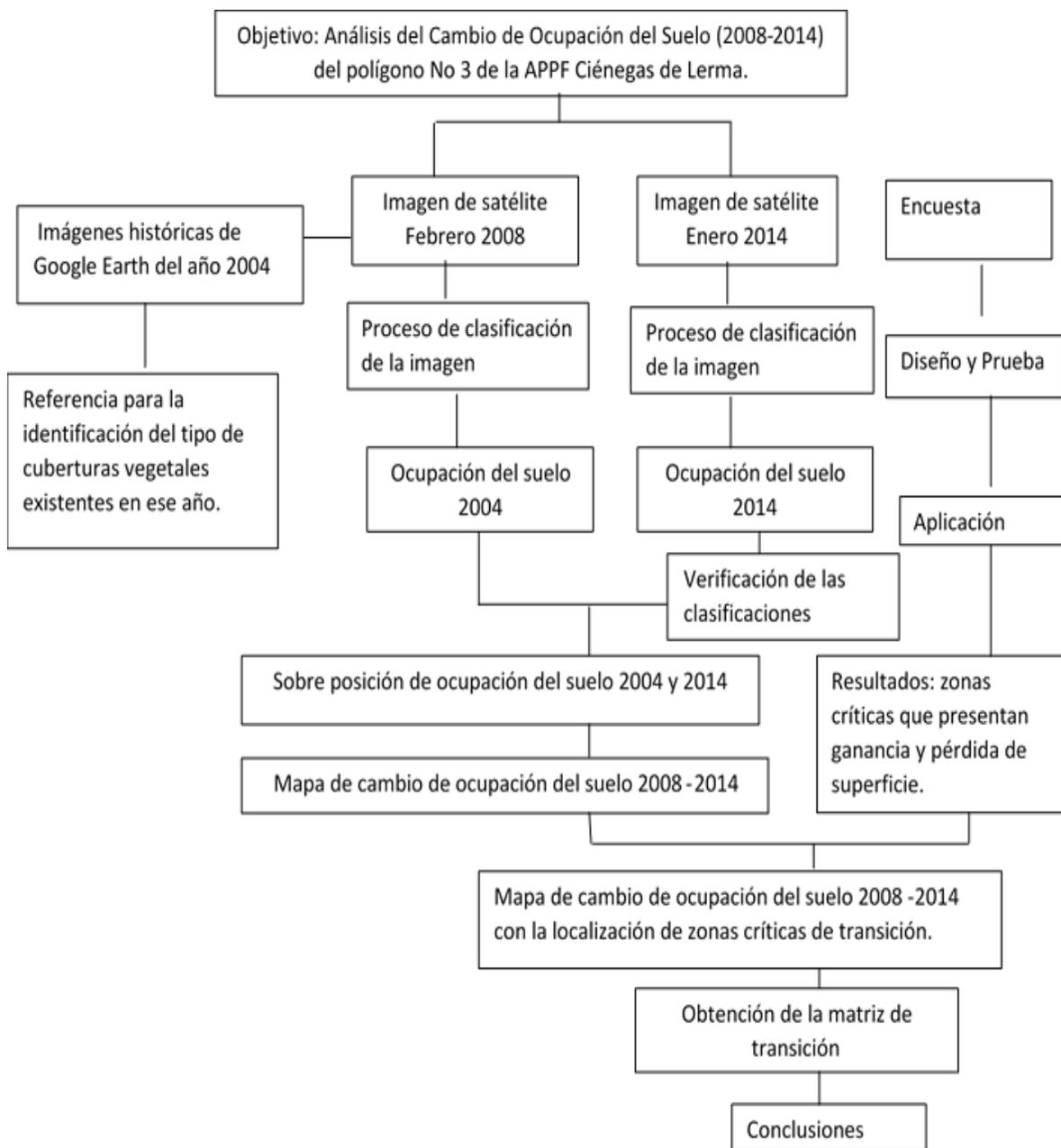
Entre las técnicas para realizar la recopilación de la información se puede emplear el método de encuesta que consiste en obtener información a partir del universo de estudio, seleccionando una muestra (Hernández, 2000), donde se puedan obtener respuestas a las interrogantes, proporcionadas por ellos mismos, sobre opiniones, actitudes o sugerencias; para dicha tarea se puede emplear la herramienta conocida como cuestionario; el cual debe contener una estructura en la redacción del cuestionario, y analizar el tipo de preguntas con la finalidad de obtener la mayor cantidad de información posible para la investigación (Sampieri, 1998)

La obtención de dicha información será tomada en cuenta como un elemento de valiosa importancia para el análisis de la zona de estudio así como para los resultados finales de esta investigación.

CAPITULO II METODOLOGÍA

2.1 ESQUEMA DEL MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

Para cumplir con el objetivo de la investigación denominada análisis de los cambios de ocupación del suelo en el polígono número tres correspondiente al Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lerma se aplicó el siguiente procedimiento:



2.1.2 Insumos Teóricos y Cartográficos

De acuerdo con el esquema general de trabajo de esta investigación se realizó la recopilación de toda la información cartográfica disponible; entre la cual podemos mencionar insumos esenciales de cartografía base como los polígonos de las diversas categorías establecidas por la comisión Nacional de las Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en formato shapefile; para la delimitación de la zona de estudio.

Para esta investigación se consultaron cartas topográficas 1:50000 que sirvieron para el reconocimiento de las características físicas del área de estudio; además se utilizarán cartas de vegetación y uso de suelo 1:50000 correspondientes a la serie III del 2002, del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI); con la finalidad de hacer un reconocimiento de las categorías utilizadas por el instituto (Pineda, 2008); y así, tener una referencia para la selección de las categorías más adecuadas con el fin de atender los objetivos de la investigación; Una correcta elección de las categorías facilitó la identificación de las mismas y permitió hacer una ágil comparación de la evolución de las tierras ocupadas por la agricultura o actividades antrópicas y las reservas territoriales dedicadas a la preservación del área natural

Con respecto al seguimiento de todo el proceso metodológico se persiguió un interés primordial, que consistió en la distribución espacial y el monitoreo de los posibles cambios de la ocupación del suelo, hecho que toma una mayor relevancia al llevar a cabo el análisis de las posibles modificaciones en un Área de Protección de Flora y Fauna; tomado en cuenta que estas reservas territoriales tienen un valor específico ya que son fuentes de preservación de ecosistemas de alto valor biológico (Zepeda, 2012b), lo que las convierte en un caso donde se debe poner mayor atención en la regulación de las distintas ocupaciones del suelo.

2.1.3 Elección de la metodología

Para llevar a cabo el estudio sobre los cambios de ocupación del suelo en el área de la Ciénegas de Lerma se analizaron algunas de las metodologías más utilizadas con las cuales es factible abordar estudios de ocupación y cobertura vegetal del suelo; entre las más significativas tenemos : la utilización de fotografías aéreas (LabSIG, 2008); ortografías aéreas entendidas como productos cartográficos georreferenciados (LabSIG, 2008) y por último las técnicas de percepción remota a través de imágenes de satélite(Zepeda,2012a)

Analizando cada una cuidadosamente se llegó a la conclusión de que; la más adecuada a las necesidades e insumos disponibles para la realización de esta investigación fue la metodología que utiliza imágenes de satélite, ya que el desarrollo y la evolución de potentes sensores, innovadores programas para el procesamiento digital de dichas imágenes y las modernas técnicas de clasificación permiten obtener mapas de buena calidad (Franco,2008); por lo que, el empleo de esta metodología es ideal para estudios que implique recursos naturales, en especial de la cobertura vegetal y uso del suelo, lo que permiten una mejor microzonificación de la distribución de la vegetación, obteniendo como resultado información tanto numérica como cartográfica de mayor detalle.(De la Rosa, 2008). Esta información, aunada a las ventajas en la utilización de los (SIG) facilitan la actualización, análisis, desarrollo, dinámica y depredación del recurso, información fundamental para la correcta toma de decisiones en cuanto a las políticas de manejo de recursos naturales, tanto a corto como a largo plazo (De la Rosa, 2008).

2.1.4 Evolución de los procesos para abordar investigaciones en el uso y ocupación del suelo

Ya que el método para la evaluación de ocupación del suelo en esta investigación es en base a la utilización de imágenes de satélite es necesario saber un poca

más al respecto; por lo que podemos decir que originalmente los mapas de uso y ocupación del suelo fueron elaborados con cartografía tradicional y estudios de campo; y a menudo, cuando la escala lo permitía se utilizaban fotografías aéreas para especializar la información; pero con el desarrollo de los satélites y sensores de percepción remota, las metodologías para abordar estos estudios fueron revolucionadas.

Estos nuevos sensores permitieron producir una gran cantidad de información de la superficie terrestre en un corto lapso de tiempo; por medio de la generación de imágenes de satélite; estos productos digitales no son fotografías pero si una tabla de datos con valores que registran una medida de la intensidad de reflexión de la luz (o microondas en caso del radar) en ciertas regiones definidas del espectro electromagnético, conocidas como bandas, que van desde la luz visible hasta el infrarrojo; las imágenes son una representación visual del conjunto de estas bandas, las cuales están proyectadas por filtros de color (verde, Rojo y azul) en la pantalla del monitor de video o en su impresión en papel (Killeen, 2005)

Originalmente se reproducían imágenes impresas en papel y los mapas de vegetación fueron elaborados por medio de interpretación visual; posteriormente con el desarrollo de aplicaciones computacionales para el análisis digital de las imágenes se pudieron agilizar dichos procesos, los cuales se basan en el análisis de los píxeles, que es el cuadrante mínimo de la imagen y el conjunto de datos de reflexión de la luz para cada banda electromagnética; los programas de reconocimiento de la imagen agrupan a los píxeles en “clases” según su similitud estadística; existen varios métodos de clasificación pero los más utilizados son: la clasificación supervisada y la no supervisada; la clasificación digital de imágenes es útil para distinguir unidades mayores de vegetación debido a sus diferencias estructurales. Una de las utilidades más importantes de la clasificación digital de imágenes es documentar el cambio de uso y ocupación de suelo mediante la comparación temporal de imágenes de la misma área (Killeen, 2005)

2.1.5 Características de las imágenes de satélite utilizadas (Spot 5 y Spot 6)

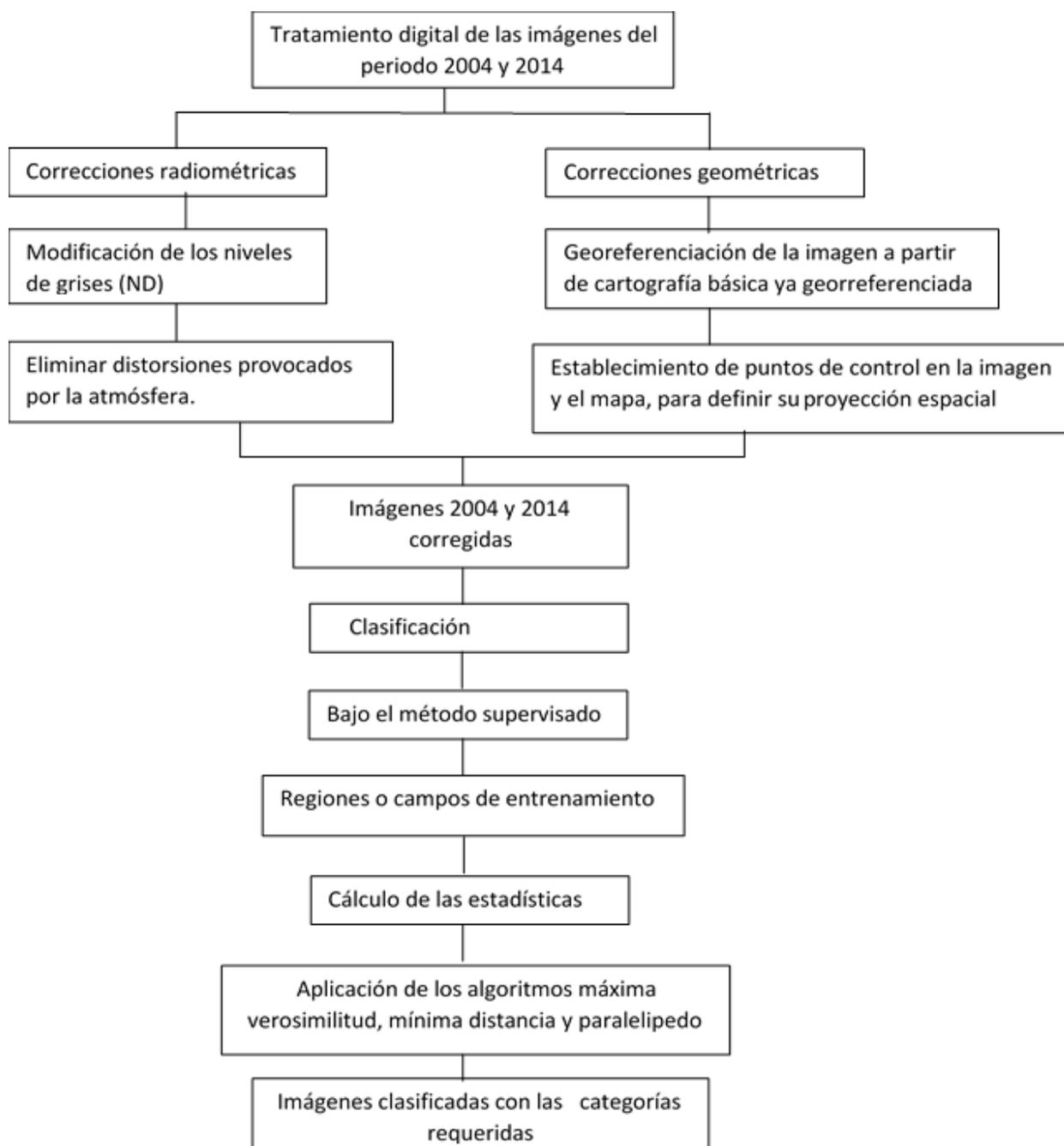
Con respecto a la evolución de las tendencias recientes del cambio de ocupación del suelo, y específicamente para la realización de este trabajo de investigación; se consiguieron imágenes de satélite del sensor SPOT5_MS para el año 2004; y escenas del satélite SPOT 6_MS para el año 2014 cuyas características se describen en la tabla1.

Tabla 1 Características de las imágenes de satélite utilizadas

Código de Escena	Fecha	Sensor	Resolución	Proveedor
IMG_SPOT5_MS 2004-02-02 17:08:22.1	25/03/2004	SPOT MS	Espacial 10m Espectral 4 bandas visibles,3 Infrarrojocercano, 1	Departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.
IMG_SPOT6_MS _001_A : SPOT 6 2014-02-18:1	12/02/2014	SPOT MS	Espacial 10m Espectral 4 bandas visibles, 3 infrarroja cercano, 1	Departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración con ERNEX-NG.
Imágenes históricas de Google Earth	Periodo de sequía:	SPOT	Espacial 20m	Tomadas del portal de Google Earth

2.2 Esquema a seguir para el procesamiento digital de las imágenes

Cada una de las imágenes de satélite correspondientes a los años 2004 y 2014 respectivamente, recibieron un tratamiento digital en el software ERDAS IMAGINE el cual consto de los procesos descritos en el siguiente esquema:



2.2.1 Contexto histórico de la teledetección

La aplicación de la metodología que utiliza imágenes de satélite obedece a la disciplina denominada teledetección o percepción remota la cual tiene sus inicios en uno de los muchos desafíos de ser humano; tal es el caso el cual refiere a que volar ha sido, desde épocas remotas, uno de los sueños más anhelados por la humanidad; y desde el momento que se alcanzó este logro la innovación tecnológica creció a un ritmo vertiginoso, lo que ha permitido enriquecer de una manera notable nuestro conocimiento del planeta y de sus habitantes. Uno de los principales logros de esa aventura área ha sido la búsqueda de una nueva visión de los paisajes terrestres. El afán de remontar la limitada perspectiva de la visión humana había sido limitado, pero con el desarrollo de la aeronáutica, se potencializo esta disciplina, permitiendo con esto la observación de la tierra desde el espacio; revolucionado los estudios territoriales y la investigación espacial (Chuvienco, 1995)

2.2.2 Teledetección

Esta observación desde el espacio y fuera de la superficie terrestre constituye el marco de la teledetección o percepción remota, este concepto, proviene del vocablo de una traducción latina del término inglés remote sensing (sensor remoto), ideado a principios de los 60 para designar cualquier medio de observación remota, si bien se aplicó fundamentalmente a la fotografía aérea, principal sensor de aquel momento, ha experimentado una constante evolución a la par de la innovación de tecnologías en programas espaciales, por lo que; la percepción remota también llamada teledetección se ha definido como la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales (sensores remotos) (Chuvienco, 1995); las cuales marcaron la carrera espacial la cual inició en esta misma época con los viajes fuera de nuestro planeta y con la puesta en órbita de satélites lanzados por diversos países.

Retomando el concepto de que la teledetección es la técnica que permite adquirir datos de la superficie de la tierra sin tener contacto directo con los objetos; esto es posible gracias a la relación: fuente emisora de energía, sensor y cobertura; este proceso sucede cuando los objetos son iluminados por la radiación solar y estos la reflejan luego de en esta modificaciones inducidas por la misma estructura y composición de dichos objetos; la radiación es capturada por el sensor del satélite y este la retransmite a estaciones receptoras terrestres para su posterior procesamiento y análisis (CONAGUA, 2005)

2.2.3 Imágenes de Satélite y sus Características

Antes de adentrarnos en la estructura de los procesos ya mencionados, es pertinente definir que es una imagen de satélite(imagen digital); se define como una escena de cualquier parte del globo terrestre, obtenida a partir de un sensor espacial (Chuvieco, 1995); dicha escena está compuesta por un arreglo de números que representa una distribución espacial de ciertos parámetros de campo, como la reflexión electromagnética, emisión o alguna variable de elevación topográfica; una imagen digital está conformada por pixeles organizados en filas y columnas, los cuales se encuentran agrupados en una malla o Grid; los cuales conforma una imagen de satélite; además cada pixel tiene asociado un número denominado como Nivel Digital (ND), el cual representa la intensidad o brillo promedio de una área mínima relativa dentro de la escena, generalmente el rango de los niveles digitales va de 0 a 255. (Posada *et al.*, 2012)

De tal modo que una imagen de satélite está conformada por la información proporcionada por un sensor, a partir de las ondas de energía electromagnética, la cual es registrada en bandas espectrales que obedecen a una porción del espectro electromagnético y que están definidas de acuerdo a la proporción de su longitud de onda. (Castañeda y López, 2009).

Por este motivo es pertinente mencionar la composición y estructura de las diferentes bandas espectrales que conforma una imagen de satélite, porque; a partir de estas se ha de recolectar información de un tipo de cobertura en particular; por medio de las respuestas espectrales que tienen los distintos tipos de materiales sobre un territorio determinado, y así; de esta manera saber de forma general la distribución de los tres elementos fundamentales del paisaje (agua, suelo y vegetación); el comportamiento de la respuesta espectral de dichos elementos queda representadas en patrones reflectivos denominados firmas espectrales que de acuerdo a características tales como: forma, localización y relativa intensidad, son únicas para cada materia en particular (Castañeda y López, 2009).

Con base en este conocimiento se parte para el proceso de la aplicación de la técnica de clasificaciones aplicando el método de calificación supervisada y no supervisada para de esta manera conocer el comportamiento de los distintos tipos de cobertura para saber la dinámica del cambio de ocupación del suelo en la zona de estudio.

Las imágenes poseen propiedades o características específicas en cuanto a su capacidad de registrar o discriminar la información de detalle. Se denomina como resolución de la imagen o también del sensor y se divide en cuatro tipos: espacial, espectral, radiométrica y temporal (Chuvieco, 1995)

Las características de las imágenes de satélite son importantes ya que la deficiencia de alguna de ellas traerá como consecuencia la aplicación de algunas de las técnicas de tratamiento que ayude a su corrección, y de esta manera, el proceso de análisis e interpretación se lleve a cabo con de una manera ágil y efectiva; la primer característica que concierne a la resolución espacial hace referencia al elemento más pequeño que puede ser discriminado en una imagen; se mide de manera práctica, mediante la distancia de un objeto en el terreno y que corresponde a la mínima unidad de información incluida en la imagen o en el

pixel; con respecto a la resolución espectral podemos decir que indica el número y anchura de las bandas espectrales que conforman la imagen (Posada *et al.*, 2012); este tipo de resolución toma gran importancia ya que partir de esta característica se derivarán los procesos de clasificación lo cuales proporcionarán la información temática sobre las modificaciones de los tipos de cubiertas de requerida para esta investigación.

Por otra parte si hablamos de la resolución radiométrica estaremos haciendo mención de las cualidades que tiene el sensor para detectar variaciones en la denominación espectral y los rangos con los que se codifica dicha información; y que junto con la resolución temporal la cual registra la frecuencia con la que se adquieren las imágenes de la misma porción terrestre; se puede decir que estas dos características de resolución quedan sujetas a los distintos tipos de sensores remotos existentes (Posada *et al.*, 2012)

Dentro del tratamiento digital de las imágenes se encuentran las correcciones que se les hacen a las mismas; con este nombre se indican aquellos procesos que tienden a eliminar cualquier anomalía detectada en la imagen, ya sea en su localización o en los niveles de grises (ND) de los píxeles que lo integran. Cualquier imagen adquirida por un sensor remoto, ya sea aéreo o espacial, presenta una serie de alteraciones radiométricas y geométricas debidas a muy variados factores. Esto explica que la imagen finalmente detectada no coincida exactamente con el tono, posición, forma y tamaño de los objetos de la imagen (Chuvieco ,1995)

2.2.4 Tratamiento Digital de Imágenes de Satélite

El producto de los sensores remotos son las imágenes de satélite las cuales para su estudio deben ser sometidas a una serie de mejoras que reciben el nombre de procesamiento digital de imágenes; el cual es definido como, el conjunto de métodos y técnicas orientados a la manipulación y análisis cualitativo y cuantitativo

de las imágenes digitales, su corrección, mejoramiento, transformación y/o clasificación temática, persigue la generación de información útil sobre objetos, áreas y fenómenos específicos; con la ventaja de no estar en contacto directo con ellos; lo cual es ideal para lugares lejanos o de difícil acceso; permitiendo con esto reducir costos en los trabajos de campo; y a cambio, esta técnica nos ofrece un mejor conocimiento de los recursos naturales y del medio ambiente, con un alto grado de confiabilidad (Posada *et al.*, 2012)

2.2.4.1 Correcciones Radiométricas

En caso concreto de las imágenes espaciales, las deformaciones más frecuentes que se deben atender son las correcciones radiométricas, esta técnica consiste en modificar los niveles de grises (ND) de una imagen con el objeto de corregir distorsiones provocadas por la atmósfera ya que esta contiene en su composición aerosoles y vapor de agua los cuales provocan dicha distorsión, así como problemas derivados del mal funcionamiento del sensor (Chuvieco, 2000). Estas distorsiones se presentan como líneas negras o blancas o incluso píxeles aislados del mismo aspecto lo que dificulta la visibilidad de los rasgos de la imagen por lo que es necesario realizar este procedimiento.

2.2.4.2 Correcciones Geométricas

Otro paso fundamental en el tratamiento de las imágenes de satélite requeridas para esta investigación es la corrección geométrica que consiste en cambiar la posición de los píxeles por medios de coordenadas con la finalidad de georeferenciar las imágenes del tal modo que contengan una proyección espacial; en este caso son bajo coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 14; para esta tarea se toma la orientación denominada corrección geométrica de cartografía base; la cual parte como su nombre lo dice de cartografía básica, o bien de otra imagen que se considera como georeferenciada, pero para el caso de esta investigación en particular se utilizaron como referencia cartas topográficas 1:50000 que pueden ser obtenidas de INEGI.

Dicho proceso inicia con la identificación y establecimiento de puntos de control localizados en la imagen y en el mapa; para dicho procedimiento se requiere tener como mínimo entre 14 y 20 puntos, los cuales deben de ser localizados mediante rasgos que no presenten dinamismo temporal como lo son carreteras, vías de ferrocarril, presas, etc., los cuales deben estar situados y distribuidos uniformemente sobre el territorio abarcado por la imagen (Chuvienco ,1995).

2.2.4.3 Proceso de Clasificación Supervisada

Una vez corregida las imágenes de satélite, el paso siguiente fue realizar el procedimiento de clasificación, para lo cual se utilizó el método de clasificación supervisado; para tal efecto se requiere conocimiento del experto basado en vistas previas realizadas al área de estudio para el reconocimiento de los tipos de cubiertas existentes así como su distribución en la zona (Zepeda *et al.*, 2012a); este método permite al interprete delimitar áreas de estudio piloto, consideradas suficientemente representativas de las categorías que conforman la leyenda.

2.2.4.4 Clasificación no Supervisada

Este método se dirige a definir las clases espectrales en la imagen, no implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo que la intención humana se centra en la interpretación, que en la consecución de los resultados. En esta estrategia se asume que el ND de la imagen forma un aserie de agrupaciones (clúster) más o menos nítidos según los usos u ocupaciones de las coberturas.

Estos grupos equivaldrían a pixeles con un comportamiento espectral homogéneo, y por tanto, deberían definir clases temáticas de interés; desgraciadamente, estas categorías no siempre pueden equipararse en las clases informacionales que el usuario pretende deducir. Concluyendo podríamos decir que un buen grupo de autores considera este método como una estrategia completa, que abarca tanto las fases de entrenamiento como la asignación de los pixeles de la imagen a las categorías de la leyenda, por estas razones podemos decir que más bien es una forma alternativa de obtener las estadísticas de entrenamiento. En otras palabras,

el análisis no supervisado, se orienta no tanto a la clasificación de la imagen, como a definir precisamente los grupos o categorías que intervienen en la clasificación. En este sentido, el método no supervisado podría considerarse como exploratorio; dirigido a deducir las clases espectrales presentes en la imagen. (Chuvieco, 2000)

2.2.4.5 Campos de Entrenamiento

El paso siguiente es generar regiones o campos de entrenamiento que son áreas de interés que representan las características de rasgos homogéneos de los distintos tipos de cubiertas según la categoría de ocupación de suelo que representan; para una mejor definición de las áreas de entrenamiento se realizó una consulta previa de las categorías utilizadas en el referente de la carta de uso de suelo 1:50000 de INEGI.

Una vez realizados el procedimiento para la obtención de los campos de entrenamiento es necesario revisar que no exista algún error de la elección de los mismos; ya que si este fuera el caso se tendrían repercusiones en la extensión ocupada por los distintos tipos de cobertura y en consecuencia se afectaría el análisis para determinar las pérdidas o ganancias de los distintos tipos de ocupaciones del suelo del área de estudio.

2.2.4.6 Cálculo de Estadísticas

El paso siguiente fue calcular las estadísticas de la imagen para obtener los valores de cada pixel. Posteriormente se obtuvieron de las estadísticas específicamente la matriz de correlación para identificar las bandas espectrales adecuadas para la obtención de los tipos de cubiertas que se quieren extraer.

2.2.4.7 Productos de la clasificación Supervisada y no Supervisa

Posteriormente se realizó una clasificación supervisada: utilizando los algoritmos de máxima verosimilitud, mínima distancia y paralelepípedo con el fin de realizar un análisis y discriminación que nos permita identificar la imagen más confiable para

el estudio. Una vez concluidos estos procedimientos nuestro resultado fueron las clasificaciones de las cubiertas en un formato Raster; insumos requeridos para la elaboración de cartografía la cual nos permitió hacer una comparación multitemporal de los cambios de ocupación de suelo que ha sufrido el área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lema.

2.3 Unidades de Verificación

Finalmente para la evaluación de la fiabilidad se crearan unidades de verificación representadas por puntos aleatorios recolectados en campo por medio de un Sistema de Global Posicionamiento (GPS), para cada punto se registró la categoría de ocupación del suelo así como su localización exacta sus mediante coordenadas UTM (NAD 27);(Franco,2008)

Para la evaluar la precisión de las clasificaciones, se pretendía comparar las tipos de coberturas obtenidas de las imágenes de satélite con los puntos de verificación en campo para determinar la veracidad de la información en la evolución y tendencias de las categorías de ocupación del suelo.

Un complemento adicional a esta investigación consistió en el trabajo de campo; específicamente el referido a la planeación e identificación de los lugares estratégicos que representan zonas de conflicto en donde se obtuvo información clave para esta investigación; esta etapa fue realizada con herramientas como cartografía base para identificar los lugares de muestreo y se complementó con la estructuración, elaboración, aplicación de una prueba piloto; para finalmente concluir con la aplicación de la encuestas; que por medio de cuestionarios se tuvo un cierto grado de la perspectiva que la población tiene de su territorio.

El correcto seguimiento de los procesos metodológicos culminó con la obtención de los insumos necesarios para la integración, análisis y procesamiento de la información cartográfica, esto aunado a los resultados obtenidos en campo; nos permitió elaborar una relación de manera holística de los aspectos espaciales y

sociales que se están llevando a cabo en esta unidad territorial; contemplando claro está; de la incorporación activa de la población como una solución a los problemas de los cambios de ocupación del suelo.

Con respecto a la etapa de resultados se presentan los mapas correspondientes a los cambios de ocupación del suelo producto de la comparación temporal de las imágenes de satélite clasificadas (Zepeda et al.,2012a); además de analizar las estadísticas a partir de la elaboración de matrices de confusión para identificar de pérdida y ganancia de superficies de los distintos tipos de cubiertas (Franco,2008);también se elaboró una matriz de cambios por medio de una tabulación cruzada (Pineda, 2009); y finalmente la combinación de ambos productos sirvió para llegar al punto fundamental de esta investigación la cual consistió en los aportes de propuestas y alternativas para la solución en los puntos de conflicto desde una perspectiva de la población de tal manera que esta participe de manera directa; para un aprovechamiento adecuado de los recursos de sus territorios y comunidades.

2.4 Clasificación de la imagen 2004

2.4.1 Tratamiento digital de las Imágenes para la investigación multitemporal de cambio de ocupación del suelo para el periodo (2004-2014)

Una vez que se cuenta con los insumos cartográficos suficientes, se procedió a procesar la información para llegar a la comprobación de la hipótesis planteada al inicio de esta investigación; el primer paso consistió en extraer la información temática contenida en las imágenes de satélite; por lo que de acuerdo con el esquema metodológico, se realizó el siguiente procedimiento:

2.4.2 Tratamiento de la Imagen 2004

Para el tratamiento de la imagen de satélite referente al año 2004 correspondiente al sensor del satélite Spot 5; se procedió a su corrección geométrica

específicamente a su geo-referenciación. Esto permitió unificar las proyecciones espaciales de las imágenes de satélite y el mapa de límites del polígono número tres; así como un límite de referencia, el cual se tomó de una forma deliberada y a conveniencia, dicho territorio corresponde una porción de la APFFCL para delimitar el área de amortiguamiento y aprovechamiento; al hacer coincidir las proyecciones espaciales, las dos escenas fueron co-registradas con la proyección UTM zona 14 *Datum wgs84*; hacemos referencia a la estandarización de la información cartográfica de tal manera que los puntos, lugares, paisajes o sitios coincidan en espacio y ubicación dentro de un territorio determinado.

El proceso de geo-referenciación fue realizado a partir de una capa vectorial ya georreferenciada en la cual se establecieron puntos de control con base en el procedimiento descrito por (Chuvieco, 1995); el procedimiento consistió en identificar rasgos que se pudieran identificar en la imagen de satélite y en la capa vectorial; posteriormente se colocaron puntos de control suficientes hasta llegar a un alto grado de confiabilidad de la georreferenciación; el cual fue comprobado con el algoritmo *View Link Table*; donde por medio del residual mínimo aceptable de (0.5); requerido para el proceso según (Chuvieco,1995); se aseguró una buena aplicación de la técnica y esto proporcionó la certeza de una correcta georreferenciación de la imagen; la cual estaría lista para aplicar el proceso de clasificación; mediante el método no supervisado, atendiendo al temporalidad de la imagen. Y de esta manera fue posible clasificar la imagen sin la necesidad tener que realizar campos de entrenamiento.

2.4.3 Tratamiento de la Imagen 2014

Para el tratamiento de la imagen de satélite del 2014 correspondiente al sensor del satélite spot 6; se aplicaron, de igual modo, técnicas para su corrección; de esta manera se unificaron proyecciones espaciales de las imágenes de satélite y

la de los límites del polígono número tres, así como el límite de referencia de la APPFCL con respecto al área de amortiguamiento y aprovechamiento

Al igual que en la imagen del 2004; se utilizó una capa vectorial ya georreferenciada en la cual se buscaron puntos de control bajo las condiciones dispuesta en el procedimiento descrito por (Chuvieco, 2004); el procedimiento consistió en identificar rasgos reconocibles en la imagen de satélite y en la capa vectorial; posteriormente se colocaron puntos de control suficientes hasta llegar a un alto grado de confiabilidad de la geo-rreferenciación; el cual fue comprobado con el algoritmo *View Link Table*; donde por medio del residual mínimo aceptable de (0.5); requerido para el proceso según (Chuvieco, 2004)

Una vez comprobada la correcta georreferenciación de la imagen, se procedió a su clasificación; mediante el método supervisado, el cual nos proporcionó la información correspondiente a la modificación en los tipos de cobertura; y por consecuencia los posibles cambios de ocupación del suelo en el polígono No 3 de la APPFCL; así como del límite de referencia del área de amortiguamiento establecida para esta investigación.

Es importante mencionar que previo al proceso de clasificación se realizó un corte del área de interés de las imágenes de satélite original ya geo-referenciadas (2004 y 2014); esta se hizo con la finalidad de reducir los volúmenes de información, ya que; al trabajar con solo una porción de la imagen nos permitió agilizar los procesos y técnicas del tratamiento digital de las imágenes de satélite; así como de optimizar los espacios de almacenamiento, además de facilitar y acelerar el cálculo de las superficies de los distintos tipos de cubiertas para saber el comportamiento de las categorías de ocupación ganaron o perdieron superficie. Este procedimiento se realizó mediante el software *ArcMap 10.2.2*; específicamente con los algoritmos de las herramientas dispuestas en el *Arc toolbox*.

2.4.4 Clasificación no Supervisada de la Imagen 2004

El proceso para la clasificación de la imagen 2004 se realizó mediante el software *ERDAS IMAGINE 2014*; tomando en cuenta el procedimiento descrito por (Posada, 2012); la ejecución de la técnica consistió en desplegar la imagen en el software antes descrito y posteriormente mediante la aplicación *Raster* y la ruta *Classification- Unsupervised*; y mediante el algoritmo *Unsupervised Classification*; se desplego el cuadro donde se colocaron las especificaciones eligiendo el archivo de la imagen a clasificar; la ruta de salida; el número de interacciones del tipos de cubiertas que para este ejercicio se consideraron 20 y; el número de regiones de entrenamiento que cumplían con los requerimientos con respecto a la cantidad de cubiertas en el área de estudio; en este caso el número de clases seleccionado fue 10, se acepta el algoritmo y el software correrá el procesamiento de los datos.

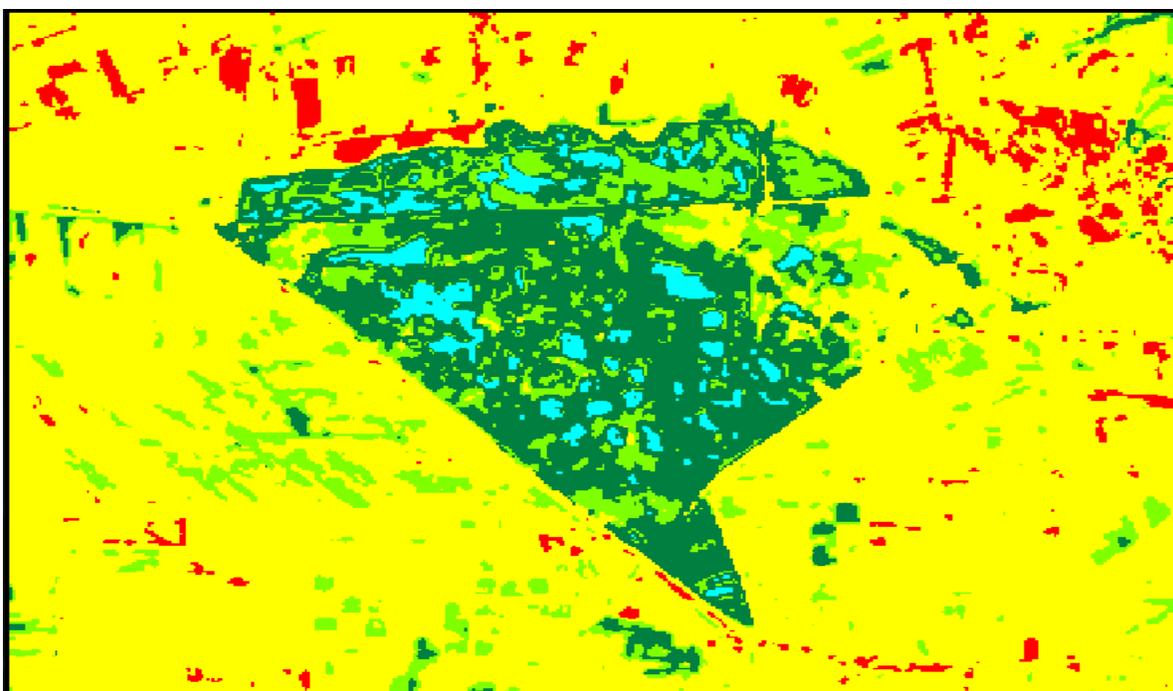
En este método no se requiere conocimiento de los tipos de cobertura a priori. El proceso se basa en la elección de las bandas espectrales de la imagen a clasificar, definiendo un número determinado de clases espectrales, seleccionando de los criterios de similitud y algoritmos de agrupación de los ND. En este método es el propio algoritmo el que define las clases de acuerdo con el análisis clúster de pixeles con características semejantes; mediante el cual el sistema de tratamiento busca los agrupamientos naturales de los datos para establecer las correspondientes clases.

Para llevar esto a cabo fue necesario suministrar algunos valores tales como el número de clases a crear, los tamaños mínimos y máximos de cada una, las tolerancias para la distinción entre clases. Estos parámetros guían al algoritmo en la definición de clases, que se producen en estos métodos de forma simultánea a la asignación de los elementos a una u otra de dichas clases (Posada, 2012).

Una vez definidas las clases se ingresó a la tabla de atributos de la imagen clasificada (*Display attribute Table*) y desde esta herramienta se procedió a editar

las clasificación, esta acción se puede hacer con una imagen coincidente temporalmente para tener una referencia de los tipos de cubiertas existentes en el año de estudio. Para la edición de la clasificación de esta investigación se utilizó una imagen del archivo histórico de Google Earth correspondiente al año 2004; la precisión proporcionada por este visualizador nos ofreció una alto grado de resolución espacial lo que nos permitió identificar de manera fácil las cinco categorías seleccionadas: a) urbano: comprende localidades rurales y urbanas, b) agua: espacios de agua libre de vegetación dentro del polígono, c) agricultura: de temporal, de humedad d) tulares, e) vegetación acuática: vegetación acuática de porte bajo y tipo de ambientes con niveles de agua inferiores a 1m de altura.

Figura 2. Clasificación no supervisada del año 2004



Estas categorías fueron editadas de acuerdo al tipo de cobertura de tal modo que las categorías quedaron definidas y representadas por los colores: urbano de color rojo; agricultura; amarillo, tulares: verde de tono oscuro; vegetación acuática de porte bajo menor aun metro de altura de color verde claro y; el agua de color azul.

2.4.5 Clasificación Supervisada de la Imagen 2014

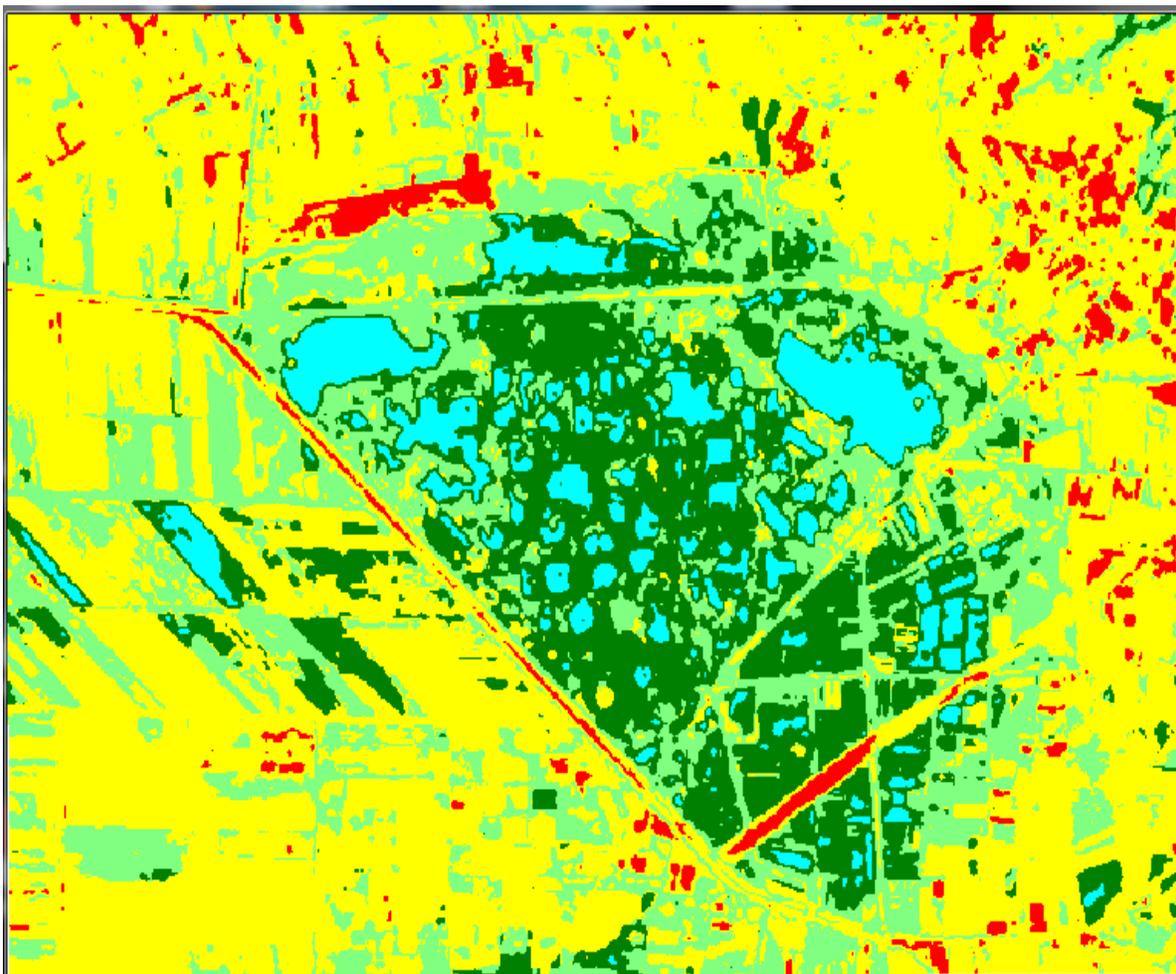
Para la extracción de la información temática de la imagen 2014, se aplicó el método supervisado ya que se contaba con la ventaja de poder realizar trabajo de campo donde se pudo hacer un reconocimiento e identificación de los tipos de cubiertas de la zona de estudio; este conocimiento nos permitió tener la base para generar campos de entrenamiento con un alto grado de confiabilidad del tipo de cubierta identificado en la imagen, de tal modo que; los resultados de la distribución de los tipos de cubiertas ofrecen un alto grado de confiabilidad.

El proceso para la clasificación de la imagen 2014 se realizó mediante el software *ERDAS ER mapper 2014*; tomando en cuenta el procedimiento descrito por (Posada, 2012); la aplicación de la técnica consistió en desplegar la imagen y aplicar el algoritmo de *Edit/create regions*; se crearon las regiones de entrenamiento distinguiendo cinco categorías de ocupación del suelo.

Cabe mencionar que para definir las regiones de entrenamiento se tuvo especial dificultad para distinguir entre los valores de reflectancia de la vegetación acuática y la agricultura. Una vez definidas las regiones de entrenamiento se calcularon sus estadísticas, paso fundamental para la elección de las bandas en función de las firmas espectrales.

El paso siguiente fue realizar la clasificación por el método supervisado; utilizando los algoritmos de *Máximum Likelihood Estándar* y de *Mínimum Distance* con la finalidad de hacer una comparación entre ambos y determinar aquel que nos ofrecía un mayor grado de confiabilidad con respecto de la superficie ocupada por los distintos tipos de cobertura (figura 4.2)

Figura 3. Clasificación supervisada del año 2014



Una vez clasificada la imagen del año 2014; con las cinco categorías: a) urbano, b) agua, c) agricultura; d) tulares, y; e) vegetación acuática, fueron transformados a formato raster para realizar el proceso de identificación de los distintos cambios de ocupación de suelo.

CAPITULO III RESULTADOS

3.1 Análisis de los cambios de ocupación del suelo en el polígono número tres del APFFCL

3.1.1 El mapa de ocupación del suelo para del 2004

Una vez realizada la clasificación de la imagen del 2004 fue posible obtener el mapa de ocupación del suelo, lo cual implicó un proceso de vectorización de la imagen raster. Esto permitió calcular las áreas por tipo de cobertura (tabla 2)

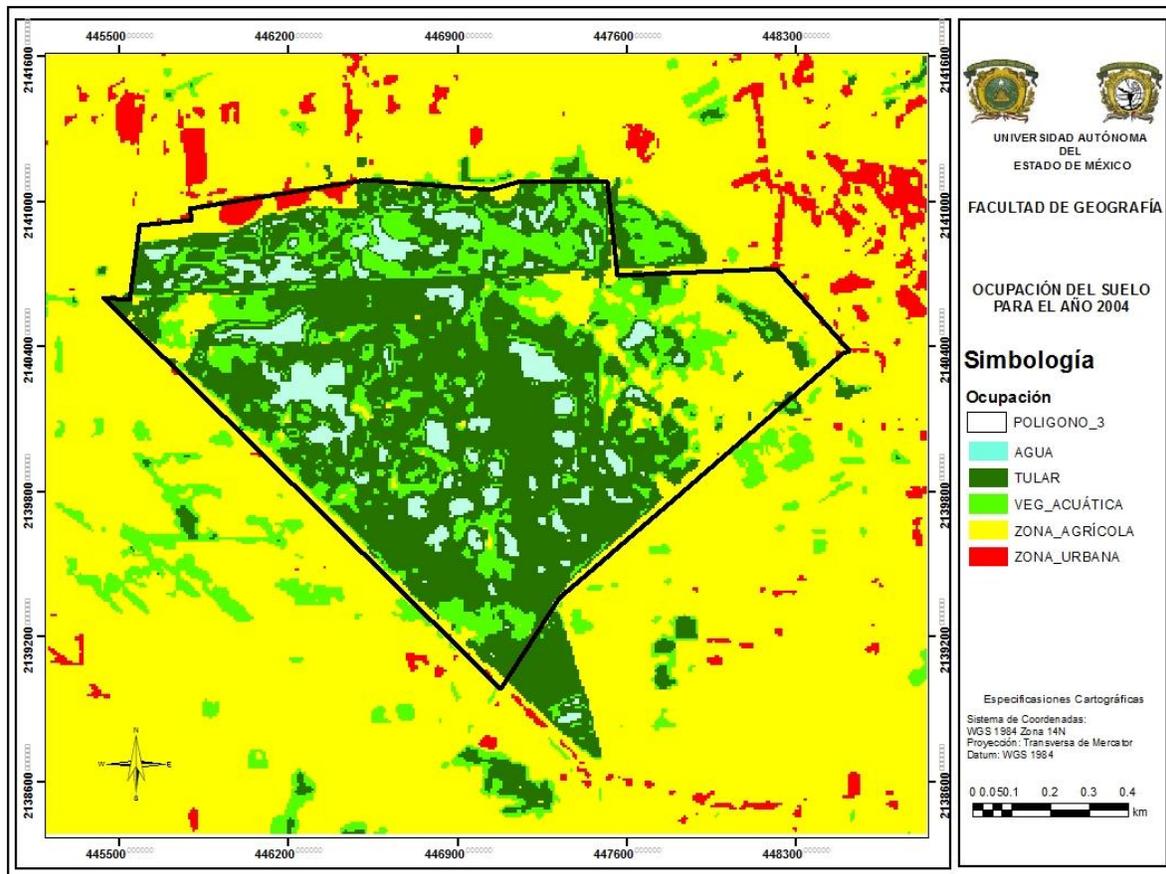
Tabla 2. Superficie por tipo de cobertura 2014

Tabla 2. Superficie por tipo de cobertura en el 2004		
No	Cubierta	Área (ha)
1	AGUA	30.1
2	TULAR	228.6
3	VEGETACION_ACUA	142.3
4	ZONA_AGRICOLA	1030.2
5	ZONA_URBANA	52.2

La información sobre las superficies es mayor al área total del polígono número tres de la APFF; ya que para efectos de la investigación, se consideró un marco territorial adyacente que permitiera contar con una referencia sobre el contexto los procesos que se llevan a cabo en el área contigua, y de esta manera; entender la evolución de la dinámica del cambio de ocupación del suelo que puedan afectar los tipos de cubiertas y en consecuencia la biodiversidad de esta reserva territorial protegida.

El producto final del procesamiento de la imagen Spot 5 del año del año 2004 correspondiente a la época de invierno, fue la obtención del mapa de ocupación del suelo 2004 (Figura 4)

Figura 4. Ocupación del suelo para el año 2004



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

El mapa presenta la división de la ocupación del suelo en cinco tipos de ocupación del área de estudio la cuales están definidas por una serie de colores que a continuación se describen: agua; representada por los espejos de agua en color azul; el Tular en color verde intenso; la vegetación acuática en color verde tenue; la agricultura en color amarillo y la zona urbana en color rojo: el nombre asignado para esta última ocupación se eligió de una manera general para referirse a todo

tipo de edificación sin atender de manera rigurosa el significado del concepto; como

Un primer al análisis visual de la figura 4.3 nos permite apreciar la influencia que ejerce la actividad agrícola en torno al área de protección. Asimismo destaca que la presencia cercana de asentamientos humanos ya era un factor importante en la fecha de la imagen; al interior del área de protección tendía a dominar vegetación de tular y, en un segundo término, la vegetación acuática.

3.1.2 El mapa de ocupación del suelo del 2014

La clasificación supervisada de la imagen 2014 nos permitió obtener el mapa de ocupación del suelo (Figura 5) cuyas superficies por tipo de cobertura se presentan en la tabla 3.

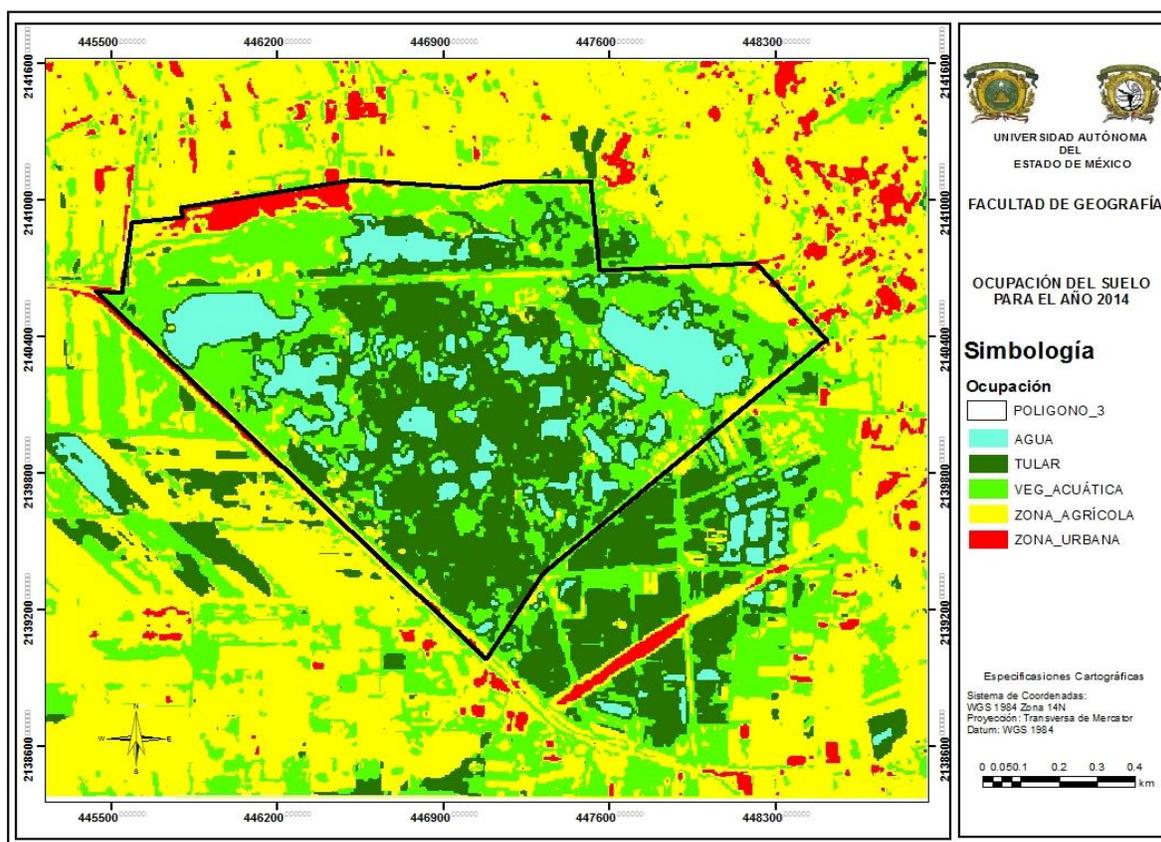
Tabla 3. Superficies por tipo de cobertura en el 2014

Tabla 3. Superficies por tipo de cobertura en el 2014		
No	Cubierta	Total en Ha
1	AGUA	76.4
2	TULAR	259.3
3	VEGETACION_ACUA	337.1
4	ZONA_AGRICOLA	784.4
5	ZONA_URBANA	53.0

Un análisis de los resultados de superficie en las tablas 2 y 3 permite identificar que, durante el periodo estudiado, algunas categorías ganaron en superficie. El agua pasó de 30.1 a 76.4 ha lo que significó un incremento de 46.3 ha (más de 153.8%). De igual modo la vegetación acuática aumentó en un 136.9%. El tular, por su parte, tuvo un aumento significativamente menor pasando de 228.6 a 259.3 ha, es decir, un 13.4% más en un periodo de 10 años. La principal categoría que perdió superficie fue la agricultura que pasó de 1030.2 a 784.4 ha; lo que significó una reducción de 23.9% de superficie.

El mapa de ocupación del suelo del 2014 (figura 5) es posible observar de manera evidente la pérdida de la superficie agrícola y el incremento de las zonas cubiertas por agua. También se hace evidente que el APFF pudiera estar sujeto al incremento de la urbanización como resultado de procesos de invasión de tierras.

Figura 5. Ocupación del suelo para el año 2014



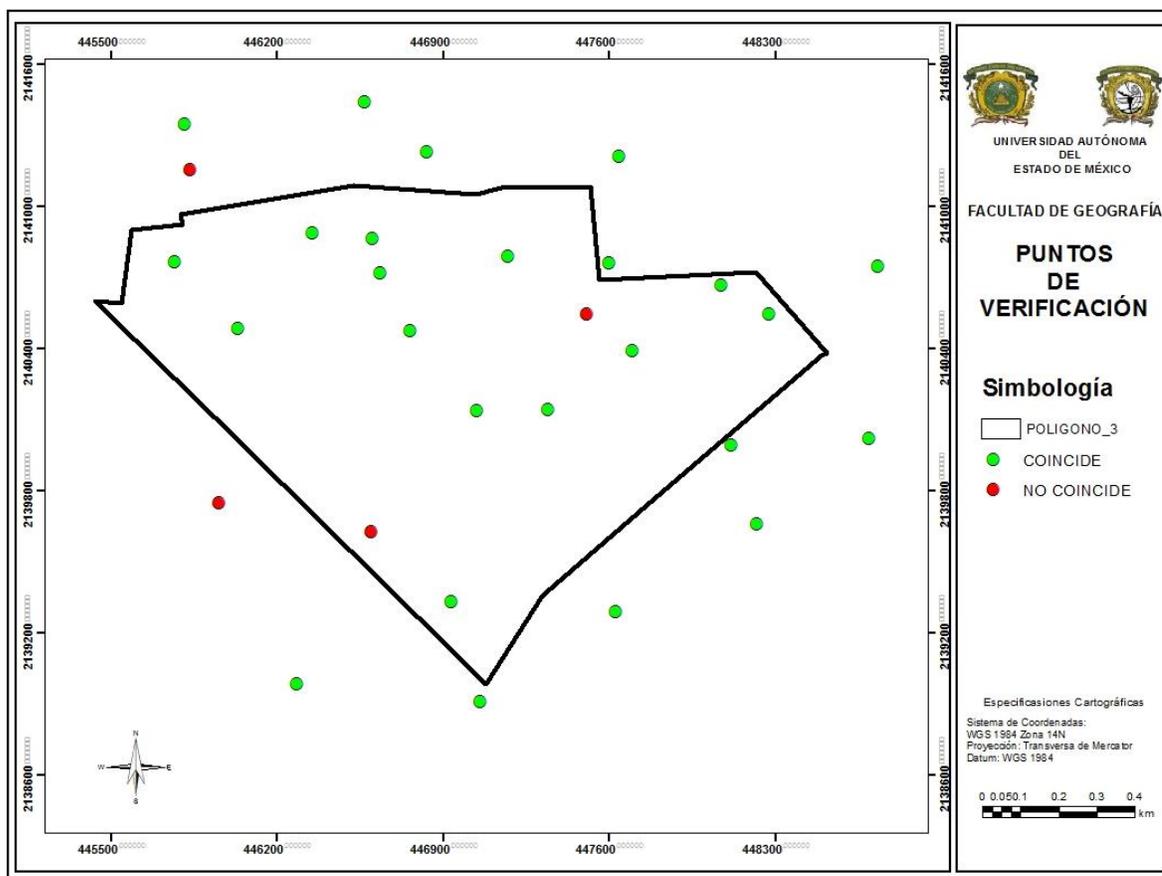
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

Si se hace una comparación cartográfica; entre las superficies de las ocupaciones del suelo del 2004 y 2014; es posible identificar por lo menos dos áreas de conflicto que se encuentra influenciadas por asentamientos humanos que están generando una presión sobre estas zonas.

3.2.1 Puntos de verificación

Para corroborar la confiabilidad de la información generada se aplicó un proceso de verificación de campo el cual consistió en el levantamiento de muestras aleatorias en el área de estudio; por medio del Sistema de Posicionamiento Global (GPS); se registraron treinta puntos de verificación con la plena seguridad del tipo de cubierta confirmada en campo; para tal efecto se realizó el mapa denominado puntos de verificación (Figura 6)

Figura 6. Puntos de verificación de campo



Fuente: Elaboración propia con trabajo de campo

El mapa representa con puntos verdes los lugares donde la clasificación y el trabajo de campo coincidieron y los puntos en rojos aquellos donde aparentemente la clasificación fue errónea. Con una mayoría de coincidencias y en base de los puntos de verificación fue posible constatar la información derivada de la clasificación de la imagen lográndose 88% de confiabilidad.

3.3 Cambios, (pérdidas y ganancias) de los tipos de ocupación del suelo

Una vez que se obtuvieron los mapas de ocupación del suelo del 2004 y 20014 se realizó el proceso de superposición cartográfica y se obtuvieron las estadísticas de cambio en la superficie de cada cobertura.

Como resultado de la superposición cartográfica se obtuvo la matriz de cambios del periodo 2004-2014 (Tabla4)

Tabla 4. Matriz de cambios en la ocupación del suelo 2004-2014 (en ha)

		Ocupación de suelo 2014						
		Agricultura	Vegetación Acuática	Tular	Agua	Urbano	Área	Pérdida de superficie en la cubierta original
Ocupación 2004	Agricultura	643.6	203.5	21.7	21.7	33.5	1030.2	386.6
	Veg. Acuática	44.4	40.7	36.2	13.9	1.0	142.3	101.6
	Tular	23.7	61.9	105.0	24.7	1.6	228.6	123.5
	Agua	2.0	5.3	6.7	16.0	0.0	30.1	14.1
	Urbano	30.4	4.0	0.4	0.1	12.5	52.2	39.7
	Incremento de superficie en otras coberturas de 2004	100.6	274.8	65.1	60.4	36.1	1483.4	665.5

3.3.1 Transición de la ocupación del suelo 2004 - 2014

La tabla 5 permite observar las superficies que se mantuvieron a lo largo del periodo así como las superficies que sufrieron algún tipo de transición representada por pérdidas y ganancias entre los distintos tipos de coberturas.

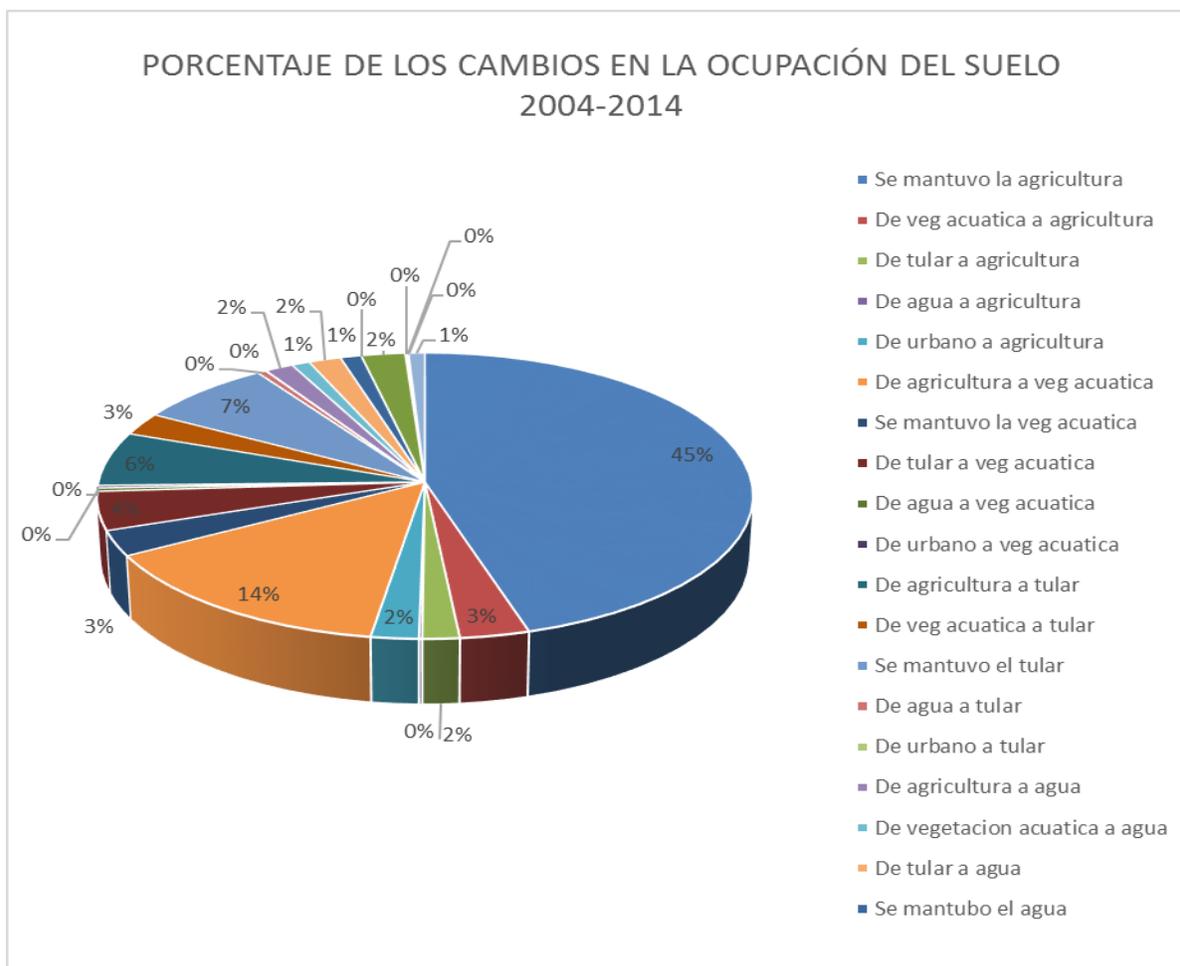
Tabla 5. Transición de ocupación del suelo 2004-2014

TRANCICIÓN	ÁREA Ha	PORCENTAJE %
Se mantuvo la agricultura	643.6	45.32
De Veg. acuática a agricultura	44.4	3.13
De Tular a agricultura	23.7	1.67
De agua agricultura	2.1	0.15
De urbano a agricultura	30.4	2.14
De agricultura a veg. acuática	203.5	14.33
Se mantuvo la veg. acuática	40.7	2.86
De Tular a Veg. acuática	61.9	4.36
De agua a Veg. acuática	5.3	0.37
De urbano a Veg. acuática	4.1	0.29
De agricultura a Tular	86.9	6.12
De veg. acuática a Tular	36.2	2.55
Se mantuvo el Tular	105.0	7.40
De agua a Tular	6.7	0.48
De urbano a Tular	0.4	0.03
De agricultura a agua	21.7	1.53
De veg. acuática a agua	13.9	0.98
De Tular a agua	24.7	1.74
Se mantuvo el agua	16.0	1.13
De urbano a agua	0.1	0.01
De agricultura a urbano	33.5	2.36
De veg. acuática a urbano	1.0	0.07
De Tular a urbano	1.6	0.11
Se mantuvo lo urbano	12.5	0.88

Como es posible observar en la tabla 5, poco más de 800 de las 1420 ha de la zona de estudio mantuvieron su condición de ocupación. Los principales cambios ocurridos hacia la recuperación del área protegida tienen que ver con la reconversión de zonas agrícolas en vegetación acuática (203.5 ha) y tular (86.9 ha). Estos cambios pueden deberse al incremento de la superficie inundada. La transición de la vegetación natural hacia la agricultura alcanzó apenas las 68 ha (4.8%)

3.3.2 Representación porcentual del cambio en la ocupación del suelo

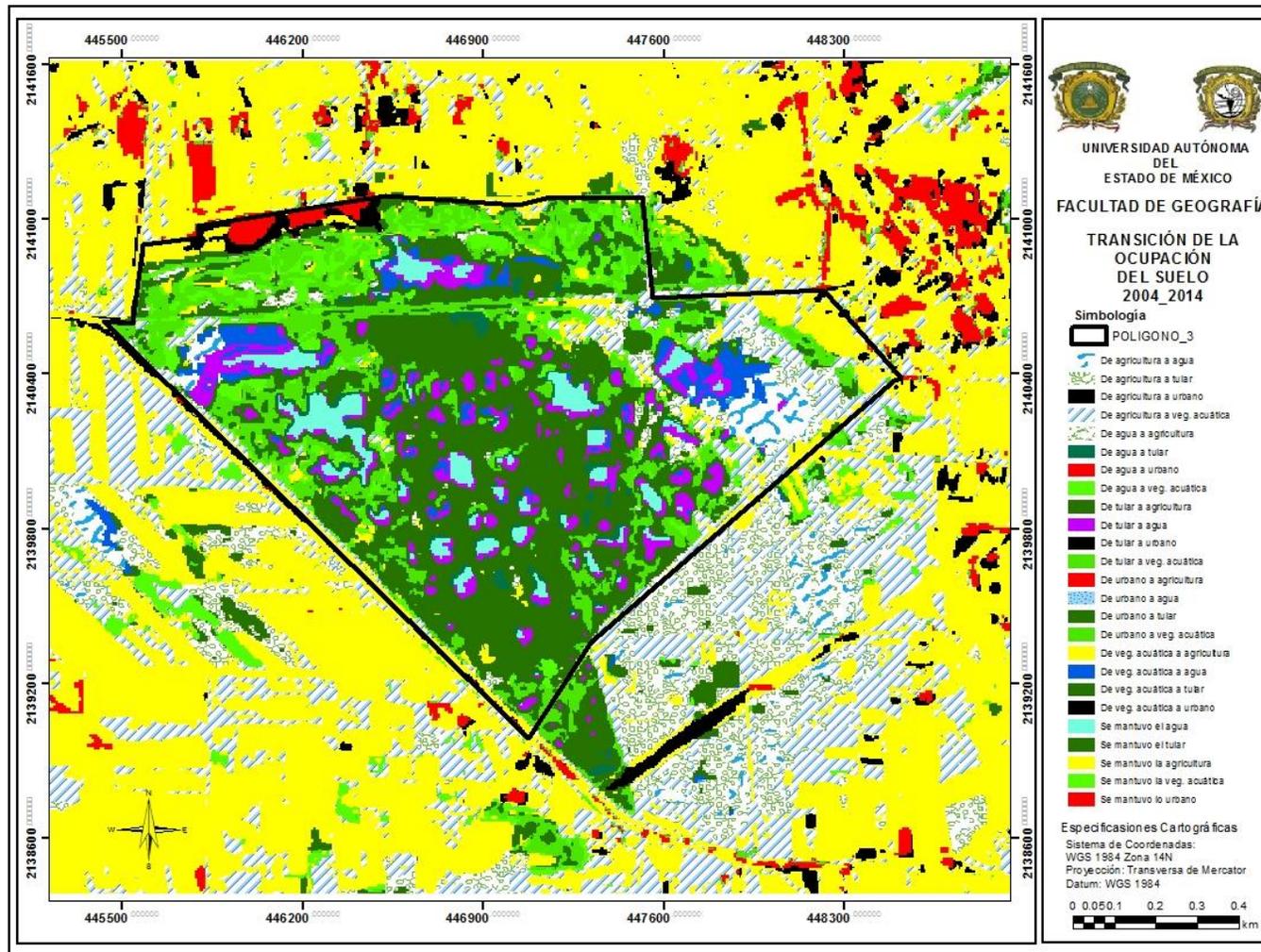
En la gráfica siguiente es posible apreciar los porcentajes de cambio entre las diversas categorías de ocupación así como los porcentajes que ocupan dentro de la área de estudio.



Grafica 1 Porcentaje de los cambios de ocupación del suelo 2004-2014

3.4 Mapa de la transición de la ocupación del suelo 2004 – 2014

Figura 7. Transición de la ocupación del suelo 2004 – 2014



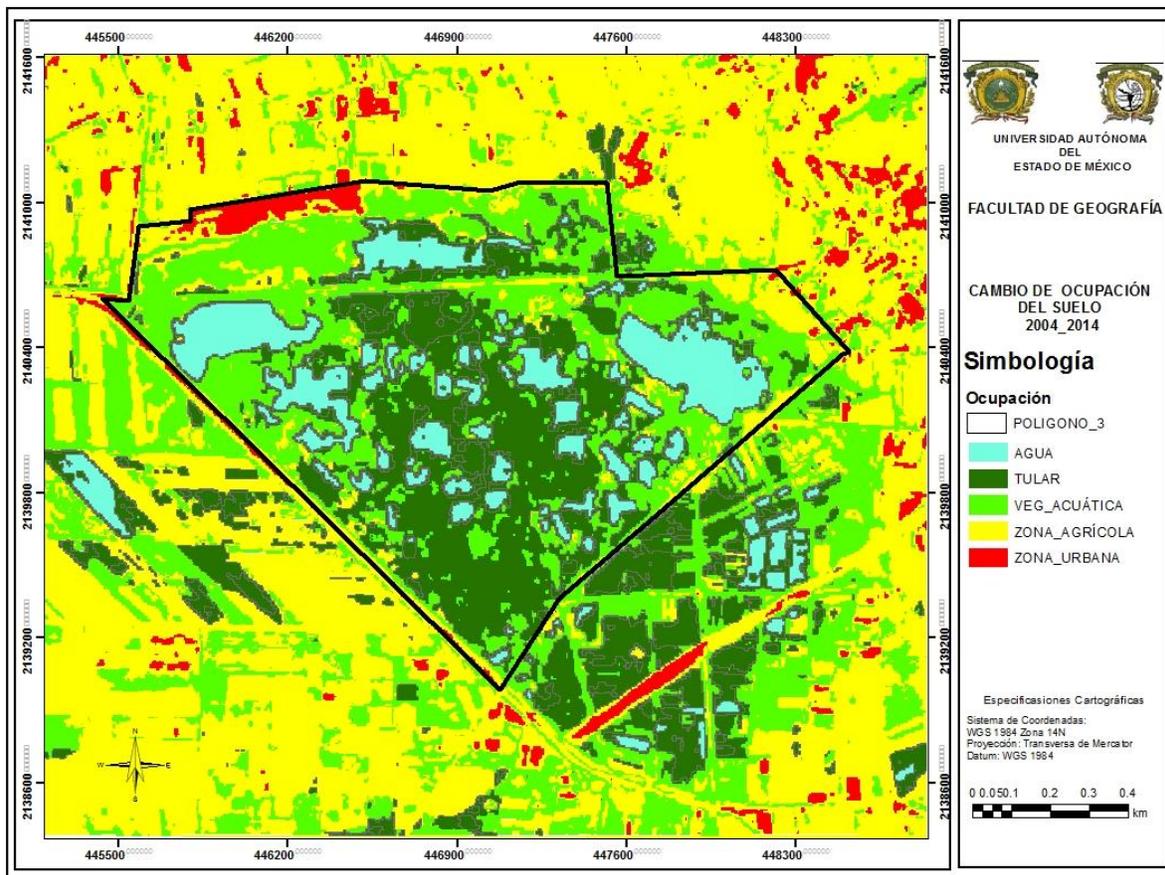
La figura 7 presenta el resultado de superposición cartográfica de los mapas de ocupación. Es evidente que los tulares se han venido perdiendo, transformándose en zonas de vegetación acuática y agua. La vegetación acuática por su parte se ha venido incrementando, sobre todo en detrimento de los tulares y las zonas agrícolas. Destaca también el incremento de las zonas urbanas por la reconversión de zonas agrícolas.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

3.5 Mapa final del cambio de ocupación del suelo en el periodo 2004 - 2014

Finalmente tenemos la figura número 8; es la que hace referencia a la ocupación del suelo correspondiente a los cambios de ocupación del polígono número tres del área de protección de flora y fauna ciegas de Lerma APFFCL en el periodo 2004-2014

Figura 8. Cambio de ocupación del suelo 2004 - 2014



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

3.6 Cartografía Participativa (Percepción de la población)

3.6.1 Análisis de los resultados de las encuestas

Como parte del objetivo referente a la tarea de conocer la forma en que los habitantes que se encuentran cerca del área de protección de flora y fauna perciben su entorno territorial y la forma en que interactúan con el mismo.

Para tratar de explicar los cambios ocurridos en el área de protección, se aplicó una encuesta a 17 habitantes de la región. La tabla 6 y 7 presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6. Resultados de la encuesta parte 1

No.	¿Es usted originario de la región?	¿Cuánto tiempo lleva viviendo en este lugar?	¿Sabía que la zona fue declarada como área para protección de flora y fauna?	¿A cambiado la región en los últimos 10 años?	¿Cambio el nivel del agua? aumentó o disminuyó?	¿Cambio la calidad de agua de la laguna: más o menos contaminada?	¿Cambio o la vegetación de la laguna?	¿Aumentó o disminuyó el tular?	¿A habido cambios en los animales de la laguna?	¿Cuáles aumentaron?	¿Cuáles disminuyeron?	¿Aumentado o disminuido o la Agricultura?	¿Cuándo bajan los niveles del agua estas tierras son cultivadas?	¿Qué tipo de agricultura se practica?	¿Se extrae el agua para otras actividades?	¿Existe pastoreo de ganado?	¿Qué tipo de ganado?	¿A notado aumento en la cantidad de Casas en los últimos 10 años?	¿Está aumentando o disminuyendo la población?
1	Si	25	Si	Si	Aumenta y disminuye	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	Patos, garza	Peces y batracios	Aumentó	si	Temporal, invernaderos	No	Si	Bovino, ovino	Si	Aumentado
2	Si	6	No	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	Patos	Peces	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino, ovino	Si	Aumentado
3	Si	50	No	Si	Aumentó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	Patos, garza	Peces	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino, ovino	Si	Aumentado
4	Si	75	Si	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Disminuyó	Si	Aves	Peces	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino, ovino	Si	Aumentado
5	Si	30	Si	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	os, corbejo	Peces, ajolotes	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino, ovino	Si	Aumentado
6	Si	65	Si	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Disminuyó	Si	Patos, zarcet	Ranas, peces	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino y ovino	Si	Aumentado
7	Si	40	No	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	Patos	Pescado, acocil	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino	Si	Aumentado
8	Si	22	No	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	Patos	Peces	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino, ovino	Si	Aumentado
9	Si	85	No	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Disminuyó	Si	os, golondri	Juil, charales	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovino, caballos	Si	Aumentado

Tabla 7. Resultados de la encuesta parte 2

No.	¿Es usted originario de la región?	¿Cuánto tiempo lleva viviendo en este lugar?	¿Sabía que la zona fue declarada como área para protección de flora y fauna?	¿A cambiado la región en los últimos 10 años?	¿Cambio el nivel del agua? aumentó o disminuyó?	¿Cambio la calidad de agua de la laguna: más o menos contaminada?	¿Cambio o la vegetación de la laguna?	¿Aumento o disminuyó el tular?	¿A habido cambios en los animales de la laguna?	¿Cuáles aumentaron?	¿Cuáles disminuyeron?	¿Aumentado o disminuido la Agricultura?	¿Cuándo bajan los niveles del agua estas tierras son cultivas?	¿Qué tipo de agricultura se practica?	¿Se extrae el agua para otras actividades?	¿Existe pastoreo de ganado?	¿Qué tipo de ganado?	¿A notado aumento en la cantidad de Casas en los últimos 10 años?	¿Está aumentando o disminuyendo la población?
10	Si	27	Si	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Disminuyó	Si	Patos, tordo	Pescados	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovinos	Si	Aumentado
11	Si	33	No	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumento	Si	Patos, tordo	Acociles, pescado	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovinos, ovinos	Si	Aumentado
12	Si	19	Si	Si	Aumentó	Más contaminada	Si	Aumento	Si	Aves, patos	acociles	Aumentó	si	Temporal	No	Si	Bovinos, ovinos	Si	Aumentado
13	No	24	No	Si	Aumentó	Más contaminada	No	No	Si	patos, garza	Peces	Sigue igual	No sabe	Temporal	No	Si	ovinos	Si	Aumentado
14	Si	35	Si	Si	Aumenta y disminuye	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	garcetas á	Peces,ajolotes, carpas	Aumentó	SI	Temporal e invernaderos	No	Si	Bovinos y ovinos	Si	Aumentado
15	Si	56	Si	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	os, garza ne	acociles	Aumentó	SI	Temporal	No	Si	Bovinos, caballos	Si	Aumentado
16	Si	17	No	Si	Aumentó	Más contaminada	Si	Aumentó	No sabe	No sabe	No sabe	Aumentó	SI	Temporal	No sabe	Si	Ovinos	Si	Aumentado
17	Si	36	Si	Si	Disminuyó	Más contaminada	Si	Aumentó	Si	es migrator	Peces, acociles, ajo	Aumentó	SI	Temporal, monocultivo	Criadero de carpas	Si	Bovinos, caprinos	Si	Aumentado

3.6.2 Interpretación de la información recolectada en trabajo de campo (cuestionario)

Los procesos e interrelaciones del hombre con el medio físico que le rodea, así como el complejo juego de intereses políticos, económicos y sociales, como parte de un sistema global, se convierten en factores que determinan la ocupación que se le ha de dar al suelo en una determinada unidad territorial, es por eso la importancia de saber el grado de conocimiento que las personas tienen de sus territorios; de esta manera se podrá valorar como ellos perciben su entorno; el cuidado y conciencia al momento del aprovechamiento de los recursos. Para tener un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales es necesario integrar a las comunidades a un proceso de participación social de tal modo que la sociedad sea la encargada de un aprovechamiento integral y racional de los recursos en un territorio (Vélez, 2012)

Una de las metodologías para la integración de organizaciones sociales de una manera activa, es la cartografía participativa; mediante la cual se conoce la educación ambiental de una sociedad. Es por esta razón que como parte de la metodología general de esta investigación se tomó como complemento a la metodología denominada geografía participativa la cual será aquel elemento alternativo que nos sirva como apoyo para la gestión de una conservación y aprovechamiento de los recursos de cualquier país estado o municipio: dicha metodología consistió en la aplicación de una encuesta utilizando este cuestionario como herramienta principal, además del mapeo colectivo en el sitio y con la colaboración de la población lugareña (Vélez *et al.*, 2012) con estos elementos se recolectó información para tratar de conocer y entender la percepción que la población tiene de los procesos de cambio de ocupación del suelo que están ocurriendo en sus territorios; del mismo modo con la información recabada mediante el mapeo colectivo se identificaran los sitios o zonas que están sufriendo mayores cambios, según la opinión de la población local.

La información recolectada en el cuestionario se analizó por medio de tablas y graficas; donde se rescataran los aspectos más importantes que nos permitan identificar posibles elementos que nos ayuden a resolver el problema planteado en esta investigación.

Con base en la información recopilada, 95% de los entrevistados lleva más de 10 años habitando en la región. Esto nos garantizó, en cierta medida el conocimiento de la gente respecto a los procesos y acontecimientos ocurridos en el periodo estudiado. Un dato significativo es que cerca de la mitad de los entrevistados (48%) desconoce que la Ciénega se encuentra declarada como área de protección de flora y fauna. Esto resulta especialmente importante dado que el conocimiento de la declaratoria como área natural protegida podría evitar que los habitantes de la región induzcan cambios de ocupación de suelo y sobre explotación de los recursos, aspectos que el 100% de los entrevistados reconocen han ocurrido en los últimos diez años. La población local está consciente de los cambios y transformaciones que están ocurriendo en su territorio.

Evidentemente, al tratarse de una zona lacustre, muchos de los cambios de ocupación guardan relación con el comportamiento de las zonas inundables. Los procesos de pérdidas y ganancias, sin embargo, tienen también una componente antrópica a considerar y que se expresa en las encuestas. Para la población local el nivel de agua ha disminuido (65%), ha aumentado la contaminación (100%), lo que está afectando la flora y la fauna de la Ciénega de Chicnahuapan (Tarasquillo). 77% de los entrevistados consideró que la vegetación de la laguna se ha venido incrementando (esto puede deberse a proceso de eutrofización).

Un aspecto a señalar es que las comunidades vegetales se han modificado significativamente por el incremento del lirio acuático (muy asociado a la contaminación) y el pastizal, como resultado de la disminución del nivel del agua en algunas regiones). Por otra parte un alto porcentaje de los entrevistados

reconoce la disminución del tule. Muy posiblemente como resultado de la contaminación y la desecación de la Ciénega y no por la extracción del recurso.

De acuerdo con la población local resulta evidente que la contaminación está afectando la Ciénega no solo a las comunidades vegetales sino a las especies animales. 95% considera que la fauna regional ha cambiado como resultado de la contaminación, el incremento de la población humana en la zona, la caza y la pesca. Las aves han aumentado, específicamente los patos, garzas y tordos que encuentran un buen refugio en la Ciénega. Otras especies, sin embargo, han disminuido, particularmente algunos peces (juil, carpa, charal), crustáceos (acociles), salamandras (ajolotes) y batracios (ranas). Esta notable disminución de la fauna es un indicativo del deterioro en que se encuentran los ecosistemas.

Una de las explicaciones de la disminución de las especies animales de origen acuático sería el aprovechamiento o sobre explotación por parte de la población local para el autoconsumo (dieta local) o para su comercialización (criaderos piscícolas). De acuerdo con la encuesta, sin embargo, la población no suele abastecerse de la fauna local. Las causas, por lo tanto, deben buscarse en la contaminación y la perturbación antrópica.

Otro factor que puede estar incidiendo en los cambios de ocupación del suelo en la región es el desarrollo de las actividades agrícolas. Prácticamente todos los entrevistados practican la agricultura de temporal, ocasionalmente con el manejo de invernaderos (12%). Casi todos los entrevistados (95%) considera que la agricultura en la región ha aumentado, el análisis cartográfico nos ha mostrado, sin embargo, que es una actividad que ha venido disminuyendo. Mención especial merecen las zonas inundables que por su humedad superficial y su riqueza de nutrientes, representan un atractivo recurso para los agricultores quienes en su mayoría practican una agricultura de temporal y el monocultivo, solo en tanto perduran las condiciones favorables de producción. 100% de los entrevistados declaró aprovechar estas zonas para el desarrollo de la agricultura de bajío.

Un factor adicional a la agricultura es la ganadería. Práctica común en la zona de estudio es el pastoreo extensivo (100% de los entrevistados), sobre todo de bovinos y ovinos. En menor medida existe la crianza de equinos. El ganado suele pastar en las zonas inundables poco profundas, ricas en hierbas, pastos y agua, las cuales que aparentemente son tierras que no le pertenecen a nadie, pero que al ser parte de la área de la área natural protegida, tarde o temprano terminarán por verse afectadas.

En lo tocante al proceso de urbanización, 100% de los entrevistados reconoce un incremento en el número de viviendas en la zona. El cual ha estado de la mano del incremento poblacional.

3.6.3 La componente espacial

Un aspecto esencial de las entrevistas fue el conocer los patrones espaciales de los procesos de cambio. Para tal efecto, se plantearon una serie de preguntas dirigidas a conocer la localización espacial de las zonas sometidas a los factores de cambio; las preguntas utilizadas fueron:

¿Podría indicar los lugares donde se ha secado la laguna y ahora estos terrenos son ocupados para la agricultura?

¿Podría indicar la zona más utilizada para la agricultura?

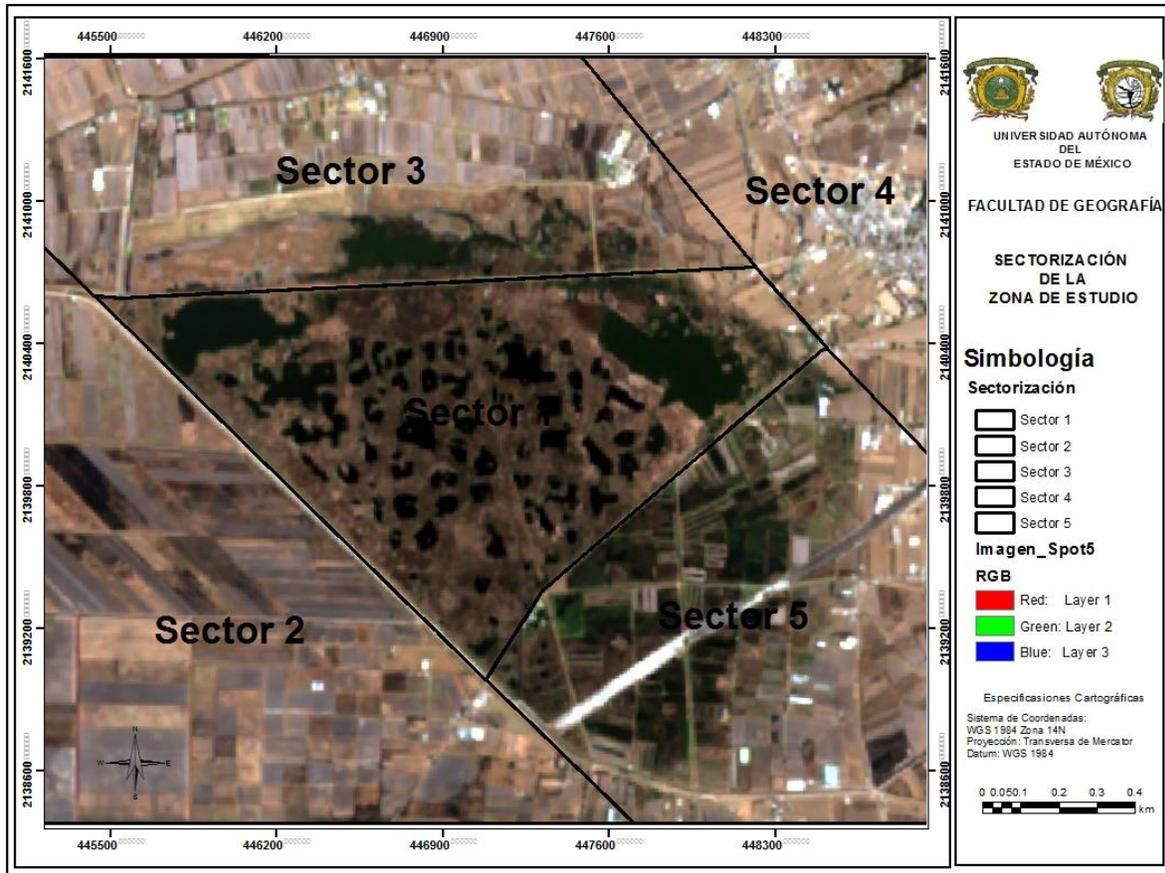
¿Podría indicar los lugares de pastoreo para el ganado?

¿Podría indicar los lugares donde año con año aumenta en el nivel del agua?

¿Podría indicar los lugares donde está llegando más gente a vivir?

Para la ubicación de los entrevistados se utilizó un recorte de una imagen de satélite; Dicha imagen fue subdividida en 5 sectores (figura 9)

Figura 9. Imagen de la zona de estudio por sectores



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

De esta manera las zonas marcadas por parte de los encuestados se tomaron como puntos que representaban la frecuencia con que se repetían las actividades o cambios identificados por la población; estos puntos sirvieron para identificar zonas propensas a factores de cambio de ocupación del suelo; representados por agricultura, pastoreo, asentamientos humanos irregulares y zonas de pérdidas y ganancias de cubiertas vegetales específicas; dicha identificación se realizó en un plano sectorizado de la zona de estudio, lo que permitió realizar un análisis detallado de las condiciones externas que afectan al polígono No 3 de la APFF.

3.6.4 Tabla de cambios de los tipos de cobertura en el plano sectorizado

Los resultados de la ubicación de las zonas con los factores de cambio producto de la percepción de la población, se muestran en la tabla 8; donde se puede observar claramente un factor específico que puede condicionar la ocupación del suelo de cada sector de la zona de estudio, por lo que se concluye que aquellos factores que experimentan una mayor afectación en el cambio de ocupación del suelo son aquellos definidos por:

Tabla 8. Localización de cambios en los tipos de cubierta en el plano sectorizado

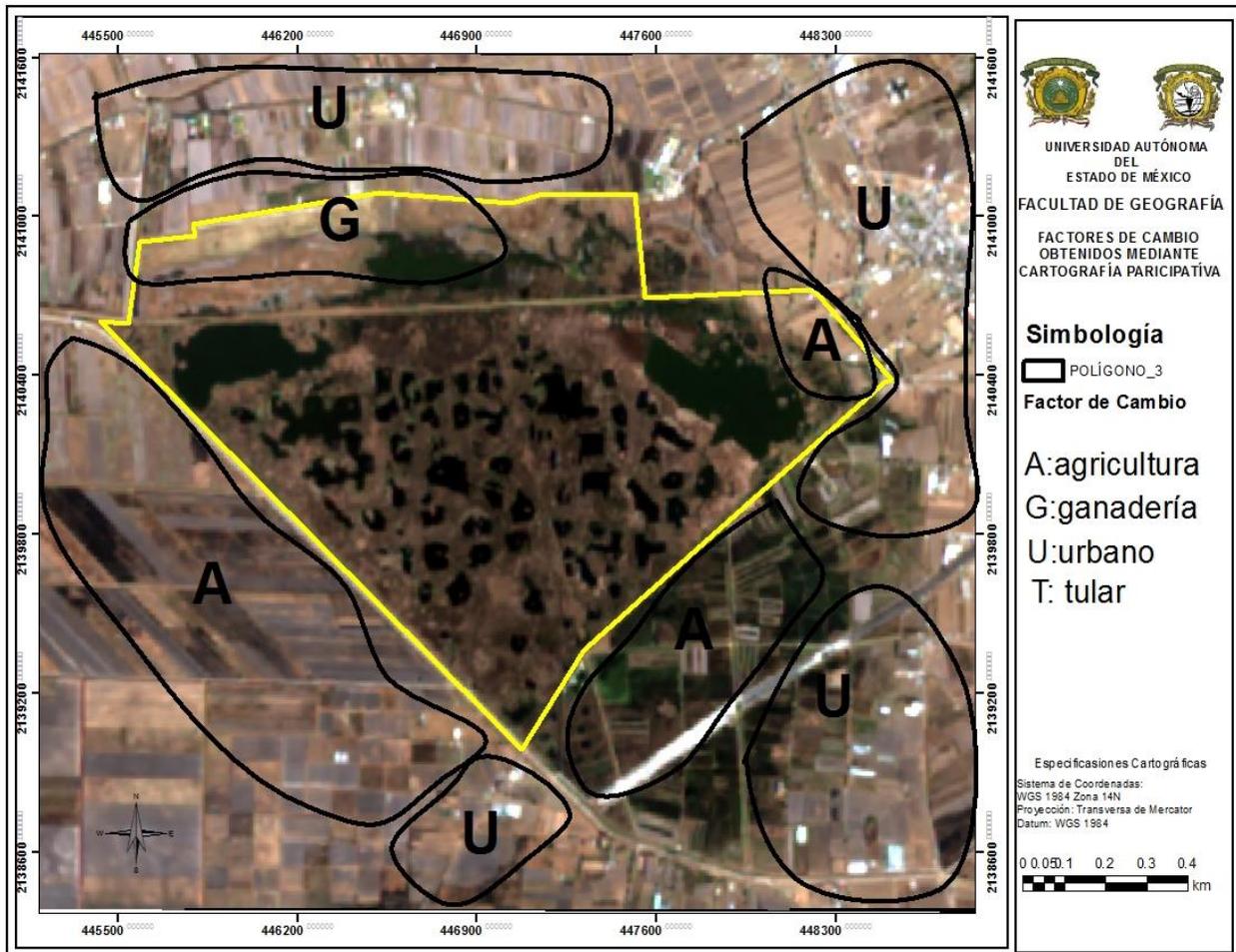
SECTOR COBERTURA	Puntos localizados en cada sector del polígono No3 de la APFFCL				
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5
Aumento de agricultura	3	11	5	4	2
Aumento de zona urbana	1	1	4	11	14
Presencia de ganadería	5(0)	1	5	1	1
Variaciones (><) en los niveles de agua	5	3	3	1	0
Aumento de Tular	2	1	0	0	0
Disminución de Tular	2	0	1	0	0

De esta manera se puede llevar cabo una identificación de manera fácil y rápida de los factores de cambio por cada sector en específico, y que de acuerdo con los resultados de la tabla anterior, podemos identificar por lo menos dos zonas que están siendo afectados por factores de cambio, los cuales están representados por un aumento en la agricultura en zonas ocupadas por coberturas de vegetación acuática y tulares, y un crecimiento tendencia de los asentamientos urbanos hacia la zona de protección de flora y fauna.

Sin embargo es necesario distinguir aquel factor que en verdad está generando cambios significativos en la ocupación del suelo; esto de acuerdo a la percepción de la población; de tal manera que esta pueda ser expresada cartográficamente

de una manera vectorial (puntos); pasando de la manera subjetiva de la percepción del individuo a la claridad de una representación gráfica y explicativa de un mapa.

Figura 10. Factores de cambio obtenidos mediante cartografía participativa



Fuente: Elaboración propia con información recolectada en campo, y datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

3.6.5 Porcentajes de la frecuencia de los factores de cambio en la zona de estudio

Para tal efecto se realizó una tabla de doble entrada; cuya estructura quedó definida de tal modo que; el apartado de las filas contiene la información de los tipos de cobertura donde existiera un factor de cambio; y con respecto al área de las columnas, se encuentran los cinco sectores asignados para el área de estudio, la finalidad de la tabla 9; fue contabilizar la frecuencia con que se encontraba un mismo factor de cambio en un determinado sector, de esta manera los sectores con una mayor cantidad de repeticiones sobre un factor de cambio específico determinarían la problemática que afecta a ese sector de manera particular; y con base en esto se elaboraron recomendaciones y propuestas para dar soluciones específicas y localizadas que ayuden a mitigar los problemas en los cambios de ocupación del suelo de los cinco sectores.

Tabla 9. Asignación del factor de cambio a la sectorización de la APFFCL

SECTOR	Frecuencia de coincidencias	Porcentaje	Factor de cambio
SECTOR 1	5	30%	(> <) Nivel de agua
	3	18%	Agricultura
	4	42%	(> <) Superficie de tular
SECTOR 2	11	65%	Agricultura
SECTOR 3	5	30%	Agricultura
	5	30%	Ganadería
SECTOR 4	11	65%	Crecimiento urbano
SECTOR 5	14	82%	Crecimiento urbano

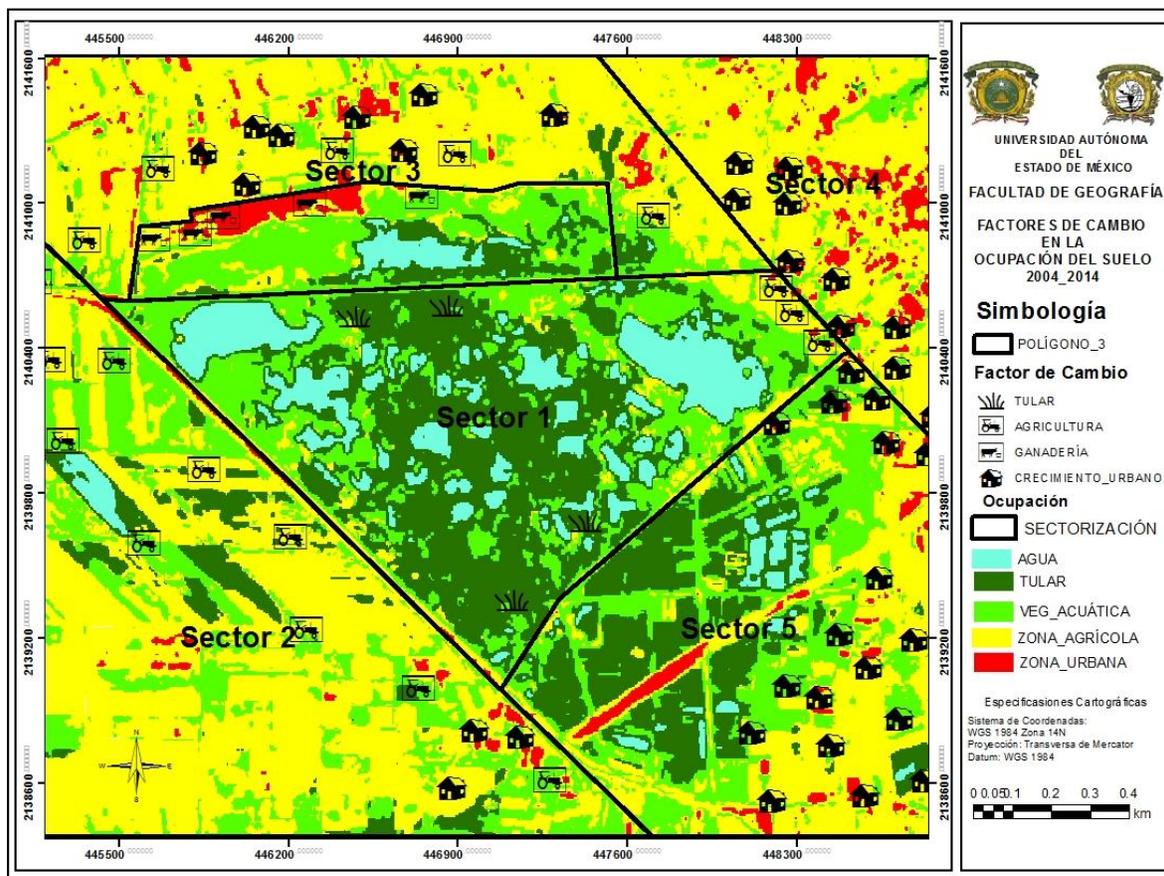
Estos resultados deben analizarse a la luz del mapa final correspondiente a la sobre posición de los mapas de ocupación 2004 y 2014. El producto cartográfico resultante permite detectar las áreas específicas donde están ocurriendo los cambios de ocupación; así como los factores que están originando dichos cambios

detectados a partir de la percepción de la población; particularmente aquellos que están comprometiendo la conservación del área de protección.

De tal manera que en el mapa final figura 10; Se representa el análisis de los cambios espaciales en las coberturas de ocupación del suelo del polígono No 3 del área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma en el periodo del año 2014; en la cual se identifican las principales zonas de afectación; así como los factores que están ocasionando dichos cambios; con la incorporación claro está; de la percepción de la población del como esta concibe su espacio geográfico ; y que por medio de la integración de una participación ciudadana activa, pretende un aprovechamiento sustentable de este recurso.

3.6.6 factores de cambio en la ocupación del suelo 2004- 2014

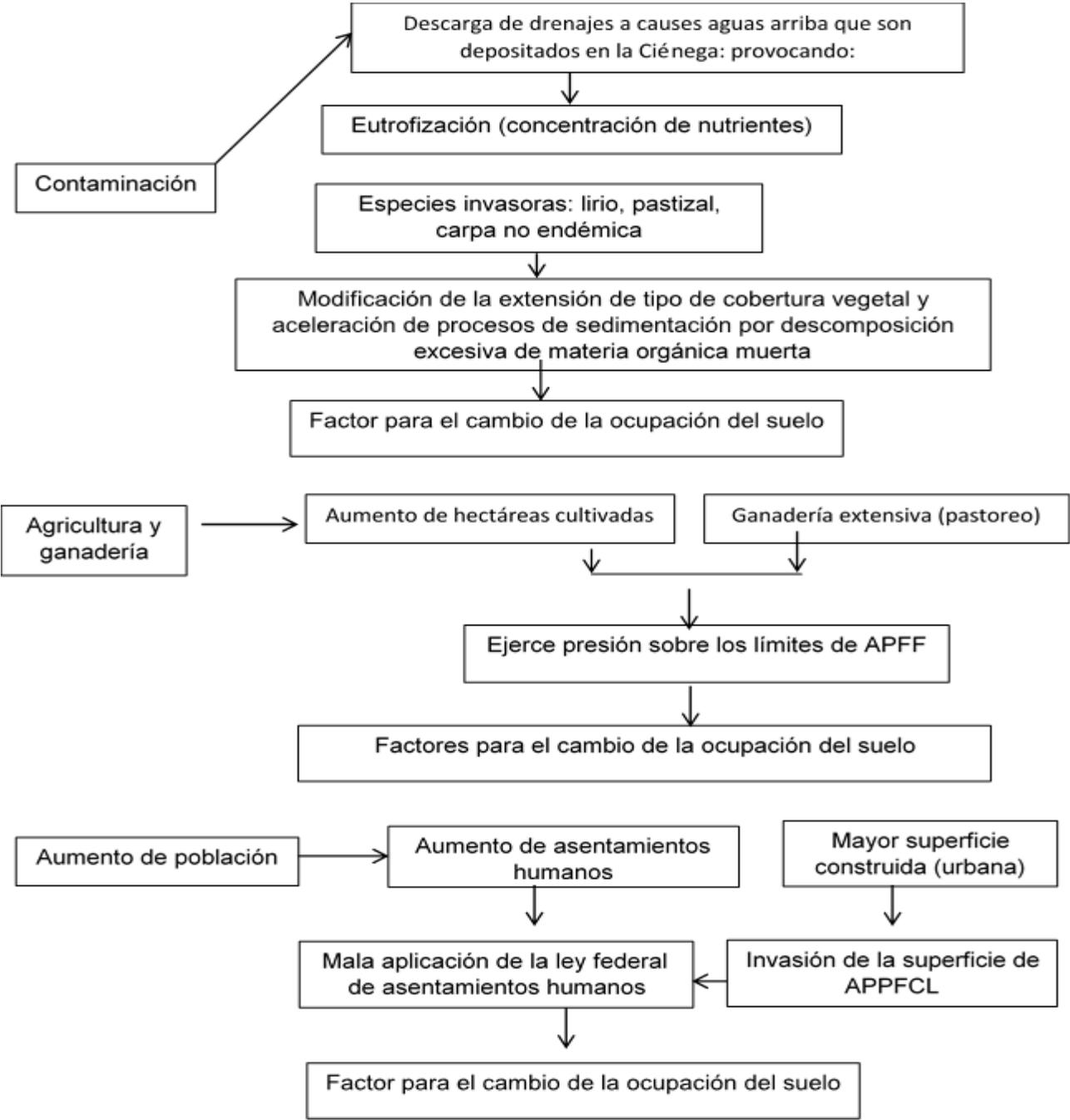
Figura 11. Factores de cambio en la ocupación del suelo 2004 - 2014



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

La conclusión final del análisis de la información recolectada en campo por medio de esta encuesta es que las personas tienen conocimiento de los cambios que están ocurriendo dentro de su territorio, también tienen la plena consciencia de los factores que están ocasionando estos cambios. Todos saben que el agua cada vez está más contaminada, que las cubiertas vegetales están sufriendo cambios; que la fauna silvestre están desapareciendo y que la agricultura aumenta ganando mayores espacios; sin embargo no están conscientes de que es la propia presión

antrópica la que está generando dichos cambios hacia el deterioro de los recursos; algunos pobladores saben del problema y se asumen parte del mismo; pero no tiene la manera ni los medios para tratar de aprovechar los recursos de sus territorios de una manera sustentable.



CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones de la Metodología

Cuando uno hace un planteamiento para resolver un problema de investigación, lo primero que se pregunta es la forma en que se dará solución a ese problema, para dicha acción; lo más común es hacer una consulta bibliográfica que nos permita conocer las metodologías más empleadas para resolver un determinado problema de un tema cualesquiera que este sea; al hacer la consulta teórica, el investigador puede encontrar una metodología que le parezca idónea de aplicar en su investigación, pero cada problema a resolver tiene una serie de factores que limitan la aplicación de la metodología tal y como se plantea en otra investigación.

Como experiencia propia en el proceso de la selección de la metodología para resolver el problema de análisis de cambio de uso de suelo del área de protección de flora y fauna Ciénagas de Lerma; en el transcurso de esta revisión teórico-metodológica se seleccionaron tres metodologías que cumplían el perfil, pero tras el análisis y tomando en cuenta los requerimientos de esta investigación se optó por el método que incluía la aplicación de imágenes de satélite del sensor Spot 4 y 5 ; La primer dificultad con esta técnica es que de acuerdo con los requerimientos de escala estas imágenes no cumplían con la resolución espacial necesaria para en nivel de detalle requeridos en este trabajo; por lo que se optó por buscar un sensor que nos ofreciera una mayor grado de resolución, cualidad que encontramos en el sensor Spot ; aspectos como este fueron apareciendo en el transcurso de la aplicación del proceso metodológico obligando a buscar alternativas para la aplicación de este método.

Al final de cuentas se llegó a la conclusión que un investigador puede elegir cierto proceso metodológico pero rara vez se aplicará de manera estandarizada, sino que la selección de un método se tendrá que adoptar y modificar de acuerdo con

requerimientos y limitaciones que se encuentre en los procesos de toda una investigación.

El investigador debe tener la capacidad de moldear y adaptar los métodos de modo que pueda emplear todas las herramientas y recursos externos a su alcance que le permitan llegar al cumplimiento de los objetivos planteados y obtener resultados satisfactorios.

4.2 Conclusiones del Tema de Investigación

Cambio de ocupación del suelo del polígono número tres del Área de Protección de Flora y Fauna Ciénegas de Lema (APFFCL) en el periodo 2004-2014

Los estudios que se realizan sobre la superficie terrestre y en sobre una unidad territorial específico, llámese; estado, municipio o reserva ecológica, están sujetos a procesos naturales del planeta y a las interacciones de sus habitantes, ya sean del tipo físico o social; es por esto que al abordar un estudio sobre cambios de ocupación del suelo, deben estar presentes los factores antes mencionados como posibles variables que puedan influir los resultados de una investigación.

Si hablamos de manera específica de esta investigación podemos decir que la misma zona de estudio (una Ciénega) ya trae consigo una serie de interacciones sistémicas que potencializan la complejidad de estos hábitats, motivos por los cuales aumentan su dificultad para su análisis, ya que se encuentra sometida a procesos físicos (climáticos), imposibles de controlar y difíciles de predecir; y factores sociales (presión antrópica); que por medio de las actividades económicas que aquí se realizan potencializan la ya delicada relación hombre-naturaleza, atentando con la peculiaridad y fragilidad de estas zonas.

Por otra parte podemos decir que el polígono número tres; así como el resto de los polígonos que integran el área de protección de flora y fauna, son territorios sumamente dinámicos, los cuales se encuentran regidos por un constante en los periodos de retorno de las precipitaciones extremas y por consecuencia; las

inundaciones, las cuales se convierten en un factor que rige los cambios de ocupación de suelo de nuestra área de interés.

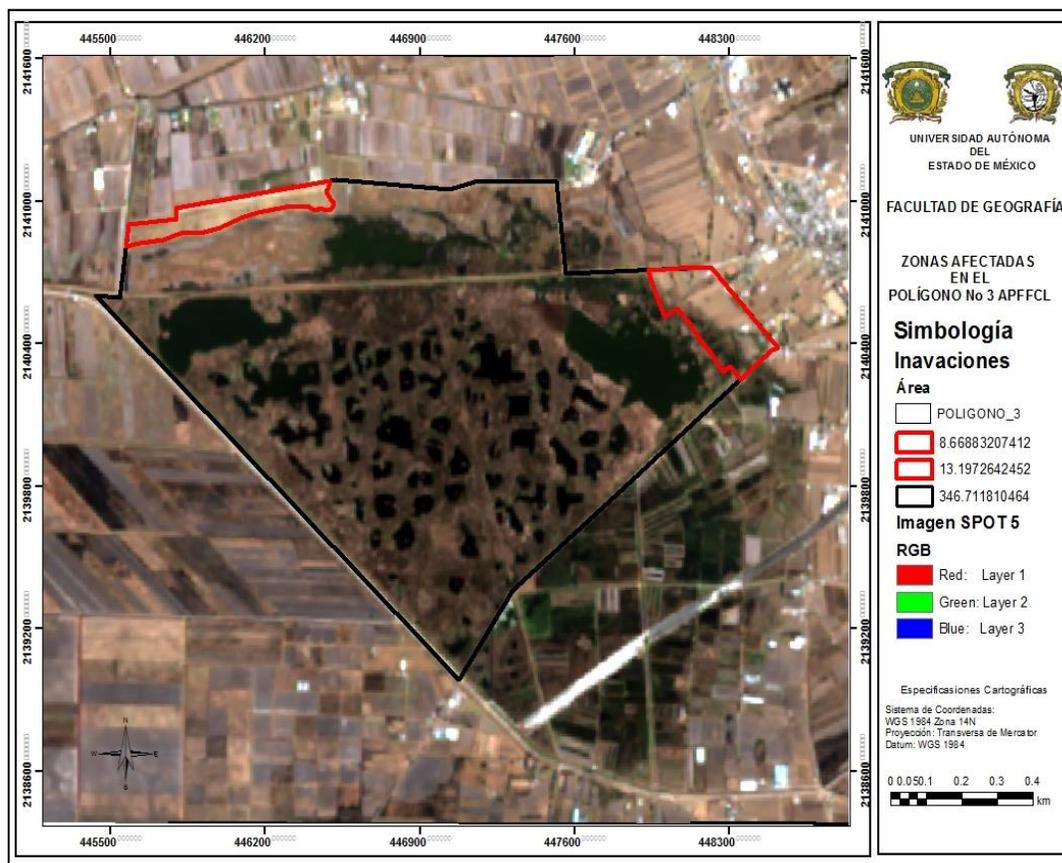
Estos periodos de retorno se presentan de manera cíclica, de tal modo que cada determinado periodo de años, después de un lapso de aparente sequía, donde los niveles del agua disminuyen y la agricultura gana terreno; los periodos de lluvias intensas vuelven, detonando la transferencia dinámica del área ocupada por las cubiertas que de manera inmediata responden ganado terreno que antes ocupaban, esto convierte a esta zona en un vaivén y modificación de superficies de ocupación, pasando de un habiente de pérdidas y ganancias hacia cualquier lado de la balanza.

Como conclusión final podemos decir que los cambios de ocupación del suelo están regidos a partir del aumento o disminución el nivel del agua de la laguna, ya que al terminar una temporada de lluvias abundantes es casi seguro que la estructura biológica del polígono seguirá una interacción de pérdidas y ganancias que se verán reflejadas en el área de cada tipo de ocupación que se le da al suelo.

De esta manera podemos concluir que; de acuerdo con los resultados cartográficos existen dos zonas en las cuales es posible que se esté invadiendo la reserva natural; las zonas se encuentra ubicadas al norte y al este de polígono de estudio; estas zonas se les deberá prestar una atención especial ya que es posible que la invasión del perímetro de la reserva este ocasionando daños que sean irreversibles para el área núcleo.

Como parte de los productos de esta investigación se realizara recomendaciones para dejar protegida de manera permanente está área de protección de flora y fauna Ciénegas de Lerma APFFCL (figura 11).

4.3 Zonas invadidas en el polígono No 3 del APFFCL



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el departamento de Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la Facultad de Geografía de la UAEM en colaboración ERNEX-NG.

Polígono	Superficie (ha)	Superficie afectada(ha)
POL. No 3 (APFF)	346	21.9
Invasión 1	13.2	
Invasión 2	8.7	



**Invasión 2:
8.7ha**



**Invasión 1:
13.20 ha**



Finalmente, tomando como referencia la figura anterior; podemos concluir, diciendo que; la hipótesis planteada para esta investigación ha sido comprobada satisfactoriamente ya que la presión antrópica ejercida por los asentamientos humanos rurales y urbanos, así como las actividades económicas en torno a la APFFCL; han traído como consecuencia el cambio de ocupación del suelo en la zona de estudio; limitando con ello la capacidad de carga del polígono números tres del ANP; afectando con ello el equilibrio de estos ecosistemas dinámicos y de alto valor biológico, a tal grado que podemos identificar claramente por lo menos dos polígonos ubicados en la parte norte y oriente del polígono No 3; afectados estos directamente en una superficie que equivalente a 21.9 ha aproximadamente, y también se identifica un punto de conflicto; con una problemática que afecta a la parte sur del polígono de una manera indirecta; por medio de la construcción de infraestructura carretera en la parte sur del área de estudio; que traerá consigo serias daños ecológicos para esta área de protección de flora y fauna.

Recomendaciones

Realización cuanto antes del plan de manejo de la APFF con la finalidad de un mejor resguardo de la zona y la posibilidad de que este plan de manejo sea incluyente con la gente de las comunidades aledañas, de tal modo que se genere una conciencia ecológica en la población de dichas localidades.

Hacer cumplir la disposición de lo descrito en la ley nacional de asentamientos humano, de tal modo que se respeten las zonas dedicadas a preservación ambiental y que se pongan multas y sanciones a todas aquellas personas que se establezcan en propiedades que le pertenecen al pueblo y la federación.

Que se respete por parte de las autoridades locales o federales los convenios que hacen los organismos internacionales para la preservación de estos habientes.

Realizar programas de aprovechamiento sustentable de los recursos de la laguna a cambio de formar comités integrados por gente de las localidades que vigilen y denuncien cualquier anomalía que ponga en riesgo la biodiversidad del polígono No3. Del APFFCL.

Impulsar actividades ecológicas recreativas dentro de la zona bajo un previo estudio de la capacidad de carga que puede resistir esta APFF de tal modo que no se vea modificada la funcionalidad del este sistema biótico:

- Establecer un sendero en el perímetro del APFFCL que sirva para realizar recorridos en bicicleta cobrando una cuota simbólica para la creación de un fondo que sirva para realizar trabajos de preservación dentro de la el APFF.
- Construir miradores para la observación de las aves y paisajes propios de estos habitats lacustres; del tal manera que se explote el valor de los escenarios paisajísticos de la Ciénega
- Promover la gestión de programas que otorguen apoyos económicos para el desarrollo de agricultura sustentable en chinampas de hortalizas y el establecimiento de propuestas para recuperación de las especies nativas de fauna que permita volver a utilizar el recurso de manera que se tenga un trato amigable entre la Naturaleza y ser humano.

Un aspecto importante, fundamental; y pienso que indispensable, debe ser el trabajar en la educación y concientización ambiental de la población como parte de un cambio cultural de la forma de ver y aprovechar los recursos naturales, y como parte de una alternativa que ayude a las autoridades a la protección de la biodiversidad de nuestro país; de esta manera se incorpora de manera activa a la sociedad provocando un sentido de responsabilidad para la protección del medio en que vivimos. Este proceso de concientización ecológica parte de informar a la población de la importancia y el valor que tiene los recursos que se encuentran en los lugares donde viven. Esta tarea debe ser llevada a cabo desde puntos

estratégicos de la sociedad; un lugar ideal para esta labor es la escuela ya que es una manera de tener individuos de diferentes lugares de la zona y de esta manera se pueden esparcir la información de una manera ágil y efectiva.

Ahora el problema como hacer que una sociedad tenga una conciencia y educación ambiental, una manera de hacer que un conocimiento no se olvide es la práctica; el contacto directo con el problema; si a una persona le cuentas o le explicas un problema de contaminación en un río de una manera teórica se le olvidará o no le pondrá la suficiente importancia; si por el contrario, al mismo individuo lo llevas a la escena de un río contaminado y le explicas que esa contaminación puede llegar a su casa en el agua que sale de la llave por medio de un proceso del ciclo hidrológico en que la de infiltración lleva todos los contaminantes al lugar de donde se extrae el agua que utiliza para beber; entonces harás que esta persona sea parte del problema y que por lo tanto busque una manera de resolverlo, y de esta manera pondrá mayor atención o interés porque es una cosa que le está afectado, que al parecer es la única manera en que tomamos conciencia para colaborar en la resolución de un problema.

El punto es que se debe acercar a la población al lugar de la problemática en cuestión; tener ese contacto directo que ayude y motive a generar ese cambio de conciencia, actitud e interés para tener una educación ambiental que nos permita saber cómo optimizar y potencializar el aprovechamiento de la naturaleza de una manera sustentable donde se pueda garantizar el abasto de los recursos para la generaciones venideras.

REFERENCIAS

- Biodiversidad Mexica (BM) (2015). Áreas protegidas en México. [En línea] <<http://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>> [2015, Mayo 31]
- Barreto. (2011). *Ingeniera Agroindustrial*. [En línea] <<http://ingenieriaagroindustrial-unt.blogspot.mx/2011/10/la-ganaderia.html>>
- Ballesteros, A. (2013). Cambios de Uso de Suelo en una comunidad de transición Ecológica. Progreso Hidalgo, Estado de México: Impactos y Consecuencias (2005-2010). Tesis Licenciatura en Geografía. UAEM. México.
- Barrea S. (2009). Reflexiones sobre Sistemas de Información Geográfica Participativos (SIGP) y cartografía social. Cuadernos de Geografía | Revista Colombiana de Geografía | n.º 18. Bogotá, Colombia | pp. 9-23.
- Braceras, I. (2012). Cartografía participativa: una herramienta para el empoderamiento y participación por el derecho del territorio. Tesina Master en desarrollo y cooperación internacional. Hegoa. País Vasco.
- Castañeda, M. y López, J. (2009). Análisis del Cambio de Ocupación del Suelo en el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) en el periodo 2000-2008. Tesis Licenciatura en Geografía. UAEM. México.
- COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). (2000). Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el caribe. [En línea] <<http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/esalc/noticias/paginas/1/12741/P12741.xml&xsl=/esalc/tpl/p18f.xsl&base=/esalc/tpl/top-bottom.xsl>> [2015, mayo 3]
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2014). Áreas Naturales Protegidas Declaradas Última modificación diciembre del 2014. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/, consultado en marzo del 2015.

Chuvienco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, España: Ediciones Rialp, S.A.

Camacho P. G. (2007). Agua y liberalismo: el proyecto estatal de desecación de las lagunas del Alto Lerma, 1850-1875. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), Archivo Histórico del Agua, México, 164 p.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2005). Percepción Remota Fundamentos de Teledetección Espacial. [En línea]
<<http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetecci%C3%B3n%20espacial.PDF>>

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2002). DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Ciénegas del Lerma, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac en el Estado de México, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas. Diario Oficial miércoles 27 de noviembre de 2002. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_decretos/20_decreto.pdf/, consultado en marzo el 2015.

Doran, J.W. (1996) Methods soil quality. En: J.W. Doran and Alice J. Jones (Ed.). SSSA Publ.49 Soil Science Society of America Inc. Madison, WL.

De la Rosa, D. 2008. *Evaluación agro-ecológica de suelos*. Mundi-Prensa Libros.

Echarri Prim. (1998). Libro Electrónico CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE [En línea]
<<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/110Suelo.htm>> [2015, junio 3]

- Food and Agriculture Organization (FAO) (2012). Ecología y enseñanza rural. Depósito de Documentos FAO. [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>> [2015, mayo31]
- Falcón, O. (2014). Dinámica de Cambio en la Cobertura/ Uso del suelo, en la Región del estado de Quintana Roo. Tesis Maestría en Geografía Ambiental. UNAM. México.
- Franco Maass, S., Regil García, H. H., González Esquivel, C., & Nava Bernal, G. (2006). Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. *Investigaciones geográficas*, (61), 38-57.
- Gobierno del Estado de México (GEM) (2010). Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma. Diagnóstico Ecosistémico, tomo I marco teórico y conceptual. Gobierno del Estado de México
- Graizbord, B. (2002). Elementos para el ordenamiento territorial: uso del suelo y recursos. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 411-423. <http://www.redalyc.org/pdf/312/31205006.pdf>.
- Hernández, B., & Velasco-Mondragón, H. E. (2000). Encuestas transversales. *Salud pública de México*, 42(5), 447-455
- Ingeniería y soluciones geográficas. (2012). *Los componentes de un SIG*. [En línea] <<http://ingeosolutions.blogspot.mx/2012/01/los-componentes-de-un-sig.html>> [2015, junio]
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEG) (2015). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [En línea] <<http://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/agri/default.aspx?tema=E>> [2016, septiembre 21]

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. (2015). Sistemas de información geográfica.<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do>

International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2015). *Helps the world find pragmatic solutions to our most pressing environment and development, Challeng.* [En línea]
<https://www.iucn.org/es/sobre/union/...aprotegidas/ap_quees.cfm>
[2015, mayo 31]

Ibarra G. M. V. (2008). El uso hegemónico del agua en la laguna Chignahuapan 1940-1969. *Revista mexicana de ciencias políticas.*

Vélez I, Rátiva S y Varela D. (2012). *Cartografía social como metodología participativa y colaborativa de investigación en el territorio afrodescendiente de la cuenca alta del río Cauca.* Cuadernos de geografía | revista colombiana de geografía | vol. 21, Bogotá, Colombia | pp. 59-73.

Killeen, T. J., Siles, T. M., Soria, L., Correa, L., & Oyola, N. (2005). La Estratificación de vegetación y el cambio de uso de suelo en Las Yungas y El Alto Beni de La Paz. *Estudios Botánicos de la Región de Maddi, Ecología en Bolivia, Número Especial, 40,* 32-69.

Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources, 28(1),* 205-241.

Laboratorio de Sistemas de Información Georreferenciada (LabSIG) 2008, Geomática para el desarrollo, TEC de Monterrey. WWW.<http://albers.mty.itesm.mx/proyectos/4cienegas/index4cienegas.html>, consultado en abril del 20015.

Ley General de Asentamientos Humanos, (LGAH) (2014). Publicada en el Diario Oficial de la Federación. [En línea]. <<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/133.pdf>>

Marco metodológico. [En línea]. 4<<http://www.scribd.com/doc/13260352/Muestra-y-Universo>>.[2015, junio 5]

Moreno, P e Infante D. (2010). VERACRUZ tierra de ciénegas y pantanos. CapítuloIV[Enlínea]<http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/CienagasYPantanos/VI_PantanosDeHerbaceas.pdf>

Ocaña, D y Lot, A. (1996). Estudio de vegetación acuática vascular del sistema fluvio- lagunar- deltaico del río Papaloapan. [En línea].Departamento de Botánica Instituto de Biología de la UNAM. México.

Orozco, E. y Sánchez, M. (2004).Organización Económica y Territorial en la Región del Alto Lerma, Estado de México. En Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm.53, 2004.pp 163-184.

Palacio-Prieto, J. L.; Bocco, G.; Velázquez, A.; Mas, J. F.; Takaki-Takaki, F.; Victoria, A. & González Medrano, F. (2000). La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones geográficas*, (43), 183-203.

Patric, G. (2008). Ciénegas de Lerma un caso ejemplar para el Desarrollo Social, Gobierno del Estado de México, Secretaría de ecología.<http://imaginarios.com.mx/redmcs/syp/iii/mesa1/geraldine_patrick_encina>. Pdf consultado en abril del 2015.

Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma. (2010). Diagnóstico Ecosistémico, tomo I marco teórico y conceptual. Gobierno del Estado de México.

- Paegelow, M., Olmedo, M. T. C., & Toribio, J. M. (2003). Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multi-objetivo para la modelización prospectiva del paisaje. Asociación de Geógrafos Españoles
- Pineda Jaimes, N. B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, (69), 33-52.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbagy, E. G., Verón, S. R., Baldi, G., & Baeza, S. (2006). Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, 10(2), 47-61.
- PROGAN. (2007) Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre del 2007.
- Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma. (2010). Diagnóstico Ecosistémico, tomo I marco teórico y conceptual. Gobierno del Estado de México
- Posada, E., Ramírez, D. y Espejo, M. (2012). Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2012.
- Ramsar, (2003). Ficha Informativa Ramsar (FIR), Instituto de ecología, UNAM. [En línea]
<http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Estado_de_Mexico/Cienegas_de_Lerma/Ci%C3%A9negas%20de%20Lerma.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2015). Capítulo 3 suelos [En línea] <http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/03_suelos/index-suelos.htm> [2015, mayo 31]

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (1998). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.

Zepeda, C.; Lot, A. C.; Antonio, X. y; Madrigal, D. (2012b). Florística y diversidad de las ciénagas del río Lerma Estado de México, México. SciELO, en Acta Botánica Mexicana 98(2012) pp. 23-49.

Zepeda, C.; Antonio X.; Lot, A. Y; Madrigal, D. (2012a). Análisis del cambio del uso del suelo en las Ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. En Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 78, (2012), pp. 48-61.

ANEXOS

Álbum fotográfico

















CUESTIONARIO SOBRE LOS PROCESOS EN EL CAMBIO DE OCUPACIÓN DE SUELO EN APFFCL



1.- ¿Es usted originario de la región?

- a) Si_____
- b) No_____ ¿de dónde es?_____

2.- ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en este lugar?

3.- ¿sabía usted que el gobierno decretó a la laguna como una zona para proteger las plantas y animales?

¿Conoce exactamente los límites y extensión de la laguna?

4.- ¿Ha cambiado la región en los últimos 10 años?

- a) ¿cambió el nivel del agua en la laguna?
 - a. Si ¿aumentó?_____ ¿disminuyó?_____
 - i. ¿Podría indicar los lugares donde año con año existe un aumento en el nivel del agua?
 - b. No
- b) ¿cambió la calidad del agua en la laguna?
 - a. Si ¿está más contaminada?_____ ¿está menos contaminada?_____
 - b. No

Esta pregunta es importante porque la contaminación puede estar marcando los cambios

- c) ¿cambió la vegetación de la orilla de la laguna?
 - a. Si ¿qué cambió?

- i. ¿aumentó el tular?_____ ¿disminuyó el tular?_____
- ii. Podría indicar los lugares donde se extrae más tule
- iii. ¿han desaparecido o se han ido marchitando algunas
- iv. plantas?_____ ¿cuáles?_____
- v. ¿han aparecido plantas diferentes?_____
- ¿cuáles?_____

b. No

d) ¿ha habido cambios en los animales de la laguna?

a. Si ¿qué cambió?

i. ¿aumentó el número de animales?_____ ¿disminuyó el número de animales?_____

1. aves (patos, garzas, etc.): _____

a. ¿cuáles han aumentado?_____

b. ¿cuáles disminuido?_____

2. Reptiles (culebras, lagartijas, etc.):_____

a. ¿cuáles han aumentado?_____

b. ¿cuáles disminuido?_____

3. peces:_____

a. ¿cuáles han aumentado?_____ han

b. ¿cuáles disminuido?_____

4. batracios (ranas, etc.):_____

a. ¿cuáles han aumentado?_____

b. ¿cuáles disminuido?_____

5. salamandras (ajolotes):_____

a. ¿cuáles han aumentado?_____

b. ¿cuáles disminuido?_____

6. crustáceos (acocil

a).- ¿cuáles han aumentado?_____

b).- ¿cuáles disminuido?_____

5.- ¿Ha observado cambios en la superficie agrícola (tierras cultivadas) cerca de la laguna?

b. ¿qué cambió?

i. ¿aumentó la agricultura ?_____ ¿disminuyó la agricultura?_____

6.- ¿Cuándo bajan los niveles de agua la gente siembra en esos terrenos o los deja abandonados sabiendo que el nivel del agua puede volver a subir?

7.- ¿Podría indicar los lugares donde se ha secado la laguna y ahora estos terrenos son ocupados para la agricultura?

8.- ¿Cuál es principal cultivo de la zona?

i. ¿Qué tipo de agricultura se practica?

a) ¿es de temporal?

b) ¿es riego?

c) Invernaderos

9.- ¿sabe usted si el agua de la laguna es extraída para otras actividades?

a) Si_____ ¿Cuáles actividades?_____

b) No_____

10.- ¿Existe pastoreo de ganado?

a) ¿Qué tipo de ganado?_____

b) ¿en qué época?_____

c) ¿es abundante? Sí___ No___

d) ¿Podría indicar los lugares de pastoreo para el ganado?

11.- ¿Usted o alguien que usted conozca aprovecha algo de la laguna?

a).- ¿Para consumirlo?_____ ¿para venderlo?_____

b).- ¿qué aprovecha?

a. Tule_____

b. Pastos y plantas forrajeras_____

c. Plantas de ornato_____

d. Animales comestibles_____

e. Animales de ornato y mascotas_____

12.- ¿Ha notado si en los últimos 10 años ha aumentado o ha disminuido el número de casas?

a) ¿está creciendo la población?_____

¿está disminuyendo la población?_____

b) ¿es gente del pueblos?_____ ¿son gente de fuera?_____

c) ¿por qué?

d) ¿Podría indicar los lugares donde está llegando más gente a vivir?

13.- Durante el recorrido he observado maquinaria trabajando; ¿podría decirme a que se deben estos trabajos?

14.- ¿Usted piensa que con la construcción de la carretera llegara más gente a vivir a esta zona?

15.- ¿Estaría dispuesto a formar parte de un comité u organización que vigile y que ayude a preservar la riqueza de la laguna?

NOTA: las preguntas referentes a la ubicación de las zonas donde existen posibles modificaciones de carácter significativo en los tipos cubiertas, serán contestadas por medios de cartografía impresa de tal modo que el entrevistado ubique espacialmente las zonas de cambio según su percepción y conocimiento de su territorio.